

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 705 680**

51 Int. Cl.:

G01W 1/16 (2006.01)

G01R 29/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.08.2010 PCT/US2010/045759**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.02.2011 WO11022398**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.08.2010 E 10810489 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 2467740**

54 Título: **Método y aparato para detectar la actividad de los rayos**

30 Prioridad:

17.08.2009 US 542404

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

26.03.2019

73 Titular/es:

**EARTH NETWORKS, INC. (100.0%)
12410 Milestone Center Drive, Suite 300
Germantown, MD 20876, US**

72 Inventor/es:

**MARSHALL, ROBERT, S.;
SLOOP, CHRISTOPHER, DALE;
MARKSON, RALPH, JOSEPH;
HECKMAN, STAN;
BEROUKHIM, BENJAMIN, E. y
LIU, CHONGLIN**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 705 680 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

Método y aparato para detectar la actividad de los rayos

Campo de la invención

5 El objeto de esta solicitud se refiere en general a métodos y aparatos, incluidos productos de programas informáticos, para detectar actividad de los rayos.

Antecedentes de la invención

10 Los rayos incluyen descargas eléctricas dentro de una nube, descargas intranube (IC) y descargas de nube a tierra (CG). Los rayos se producen cuando los campos eléctricos dentro de una nube se intensifican a medida que las partículas de polaridad opuesta se acumulan en diferentes regiones dentro de la nube. Los rayos comienzan con una ruptura eléctrica inicial (pulso) seguida de canales líderes desde los cuales una serie de ramificaciones de canales crecen dentro de una nube que forma una estructura de canales de ramificación completa. Para los rayos IC, la estructura del canal permanece dentro de la nube. Una descarga CG ocurre cuando una o más ramas se extienden desde una nube hasta el suelo.

15 La detección precisa y eficiente de la actividad temprana del rayo, en particular las descargas iniciales de IC más débiles, es fundamental para el pronóstico avanzado de fenómenos meteorológicos severos, como tornados, vientos dañinos de ráfaga y potencialmente mortíferos rayos de nube a tierra. La detección integrada de rayos IC y rayos CG puede proporcionar capacidades predictivas altamente avanzadas para caracterizar precursores de tormentas severas, mejorar los tiempos de entrega y la planificación integral de la gestión del clima. Se han desarrollado numerosos sistemas y métodos de detección de rayos, cada uno de los cuales se esfuerza por determinar la
20 ubicación, la frecuencia y la intensidad de la actividad del rayo con mayor precisión. Ejemplos de dichos sistemas incluyen la Red de Precisión de Rayos de los Estados Unidos (USPLN) y la Red nacional de Detección de Rayos (NLDN).

25 El desafío principal que existe con la detección de rayos es doble: detectar la actividad del rayo en el momento más temprano posible y detectar el rango más amplio posible de la actividad del rayo en un área grande. Algunos sistemas detectan solo una parte de las frecuencias electromagnéticas asociadas con la actividad del rayo, lo que da como resultado datos incompletos sobre el rayo. Algunos sistemas realizan un procesamiento intensivo y prolongado de los datos de los rayos en bruto, lo que puede retrasar la generación de datos de los rayos e impedir la notificación avanzada de noticias esenciales y personal de seguridad. Además, algunos sistemas constan de componentes costosos que limitan la distribución potencial máxima de dichos sistemas, dejando un vacío en la cobertura de
30 detección de rayos en ciertas áreas.

El documento DE 10 2004 000 024 enseña un sistema y un método para detectar señales electromagnéticas causadas por el clima.

El documento US 6,791,311 enseña un sistema de detección de rayos y adquisición de datos que utiliza compresión de datos.

35 Resumen de la invención

40 Sería conveniente desarrollar un sistema y un método que proporcione detección y procesamiento integrados de la actividad de los rayos IC y CG en un área de cobertura expansiva. El sistema y el método de la invención reivindicada poseen la capacidad de capturar una gran cantidad de datos de forma de onda electromagnética de la atmósfera, mientras filtran y analizan eficientemente los datos de forma de onda para detectar indicios de actividad de los rayos. La invención reivindicada también proporciona la difusión y la disponibilidad de los datos de actividad de los rayos, lo que permite emitir advertencias anteriores y tomar medidas preventivas.

En un aspecto, se proporciona un método para detectar actividad de los rayos según la reivindicación 1.

En otro aspecto, hay un sistema para detectar actividad de los rayos como se define en la reivindicación 11.

45 En algunos ejemplos, cualquiera de los aspectos puede incluir una o más de las siguientes funciones. La compresión puede ocurrir sustancialmente de manera simultánea con el filtrado de los datos de forma de onda. Los datos de forma de onda comprimidos pueden transmitirse a un servidor de procesamiento. Los datos de forma de onda comprimida se pueden transmitir al servidor de procesamiento cada segundo. La transmisión de los datos de forma de onda comprimida puede coordinarse con un dispositivo de posicionamiento global de temporización conectado al sensor de forma de onda.

50 En otros ejemplos, los datos de forma de onda se recopilan mediante una antena de radiofrecuencia conectada al sensor de forma de onda a través de uno o más convertidores de señal. El uno o más convertidores pueden comprender un convertidor de alta frecuencia y un convertidor de baja frecuencia. El convertidor de alta frecuencia

puede ser capaz de procesar frecuencias entre 5 kHz y 12 MHz. El convertidor de baja frecuencia puede ser capaz de procesar frecuencias entre 1 Hz y 250 kHz.

5 En algunos ejemplos, el paso de selección comprende además la selección de aproximadamente mil puntos en cada forma de onda. Los datos de la forma de onda comprimida se pueden almacenar en un dispositivo de almacenamiento temporal conectado al sensor de forma de onda. Los datos de las condiciones climáticas se pueden recibir en el sensor de forma de onda desde un dispositivo meteorológico. Los datos de las condiciones meteorológicas se pueden transmitir a un servidor de procesamiento.

10 En otros ejemplos, se puede generar un nivel de confianza basado en la ubicación de uno o más sensores. El nivel de confianza se puede asignar a los datos del rayo. Se puede generar una representación gráfica de los datos del rayo. La representación gráfica puede comprender un mapa geográfico correspondiente al área de cobertura de los sensores.

15 En algunos ejemplos, se puede generar una alerta asociada con los datos del rayo. La alerta se puede transmitir a un dispositivo remoto. Los datos del rayo se pueden almacenar en un dispositivo de almacenamiento. Los datos del rayo pueden transmitirse a un dispositivo remoto. Los datos del rayo pueden proporcionarse a un dispositivo que lo solicite.

En otros ejemplos, el servidor de procesamiento puede recibir los datos de forma de onda de cada uno de los sensores al mismo tiempo. El paso de alinear los datos de la forma de onda puede incluir datos recibidos de al menos cuatro sensores. El paso de generar los datos del rayo puede comprender determinar un tipo de rayo en función de la frecuencia de la forma de onda. El tipo de rayo puede incluir rayos intranube y rayos de nube a tierra.

20 En algunos ejemplos, el uno o más sensores pueden configurarse para transmitir una o más partes no comprimidas de los datos de la forma de onda al servidor de procesamiento. Los sensores pueden configurarse para recibir datos de filtro digital en función de una o más partes no comprimidas de datos de forma de onda del servidor de procesamiento. Los sensores pueden configurarse para eliminar una o más frecuencias de los datos de forma de onda en función de los datos del filtro digital.

25 Otras características y ventajas de la presente invención, así como la estructura y el funcionamiento de diversas realizaciones de la presente invención, se describen en detalle a continuación con referencia a los dibujos adjuntos.

Descripción de las figuras

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema ejemplar para detectar la actividad de los rayos.

30 La figura 2 es un diagrama de bloques detallado de un sensor de forma de onda ejemplar para recibir, filtrar y comprimir datos de forma de onda electromagnética.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un método ejemplar para recibir, filtrar y comprimir datos de forma de onda electromagnética.

Las figuras 4A-4B son diagramas de un formato de mensaje de paquete para transmitir los datos de la forma de onda al servidor de procesamiento.

35 La figura 5 es un diagrama de bloques detallado de un servidor de procesamiento para recibir y procesar datos de forma de onda de un sensor de forma de onda.

La figura 6 es un diagrama de flujo de un método ejemplar para recibir y procesar datos de forma de onda de un sensor de forma de onda.

40 La figura 7 es un diagrama que representa la correlación cruzada de formas de onda de diferentes sensores para determinar la ubicación de un rayo.

La figura 8 es un diagrama de flujo de un método ejemplar para actualizar el módulo de filtro digital basado en datos de forma de onda sin comprimir.

Descripción detallada

45 En general, las técnicas que se describen a continuación incluyen métodos y aparatos que son para detectar la actividad de los rayos. Las técnicas están relacionadas con el procesamiento rápido y eficiente de los datos de forma de onda de múltiples sensores geográficamente dispersos para determinar la ubicación de los rayos de intranube y de nube a tierra. Una ventaja importante de usar estas técnicas es la determinación de la ubicación precisa de la actividad de los rayos. La capacidad de determinar de manera eficiente y rápida dónde se produce la actividad del rayo conduce a un mayor aviso anticipado de condiciones potencialmente peligrosas. Otra ventaja de estas técnicas es la generación de un filtro digital preciso al monitorear continuamente los niveles de frecuencia de ruido atmosférico y actualizar el filtro digital en cada sensor en función del monitoreo. Un filtro más preciso proporciona

una detección sustancialmente mayor de la actividad electromagnética específica de los rayos, lo que a su vez conduce a un conocimiento más amplio de las áreas de la actividad actual e inminente de los rayos.

La figura 1 es un diagrama de bloques de un sistema 100 ejemplar para detectar actividad de los rayos. El sistema 100 incluye sensores 102a-d de forma de onda, una red 104 de comunicaciones y un dispositivo 106 informático de servidor. Aunque la realización preferida como se muestra en la figura 1 incluye cuatro sensores 102a-d de forma de onda, el sistema 100 puede incluir cualquier número de sensores de forma de onda. Los sensores 102a-d de forma de onda se pueden dispersar en múltiples ubicaciones geográficas. Los sensores 102a-d y el servidor 106 de procesamiento pueden comunicarse a través de una red de comunicaciones, por ejemplo, la red 104 de comunicaciones.

Los sensores 102a-d de forma de onda son los dispositivos que filtran y comprimen los datos de forma de onda electromagnética recolectados de la atmósfera para detectar actividad de los rayos. La figura 2 es un diagrama de bloques detallado de un sensor de forma de onda ejemplar (por ejemplo, sensor 102a) para uso en el sistema 100. El sensor 102a de forma de onda incluye una antena 202, un convertidor 204a de señal de baja frecuencia, un convertidor 204b de señal de alta frecuencia, un procesador 206 de datos que incluye un módulo 208a de filtro digital y un módulo 208b de compresión de datos, un módulo 210 de almacenamiento de datos y un enlace 212 para asumir el control entre el procesador 206 de datos y la antena 202. El sensor 102a está conectado a un módulo 214 de GPS de temporización y un módulo 216 de condiciones meteorológicas.

El sensor 102a usa la antena 202 de rayos para detectar datos de forma de onda electromagnética de la atmósfera alrededor del sensor. La antena 202 está configurada para detectar energía de radiofrecuencia analógica (RF) (por ejemplo, pulsos) de una descarga de rayos. Un pulso detectado generalmente tiene una duración de aproximadamente un microsegundo o menos, con un tiempo de aumento de aproximadamente cien nanosegundos y un tiempo de caída algo mayor. En algunos ejemplos, la antena 202 puede comprender una antena de campo E y una antena de bucle cruzado. La antena de campo E proporciona la amplitud del pulso detectado y la antena de bucle cruzado proporciona una dirección para el pulso de rayo inicial. En otros ejemplos, la antena 202 puede ser una única antena de radiofrecuencia de banda ancha.

La antena 202 transmite los datos recopilados de la forma de onda electromagnética al convertidor digital de baja frecuencia 204a y al convertidor 204b digital de alta frecuencia. Cada convertidor comprende un circuito integrado que muestrea las señales de forma de onda analógicas de la antena 202 y convierte las señales en un formato digital para ser procesado por el procesador 206 de datos, como los procesadores de señales digitales fabricados por Analog Devices, Inc. de Norwood, Massachusetts. En un ejemplo, los convertidores 204a-b muestrean continuamente los datos de forma de onda de la antena a una tasa de muestreo de aproximadamente 24 millones de muestras por segundo. El convertidor 204a digital de baja frecuencia y el convertidor 204b digital de alta frecuencia muestrean datos de forma de onda de la antena a diferentes resoluciones y frecuencias. En una realización, el convertidor 204a digital de baja frecuencia muestrea datos de forma de onda a 24 bits de resolución, y en frecuencias menores o iguales a 1.8 MHz, mientras que el convertidor 204b digital de alta frecuencia muestrea datos de forma de onda a 14 bits de resolución y en frecuencias superiores a 1.8 MHz y menores o iguales a 24 MHz. Debido a que se sabe que la amplitud de un pulso detectado se reduce en función de la distancia, una ventaja de utilizar dos convertidores 204ab que muestrean a diferentes frecuencias es que la detección de baja frecuencia se puede usar para determinar la ubicación de los rayos que ocurren a mayores distancias del sensor 102a. Los diferentes rangos de detección de frecuencia también se pueden usar para clasificar la actividad del rayo como actividad intranube o nube a tierra porque, en general, el rayo dentro de la nube se produce en frecuencias más altas que la del rayo nube a tierra. Además, al permitir el procesamiento por separado de datos de alta y baja frecuencia, el sensor 102a puede proporcionar una recolección de datos más eficiente, permitiendo que el sistema 100 procese los datos con mayor rapidez y permita una detección más temprana de la actividad de los rayos.

Los convertidores 204a-b pueden escribir los datos de la forma de onda muestreados en un módulo de almacenamiento temporal (no mostrado), como un búfer, de modo que el procesador 206 de datos pueda leer los datos almacenados en el búfer para filtrar y comprimir. Alternativamente, los convertidores 204a-b pueden transmitir los datos muestreados al procesador 206 de datos 'sobre la marcha', es decir, sin escribir primero los datos en un búfer de almacenamiento temporal.

La figura 3 es un diagrama de flujo de un método ejemplar para recibir, filtrar y comprimir datos de forma de onda electromagnética. Una vez que los convertidores 204a-b han muestreado datos de forma de onda, el procesador 206 de datos recibe (302) cada muestra de datos de forma de onda para su procesamiento. Un ejemplo de procesador 206 de datos es el chip procesador de señales digitales Blackfin® fabricado por Analog Devices, Inc. El procesador 206 de datos filtra (304) los datos para eliminar las frecuencias de ruido. Como parte del proceso de filtrado, el procesador 206 de datos recibe datos de filtro digital del servidor 106 de procesamiento y actualiza (306) el módulo 208a de filtro digital basándose en los datos de filtro. El procesador 206 de datos comprime (308) los datos para su transmisión al servidor 106 de procesamiento. El procesador 206 de datos también genera un número de marca para cada muestra y correlaciona la muestra de marca con los datos de tiempo recibidos desde el dispositivo 214 de GPS de temporización para asignar un tiempo de llegada (es decir, el tiempo en que la muestra llegó al sensor 102a) a cada muestra. El procesador 206 de datos genera el número de marca incrementando, por ejemplo, un

ES 2 705 680 T3

contador de 32 bits cada vez que se recibe una muestra. El procesador 206 de datos transmite (310) los datos de forma de onda comprimidos y filtrados al servidor 106 de procesamiento para su posterior procesamiento.

El dispositivo GPS 214 de sincronización está sincronizado con una señal de posicionamiento satelital y proporciona un solo "impulso" de sincronización, con una precisión de alrededor de 100 nanosegundos, al procesador 206 de datos cada segundo UTC. Un ejemplo de dispositivo GPS de sincronización 214 es el Motorola M12+ Timing Receiver fabricado por Motorola Inc. de Schaumburg, Illinois. El procesador 206 de datos correlaciona el pulso recibido desde el GPS 214 de sincronización con los números de marca asignados a las muestras de forma de onda. Por ejemplo, si el procesador 206 de datos recibe un impulso del GPS 214 de sincronización entre dos números de marca, el procesador 206 de datos determinará un tiempo preciso de llegada para las muestras asociadas con esos números de marca.

El procesador 206 de datos utiliza un módulo 208a de filtro digital para examinar las muestras de datos de forma de onda y aislar segmentos de forma de onda con amplitudes que exceden un umbral alto predefinido o caen por debajo de un umbral bajo predefinido para eliminar las frecuencias de ruido de fondo. En general, la atmósfera contiene una cierta cantidad de energía electromagnética "de fondo" producida a partir de varias fuentes naturales o artificiales que no es atribuible a la actividad de los rayos y, por lo tanto, es irrelevante para determinar la ubicación de un rayo. Los datos de forma de onda recopilados por el sensor 102a incluyen datos relacionados con la energía de fondo, que pueden afectar la precisión del sistema 100. El módulo 208a de filtro digital evalúa cada muestra de datos de forma de onda generados por los convertidores 206a-b digitales, y decide si conserva la muestra para su procesamiento posterior porque la muestra está por encima o por debajo de un umbral predefinido o descarta la muestra como mero ruido de fondo.

Si el módulo 208a de filtro digital determina que una muestra supera o cae por debajo de un umbral predefinido, el módulo 208a de filtro digital envía la muestra al módulo 208b de compresión de datos. El módulo 208b de compresión prepara la muestra de forma de onda para su transmisión al servidor 106 de procesamiento mediante la compresión de los datos asociados con la muestra de forma de onda. El módulo 208b de compresión marca puntos a lo largo de la muestra de forma de onda que exceden o caen por debajo de los umbrales predefinidos. En una realización, el módulo 208b de compresión marca aproximadamente mil puntos. El módulo 208b de compresión determina la inflexión entre cada punto marcado (por ejemplo, el cambio en la amplitud) y el rango de amplitud general (por ejemplo, los valores iniciales y finales) para los puntos marcados, y almacena los datos en un módulo de almacenamiento temporal (por ejemplo, el almacenamiento 210 de datos). El módulo 208b de compresión descarta los puntos sin marcar.

En algunos ejemplos, el filtrado por el módulo 208a de filtro digital y la compresión por el módulo 208b de compresión pueden ocurrir sustancialmente en tiempo real. En otros ejemplos, el filtrado por el módulo 208a de filtro digital y la compresión por el módulo 208b de compresión pueden ocurrir sustancialmente al mismo tiempo.

El sensor 102a de forma de onda también incluye un enlace 212 de comunicación para asumir el control entre el procesador 206 de datos y la antena 202. El enlace 212 para asumir el control permite que el procesador 206 de datos controle el nivel de amplificación aplicado a las señales de forma de onda electromagnética cuando es recolectado por la antena 212. Por ejemplo, durante tormentas eléctricas intensas, la antena 212 puede saturarse con energía electromagnética, llevando la amplitud de la forma de onda más allá de un nivel legible. En otro ejemplo, la antena 212 puede no estar amplificando las formas de onda recopiladas en un grado suficiente para producir datos de forma de onda utilizables. En cualquier caso, el módulo 208a de filtro digital no puede procesar con precisión los datos de la forma de onda y la detección de rayos se ve obstaculizada. Cuando el procesador 206 de datos determina que los datos entrantes están saturados, el procesador 206 de datos puede enviar una señal a la antena para reducir o aumentar la cantidad de amplificación aplicada a la energía electromagnética entrante, lo que resulta en una recopilación de datos más precisa para el sistema 100.

Al final de cada segundo, el procesador 206 de datos recupera los datos de forma de onda filtrados y comprimidos del almacenamiento 210 de datos y transmite los datos al servidor 106 de procesamiento para su posterior análisis. El procesador 206 de datos también vacía el almacenamiento 210 de datos en preparación para recibir un nuevo conjunto de datos de forma de onda. Al transmitir los datos de la forma de onda, el procesador 206 de datos empaqueta los datos. 4A-4B son diagramas de un ejemplo de formato de mensaje por paquete para transmitir los datos de la forma de onda al servidor 106 de procesamiento. Los mensajes enviados por el sensor de forma de onda 102a consisten en un encabezado de longitud fija, seguido de un cuerpo de mensaje de longitud variable. Los últimos bytes del encabezado indican la longitud del cuerpo. El tipo 402 de mensaje consta de un indicador de dos bytes para notificar al sensor 102a que el mensaje es una solicitud de ciertos datos (por ejemplo, 03 = 'obtener datos', 05 = 'calibrar filtro') o para notificar al servidor 106 de procesamiento sobre el éxito o el fracaso de la solicitud (por ejemplo, 00 = éxito, 01 = error).

La figura 4A muestra el formato del encabezado del mensaje. Los primeros dos bytes del encabezado son el tipo de mensaje 402. El tipo de mensaje 402 consta de un indicador para notificar al sensor 102a que el mensaje es una solicitud de ciertos datos (por ejemplo, 03 = 'obtener datos', 05 = 'calibrar filtro') o para notificar al servidor 106 de procesamiento sobre el éxito o el fracaso de la solicitud (por ejemplo, 00 = éxito, 01 = error). Los siguientes dos bytes corresponden a un número 404 de identificación único para el sensor de forma de onda 102a. Los siguientes

cuatro bytes son el tiempo 406 en segundos sin interrupción desde el 1 de enero de 1970. El siguiente byte es el número de nanosegundos 408 antes o después de esta hora. Los dos últimos bytes dan la longitud 410 del mensaje (en número de bytes) después del encabezado.

5 La figura 4B muestra el formato del cuerpo del mensaje. El cuerpo del mensaje consta de una pluralidad de secciones de pulso que contienen los datos de forma de onda comprimidos y filtrados recopilados por el sensor 102a. Cada sección de impulsos (por ejemplo, la sección de impulsos uno 415) comprende un encabezado 420 de impulsos y un cuerpo 430 de impulsos. El encabezado 420 del pulso tiene una longitud de siete bytes, y contiene el número 422 inicial (cuatro bytes), la amplitud inicial de la forma de onda 424 (dos bytes) y el número de inflexiones 426 en el cuerpo del pulso (un byte). Cada inflexión 432a-b (un byte) expresa la diferencia entre la amplitud de la siguiente inflexión y la amplitud de la inflexión actual. Este formato de mensaje permite que el sensor 102a de forma de onda transmita detalles sobre la forma de la forma de onda sin requerir la transmisión de una gran cantidad de datos, lo que aumenta la velocidad de procesamiento general y la eficiencia del sistema 100.

15 En una realización preferida, cada uno de los sensores 102a-d de forma de onda distribuidos en todo el sistema 100 transmite sus datos de forma de onda filtrados y comprimidos individuales al servidor 106 de procesamiento al mismo tiempo. Esta sincronización se puede lograr, por ejemplo, haciendo referencia al valor de tiempo de los dispositivos 214 de GPS de temporización en los respectivos sensores de forma de onda 102ad. Dado que el dispositivo 214 de GPS de temporización en cada sensor 102a-d es preciso dentro de 100 nanosegundos, los sensores 102a-d transmitirán los datos de la forma de onda procesada al servidor 106 de procesamiento sustancialmente al mismo tiempo. La sincronización proporciona la ventaja de reducir el tiempo de procesamiento requerido para que el servidor 106 de procesamiento analice los datos de forma de onda recibidos.

20 Los sensores 102a-d de forma de onda transmiten los datos de forma de onda filtrados y comprimidos al servidor 106 de procesamiento a través de una red de comunicaciones, por ejemplo, la red 104 de comunicaciones. La red 104 puede ser una red de área amplia, como Internet o la World Wide Web. La red 104 puede utilizar tecnología de comunicaciones por satélite. Por ejemplo, los sensores 102a-d de forma de onda pueden enviar y recibir información a través de un enlace de comunicaciones a un satélite, que a su vez se comunica con el servidor 106 de procesamiento.

25 Además de transmitir los datos de forma de onda indicativos de la actividad del rayo, el sensor 102a de forma de onda transmite datos de condiciones climáticas recopilados por un dispositivo 216 de condiciones meteorológicas conectado al procesador 206 de datos. Un ejemplo de dispositivo de condiciones climáticas es la Estación de Seguimiento WeatherBug® fabricada por AWS Convergence Technologies, Inc. de Germantown, Maryland. El dispositivo 216 de condiciones climáticas se instala muy cerca del sensor 102a de forma de onda y recopila datos de condiciones atmosféricas como temperatura, presión barométrica, humedad relativa, índice de calor, velocidades del viento, cantidades de lluvia y otra información meteorológica similar. El dispositivo 216 de condiciones meteorológicas transmite los datos meteorológicos al procesador 206 de datos, que puede incluir los datos meteorológicos como parte de sus transmisiones continuas de datos al servidor 106 de procesamiento.

30 La figura 5 es un diagrama de bloques detallado de un servidor 106 de procesamiento para recibir y procesar datos de forma de onda desde un sensor 102a de forma de onda. El servidor 106 de procesamiento incluye un módulo 502 de recepción de datos, un módulo 504 de correlación de datos, un módulo 506 de gestión de datos, un módulo 508 de almacenamiento de datos y un módulo 510 de calibración de filtros. Cualquiera o todos los módulos identificados anteriormente pueden residir en el mismo servidor físico, o pueden estar dispersos en múltiples servidores físicos. Se pueden dividir partes de cada módulo individual entre varios servidores para aumentar la eficiencia de procesamiento y equilibrar el tráfico recibido de los sensores 102a-d de forma de onda.

35 La figura 6 es un diagrama de flujo de un método 600 ejemplar para recibir y procesar datos de forma de onda desde un sensor 102a de forma de onda. El módulo 502 de recepción de datos establece un enlace de comunicaciones con los sensores 102a-d de forma de onda a través de la red 104 de comunicaciones, y espera a que lleguen los datos de la forma de onda. Cuando el servidor 106 de procesamiento recibe (602) datos de forma de onda indicativos de la actividad del rayo de los sensores 102a-d de forma de onda, el módulo 502 de recepción de datos pone en cola los datos en un búfer de almacenamiento (no mostrado). El módulo 502 de recepción de datos analiza los datos en los paquetes de mensajes recibidos desde cada sensor 102a-d, y convierte (606) el número de marca en una muestra de tiempo.

40 El módulo 502 de recepción de datos transmite los datos de forma de onda recibidos desde los sensores 102a-d de forma de onda al módulo 504 de correlación de datos. El módulo 502 de correlación de datos reconstruye la forma de onda comenzando con la amplitud inicial de la forma de onda y analizando cada inflexión asociada con la forma de onda. Por ejemplo, el módulo 504 de correlación de datos recibe datos de forma de onda que indican una amplitud inicial de 289, una primera inflexión de 3 y una segunda inflexión de 1, el módulo 504 de correlación de datos puede interpolar los datos para representar que la amplitud de la forma de onda aumentó de 289 a 292 (289+3) entre los primeros dos puntos marcados, y luego aumentó de 292 a 293 (292+1) entre los puntos marcados segundo y tercero. El módulo 504 de correlación de datos continúa interpolando los datos de la forma de onda hasta que ha reconstruido la forma de onda completa.

Después de reconstruir las formas de onda recibidas de la pluralidad de sensores 102a-d de forma de onda, el módulo 504 de correlación de datos agrupa las formas de onda para determinar si ocurrió un rayo. La figura 7 es un diagrama que representa la correlación cruzada de formas de onda de diferentes sensores 702a-d para determinar la ubicación de un rayo 704. Como se indicó anteriormente, cada forma de onda detectada por un sensor 702a-d está asociada con la ubicación geográfica (por ejemplo, x, y) de ese sensor, junto con el tiempo de llegada al sensor 702a-d. El módulo 504 de correlación de datos puede determinar que una forma de onda recibida de cada uno de los cuatro sensores 702a-d diferentes debe agruparse con base en una evaluación de las ubicaciones relativas de los sensores 702a-d y la similitud de los respectivos tiempos de llegada. Una vez que el módulo 504 de correlación de datos ha agrupado las formas de onda, el módulo 504 de correlación de datos procesa un algoritmo que incorpora los parámetros (x, y, z, t) para cada sensor 702a-d junto con los parámetros 'desconocidos' para la ubicación del rayo 704, donde x e y son las coordenadas geográficas del sensor 704a-d, z es la altitud de la forma de onda y t es el tiempo de llegada. En una realización preferida, se agrupan cuatro formas de onda de cuatro sensores diferentes. Las formas de onda de sensores adicionales también pueden evaluarse en el mismo grupo para una optimización adicional de los cálculos para determinar la ubicación del rayo. Además, el módulo 504 de correlación de datos puede calcular la corriente máxima de la actividad del rayo basándose en un análisis de los datos de amplitud asociados con las formas de onda de cada uno de los cuatro sensores 702a-d.

El módulo 504 de correlación de datos puede determinar un nivel de confianza asociado con los datos generados de rayos. El nivel de confianza se basa en el grado de precisión que el módulo 504 de correlación de datos asigna a una determinación particular de la ubicación de un rayo. Para determinar un nivel de confianza, el módulo 504 de correlación de datos puede considerar numerosos factores, incluidos, entre otros, la consistencia de los datos de forma de onda respectivos entre las formas de onda agrupadas, la integridad de los datos recibidos de los diversos sensores 102a-d de forma de onda (por ejemplo, datos faltantes, corruptos o no utilizables), el nivel y la variabilidad del ruido de fondo en un área en particular, y la precisión relativa de la instrumentación asociada con los sensores 102a-d de forma de onda. En algunos ejemplos, el módulo 504 de correlación de datos también puede considerar los datos históricos de rayos asociados con uno o más de los sensores 102a-d de forma de onda como una línea de base para evaluar la uniformidad y consistencia de los datos actuales recibidos de esos sensores 102a-d. El algoritmo utilizado para calcular el nivel de confianza puede ponderarse de acuerdo con una estructura propietaria, y las variables consideradas para determinar el nivel de confianza pueden recibir más o menos énfasis en el algoritmo en función de ciertas preferencias. El módulo 504 de correlación de datos puede asociar el nivel de confianza con los datos de impacto de rayos cuando los datos se almacenan en el dispositivo 508 de almacenamiento, y el nivel de confianza puede proporcionarse como un componente de los datos de la actividad general de los rayos.

Después de que el módulo 504 de correlación de datos haya determinado la ubicación de la actividad del rayo en función de los datos de la forma de onda, los datos del rayo se transmiten al módulo 506 de gestión de datos. El módulo 506 de gestión de datos almacena los datos del rayo en el módulo 508 de almacenamiento de datos, y también almacena en caché los datos para su recuperación y uso por parte de varias aplicaciones de terceros. En un ejemplo, el módulo 506 de administración de datos puede transmitir datos de actividad de los rayos en tiempo real a los suscriptores conectados al servidor de procesamiento a través de una conexión de transferencia de datos, como una conexión TCP/IP. En otro ejemplo, el módulo 506 de administración de datos puede proporcionar los datos de rayos a aplicaciones propietarias que generan mapas y otras representaciones gráficas de los datos de rayos para mostrarlos en dispositivos remotos, como computadoras personales, teléfonos inteligentes, asistentes digitales personales, y similares. En otro ejemplo, las alertas de rayos y otras advertencias se pueden emitir en tiempo real a diversos medios y medios de comunicación tan pronto como se detecte una actividad peligrosa de rayos.

El módulo 506 de gestión de datos también calcula las velocidades del rayo en función de los datos del rayo. El módulo 506 de gestión de datos puede determinar, por ejemplo, la velocidad de impacto del rayo y la velocidad de cambio con respecto a la velocidad del rayo. El módulo 506 puede determinar la tasa de impacto y la tasa de cambio para el rayo intranube y nube a tierra individualmente, y para la tasa total del rayo, es decir, rayo intranube y nube a tierra.

Actualización del filtro digital

Una técnica importante de la invención reivindicada es la precisión con la que el sensor 102a de forma de onda filtra las formas de onda electromagnéticas para aislar solo las frecuencias correspondientes a la actividad de los rayos. Para mantener una recopilación y filtrado de datos precisos, el sensor 102a actualiza con frecuencia los umbrales de ruido de fondo del módulo 208a de filtro digital en función de las muestras de forma de onda recopiladas por la antena 202. En general, los datos de forma de onda comprimidos transmitidos por los sensores 102a-d no proporcionan suficiente información detallada para que el servidor 106 de procesamiento determine los niveles relativos de frecuencia de ruido dentro de la forma de onda y genere un filtro digital preciso para eliminar el ruido. Por lo tanto, el servidor 106 de procesamiento debe recibir datos de forma de onda sin comprimir para evaluar adecuadamente el ruido de fondo y crear un filtro digital capaz de eliminar las frecuencias necesarias. Sin embargo, la transmisión de datos de forma de onda sin comprimir requiere un tiempo de procesamiento y un ancho de banda significativos, y puede afectar la velocidad y eficiencia deseadas del sistema 100 para detectar la actividad de los rayos. La figura 8 es un diagrama de flujo de un método 800 ejemplar para actualizar el módulo 208a de filtro digital

basado en datos de forma de onda sin comprimir. Como parte de su recepción de datos de forma de onda comprimidos de acuerdo con los métodos y técnicas presentados anteriormente, el procesador 206 de datos recibe (802) porciones de datos de forma de onda sin comprimir de un sensor 102a de forma de onda individual. Sin embargo, en lugar de transmitir una forma de onda sin comprimir completa, el sensor 102a de forma de onda transmite pequeñas porciones de la forma de onda sin comprimir al servidor 106 de procesamiento a intervalos regulares (por ejemplo, cada dos horas) a lo largo del día. Al final del día, el módulo 510 de calibración de filtro en el servidor 106 de procesamiento consolida las pequeñas porciones de datos sin comprimir en un conjunto de datos más grande que contiene suficiente detalle, y el módulo de calibración de filtro 510 analiza (804) el conjunto de datos para determinar los niveles de ruido de fondo y generar (806) un filtro digital apropiado. El módulo 510 de calibración de filtro transmite (808) los datos de filtro digital recién generados al sensor 102a de forma de onda individual, y el sensor 102a actualiza su módulo 208a de filtro digital.

Los sistemas y métodos descritos anteriormente pueden implementarse en circuitos electrónicos digitales, hardware de computadora, firmware y/o software. La implementación puede ser como un producto de programa informático (es decir, un programa informático incorporado de forma tangible en un medio de almacenamiento legible por ordenador). La implementación puede, por ejemplo, estar en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina y/o incluir una señal propagada, para ser ejecutada por, o para controlar el funcionamiento del aparato de procesamiento de datos. La implementación puede ser, por ejemplo, un procesador programable, una computadora y/o varias computadoras.

Un programa de computadora se puede escribir en cualquier forma de lenguaje de programación, incluidos los lenguajes compilados y/o interpretados, y el programa de computadora se puede implementar en cualquier forma, incluido como un programa independiente o como una subrutina, elemento y/u otra unidad adecuada para su uso en un entorno informático. Un programa de computadora puede implementarse para ejecutarse en una computadora o en varias computadoras en un sitio.

Los pasos del método pueden ser realizados por uno o más procesadores programables que ejecutan un programa de computadora para realizar las funciones de la invención operando en datos de entrada y generando salida. Los pasos del método también pueden realizarse y un aparato puede implementarse como un circuito lógico de propósito especial. Los circuitos pueden ser, por ejemplo, un FPGA (matriz de puerta programable de campo), un ASIC (circuito integrado específico de la aplicación), un DSP (procesador de señales digitales) y/o cualquier otro circuito discreto que esté configurado para implementar las funciones requeridas. Los módulos, subrutinas y agentes de software pueden referirse a partes del programa de computadora, el procesador, los circuitos especiales, el software y/o el hardware que implementa esa funcionalidad.

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa informático incluyen, a modo de ejemplo, microprocesadores de propósito general y especial, y uno o más procesadores de cualquier tipo de computadora digital. En general, un procesador recibe instrucciones y datos de una memoria de solo lectura o de una memoria de acceso aleatorio o de ambos. Los elementos esenciales de una computadora son un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. En general, una computadora puede incluir, puede acoplarse operativamente para recibir datos de y/o transferir datos a uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos (por ejemplo, discos magnéticos, magnetoópticos o discos ópticos).

La transmisión de datos y las instrucciones también pueden ocurrir a través de una red de comunicaciones. Los medios legibles por computadora adecuados para incorporar instrucciones e información de programas de computadora incluyen todas las formas de memoria no volátil, incluso a modo de ejemplo, dispositivos de memoria de semiconductores. Los medios legibles por computadora pueden ser, por ejemplo, EPROM, EEPROM, dispositivos de memoria flash, discos magnéticos, discos duros internos, discos extraíbles, discos magnetoópticos, CD-ROM y/o discos DVD-ROM. El procesador y la memoria pueden complementarse y/o incorporarse en circuitos lógicos de propósito especial.

Para proporcionar interacción con un usuario, las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en una computadora que tenga un dispositivo de visualización o un dispositivo de transmisión. El dispositivo de visualización puede ser, por ejemplo, un tubo de rayos catódicos (CRT) y/o un monitor de pantalla de cristal líquido (LCD). La interacción con un usuario puede ser, por ejemplo, una visualización de información para el usuario y un teclado y un dispositivo señalador (por ejemplo, un ratón o un ratón de bola) mediante los cuales el usuario puede proporcionar información a la computadora (por ejemplo, interactuar con un elemento de interfaz de usuario). Se pueden utilizar otros tipos de dispositivos para proporcionar interacción con un usuario. Otros dispositivos pueden ser, por ejemplo, retroalimentación proporcionada al usuario en cualquier forma de retroalimentación sensorial (por ejemplo, retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil). La entrada del usuario se puede recibir, por ejemplo, en cualquier forma, incluida la entrada acústica, del habla y/o táctil.

El dispositivo del cliente y el dispositivo informático pueden incluir, por ejemplo, una computadora, una computadora con un dispositivo de navegador, un teléfono, un teléfono IP, un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono celular, un asistente personal digital (PDA), un teléfono inteligente, una computadora portátil, un dispositivo de correo electrónico) y/u otros dispositivos de comunicación. El dispositivo del navegador incluye, por ejemplo, una

computadora (por ejemplo, una computadora de escritorio, una computadora portátil) con un navegador de Internet (por ejemplo, Microsoft® Internet Explorer® disponible de Microsoft Corporation, Mozilla® Firefox disponible de Mozilla Corporation). El dispositivo de computación móvil incluye, por ejemplo, un Blackberry®.

- 5 Los servidores web pueden ser, por ejemplo, una computadora con un módulo de servidor (por ejemplo, Microsoft® Internet Information Services disponible en Microsoft Corporation, Apache Web Server disponible en Apache Software Foundation, Apache Tomcat Web Server disponible en Apache Software Foundation).

- 10 Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un sistema informático distribuido que incluye un componente final. El componente final puede, por ejemplo, ser un servidor de datos, un componente intermedio y/o un servidor de aplicaciones. Las técnicas descritas anteriormente pueden implementarse en un sistema informático de distribución que incluye un componente frontal. El componente frontal puede ser, por ejemplo, una computadora cliente con una interfaz gráfica de usuario, un navegador web a través del cual un usuario puede interactuar con una implementación de ejemplo, y/u otras interfaces gráficas de usuario para un dispositivo de transmisión. Los componentes del sistema pueden interconectarse mediante cualquier forma o medio de comunicación de datos digitales (por ejemplo, una red de comunicación).

- 15 El sistema puede incluir clientes y servidores. Un cliente y un servidor generalmente están alejados entre sí y generalmente interactúan a través de una red de comunicación. La relación del cliente y el servidor surge en virtud de los programas de computadora que se ejecutan en las computadoras respectivas y que tienen una relación cliente-servidor entre sí.

- 20 Las redes de comunicación descritas anteriormente pueden implementarse en una red basada en paquetes, una red basada en circuitos y/o una combinación de una red basada en paquetes y una red basada en circuitos. Las redes basadas en paquetes pueden incluir, por ejemplo, Internet, una red de protocolo de Internet (IP) del operador (por ejemplo, red de área local (LAN), red de área amplia (WAN), red de área del campus (CAN), red de área metropolitana (MAN), red de área local (HAN), una red IP privada, una centralita privada IP (IPBX), una red inalámbrica (por ejemplo, una red de acceso de radio (RAN), una red 802.11, una red 802.16, una red de servicios de radio por paquetes en general (GPRS), HiperLAN) y/u otras redes basadas en paquetes. Las redes basadas en circuitos pueden incluir, por ejemplo, la red telefónica pública conmutada (PSTN), una central telefónica privada (PBX), una red inalámbrica (por ejemplo, RAN, bluetooth, red de acceso múltiple por división de código (CDMA), red de acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA), sistema global para redes de comunicaciones móviles (GSM) y/u otras redes basadas en circuitos.

- 30 Las formas integradas, incluidas y/o plurales de cada una son abiertas e incluyen las partes enumeradas y pueden incluir partes adicionales que no están enumeradas. Y/o es abierto e incluye una o más de las partes enumeradas y combinaciones de las partes enumeradas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar la actividad de los rayos que comprende:
 - 5 recibir, en un sensor (102) de forma de onda, datos de forma de onda indicativos de la actividad de los rayos de uno o más convertidores (204) de señal, los datos de forma de onda que comprenden un grupo de formas de onda electromagnéticas;
 - 10 filtrar, en un procesador (206) dispuesto dentro del sensor de forma de onda, los datos de la forma de onda para eliminar las frecuencias de ruido, comprendiendo el filtrado:
 - 15 transmitir una o más partes no comprimidas de los datos de la forma de onda a un dispositivo informático servidor;
 - 20 recibir datos de filtro digital desde el dispositivo (106) informático del servidor, los datos de filtro digital basados en una o más porciones no comprimidas de datos de forma de onda;
 - 25 eliminar, mediante el procesador (206), una o más frecuencias de los datos de forma de onda con base en los datos del filtro digital;
 - 30 comprimir (308), en el procesador (206), los datos de la forma de onda filtrada, comprendiendo la compresión:
 - (i) seleccionar uno o más puntos en una forma de onda, un valor de amplitud de cada uno de los uno o más puntos está por encima de un umbral predeterminado; y
 - (ii) determinar un valor de amplitud de uno de los primeros puntos seleccionados y un cambio en la amplitud entre cada uno de los puntos seleccionados;
 - (iii) descartar uno o más puntos en la forma de onda que no están seleccionados; y
 - (iv) almacenar el valor de amplitud determinado del primero de los puntos seleccionados y un cambio en la amplitud de cada uno de los puntos seleccionados en un mensaje de paquete; y
 - 35 transmitir por el sensor de forma de onda, el mensaje del paquete al dispositivo (106) informático del servidor para su análisis para detectar la actividad de los rayos.
2. El método de la reivindicación 1, en donde los datos de forma de onda comprimidos se transmiten al dispositivo informático del servidor cada segundo.
- 25 3. El método de la reivindicación 1, que comprende además coordinar la transmisión de los datos de forma de onda comprimidos con un dispositivo de posicionamiento global de temporización conectado al sensor de forma de onda.
4. El método de la reivindicación 1, que comprende además recoger los datos de forma de onda mediante una antena (202) de radiofrecuencia conectada al sensor de forma de onda a través de uno o más convertidores (204) de señal.
- 30 5. El método de la reivindicación 1, en donde el uno o más convertidores (204) comprenden un convertidor (204b) de alta frecuencia y un convertidor (204a) de baja frecuencia.
6. El método de la reivindicación 5, en donde el convertidor (204b) de alta frecuencia es capaz de procesar frecuencias entre 5 kHz y 12 MHz.
- 35 7. El método de la reivindicación 5, en donde el convertidor (204a) de baja frecuencia es capaz de procesar frecuencias superiores a 1 Hz y menores o iguales a 250 kHz.
8. El método de la reivindicación 1, en donde el paso de selección comprende además la selección de aproximadamente mil puntos en cada forma de onda.
9. El método de la reivindicación 1, que comprende además almacenar los datos de forma de onda comprimidos en un dispositivo (210) de almacenamiento temporal.
- 40 10. El método de la reivindicación 1, que comprende, además:
 - 45 recibir, en el sensor (102) de forma de onda, datos de condiciones meteorológicas de un dispositivo (216) meteorológico; transmitir los datos de las condiciones meteorológicas al dispositivo (106) informático del servidor.
11. Un sistema para detectar la actividad de los rayos que comprende:
 - 45 uno o más sensores (102) de forma de onda y un dispositivo (106) informático servidor, los sensores de forma de onda configurados para recopilar datos de forma de onda usando uno o más convertidores (204) de señal, los datos de forma de onda que comprenden un grupo de formas de onda electromagnéticas, cada sensor de forma de onda

que comprende un procesador que filtra los datos de forma de onda para eliminar las frecuencias de ruido basadas en datos de filtro digital, y comprime los datos de forma de onda filtrados, la compresión que comprende:

- (i) seleccionar uno o más puntos en una forma de onda, un valor de amplitud de cada uno de los uno o más puntos está por encima de un umbral predeterminado; y
- 5 (ii) determinar un valor de amplitud del primero de los puntos seleccionados y un cambio en el valor de amplitud entre cada uno de los puntos seleccionados;
- (iii) descartar uno o más puntos en la forma de onda que no están seleccionados; y
- (iv) almacenar el valor de amplitud determinado del primero de los puntos seleccionados y un cambio en el valor de amplitud de cada uno de los puntos seleccionados en un mensaje de paquete;
- 10 los sensores (102) de forma de onda configurados además para transmitir el mensaje de paquete al dispositivo (106) informático del servidor para su análisis para detectar actividad de los rayos;
- el dispositivo (106) informático del servidor configurado para:
 - recibir datos de forma de onda de uno o más sensores de forma de onda, los datos de forma de onda que comprenden datos de forma de onda comprimidos y no comprimidos;
- 15 generar los datos del filtro digital basándose en una o más porciones no comprimidas de datos de forma de onda de un sensor en particular y transmitiendo los datos del filtro digital al sensor seleccionado;
- convertir los datos de forma de onda comprimidos de cada uno de los uno o más sensores en una muestra de tiempo;
- 20 alinear los datos de la forma de onda comprimida de uno o más sensores en función del tiempo de llegada de los datos de la forma de onda comprimida, comprendiendo la alineación:
 - determinar la ubicación y la altura de una forma de onda en función de los datos de forma de onda comprimidos de uno o más sensores;
 - determinar un desplazamiento de la forma de onda en función de la muestra de tiempo asociada con los datos de forma de onda comprimidos;
- 25 determinar una corriente de pico de la forma de onda basada en los datos de forma de onda comprimidos; y
- generar datos de impacto de los rayos basados en la conversión y alineación de los datos de forma de onda comprimidos.
- 12. El sistema de la reivindicación 11, el uno o más sensores de forma de onda configurados además para
- 30 transmitir una o más porciones no comprimidas de los datos de forma de onda al dispositivo (106) informático del servidor; recibir datos de filtro digital desde el dispositivo (106) informático del servidor, los datos de filtro digital basados en una o más partes no comprimidas de datos de forma de onda; y
- eliminar una o más frecuencias de los datos de forma de onda en función de los datos del filtro digital.

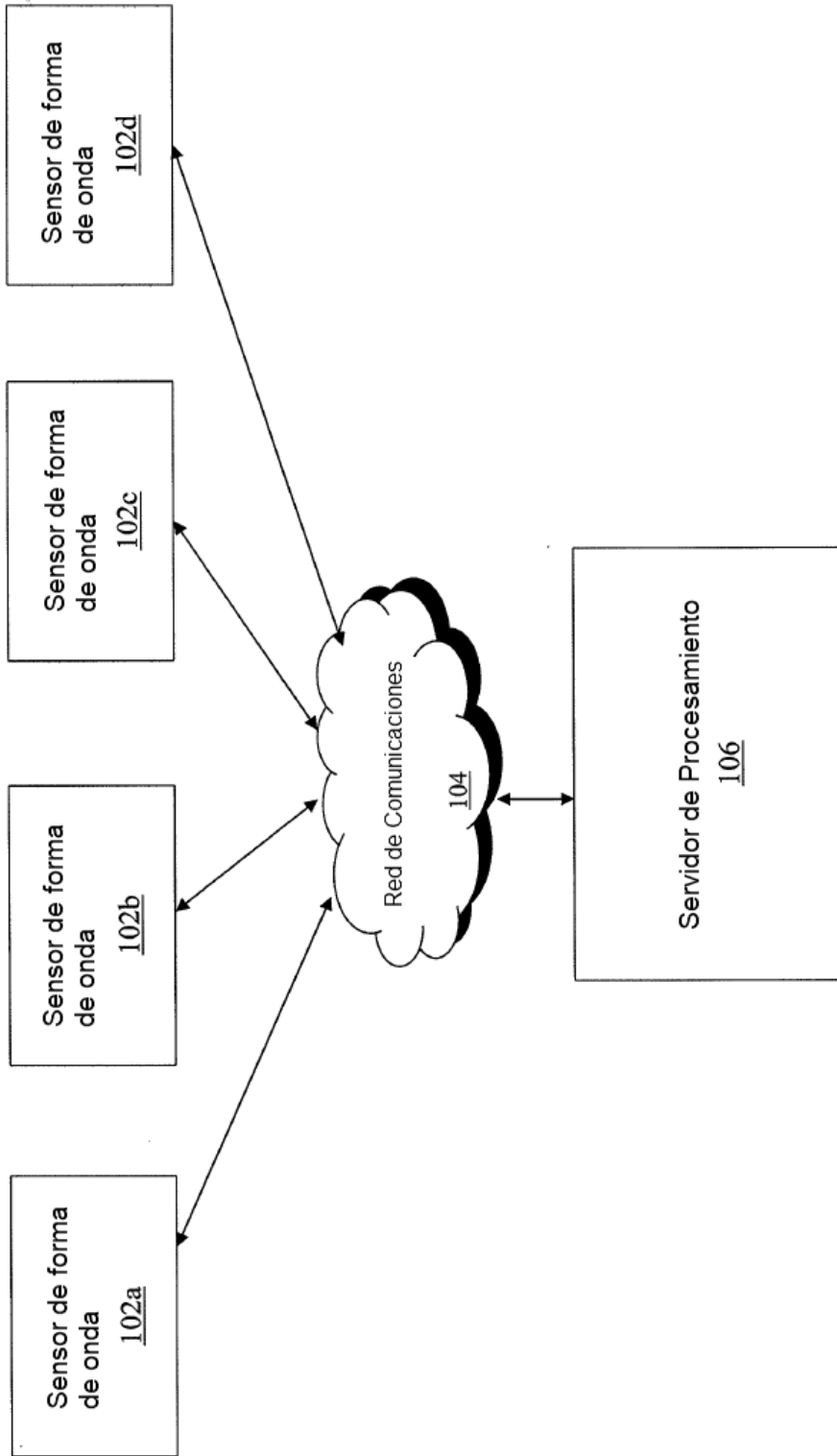


FIG. 1

100

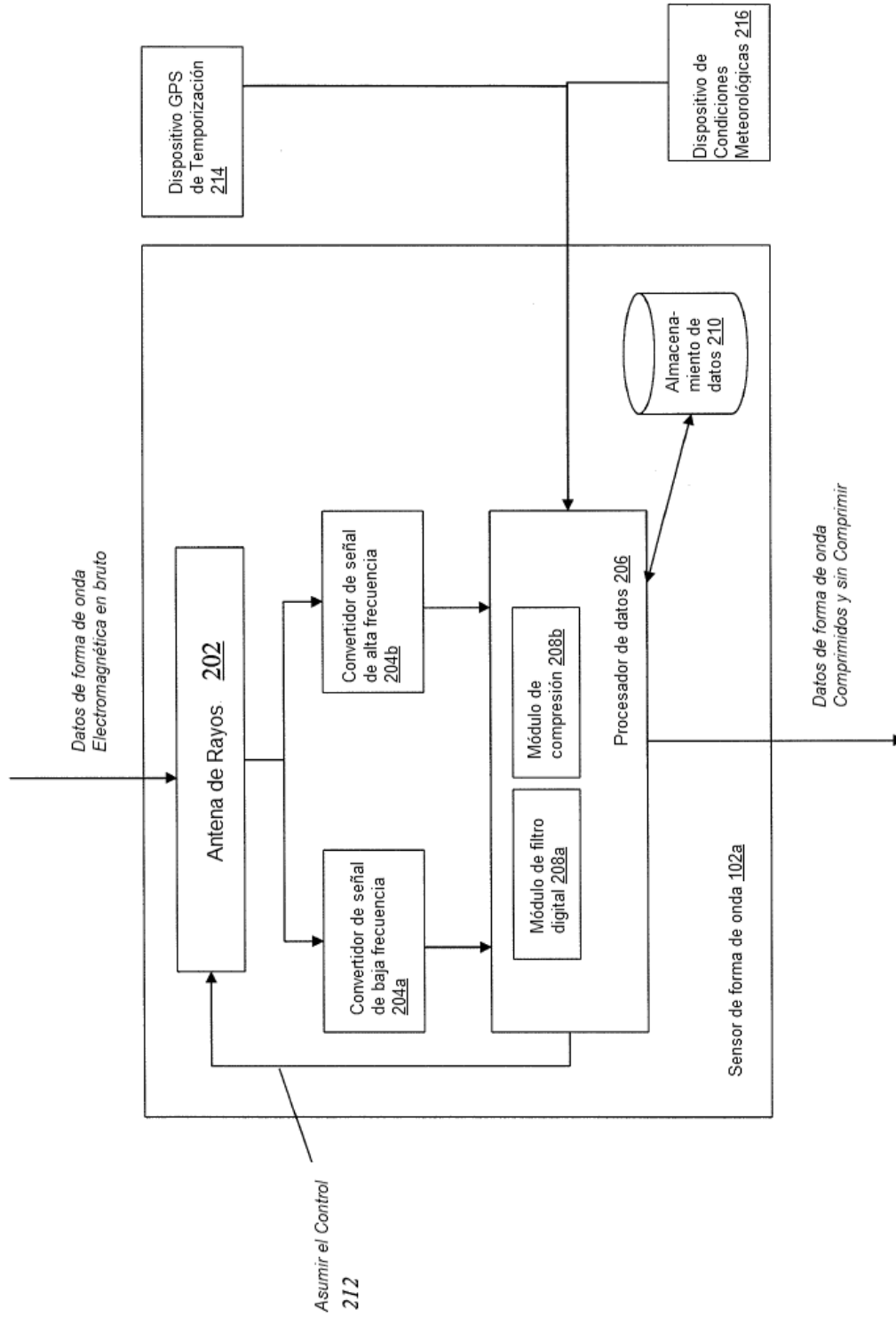
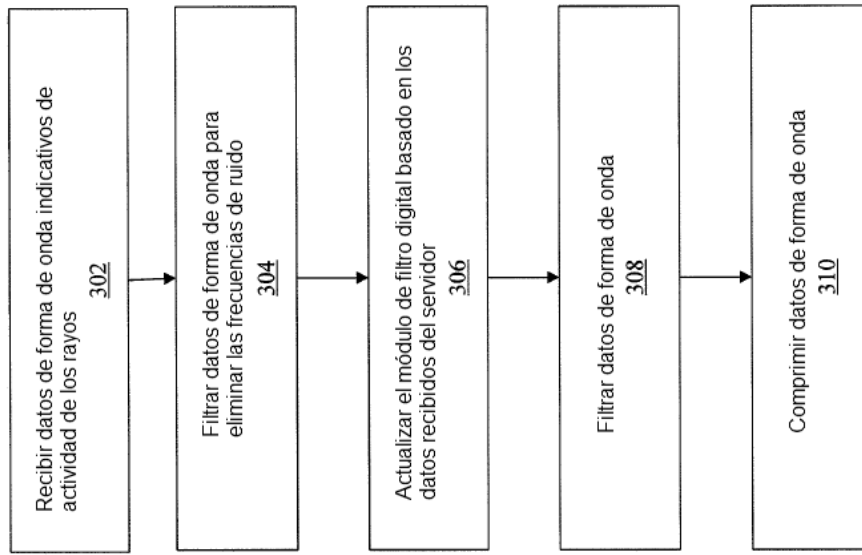


FIG. 2

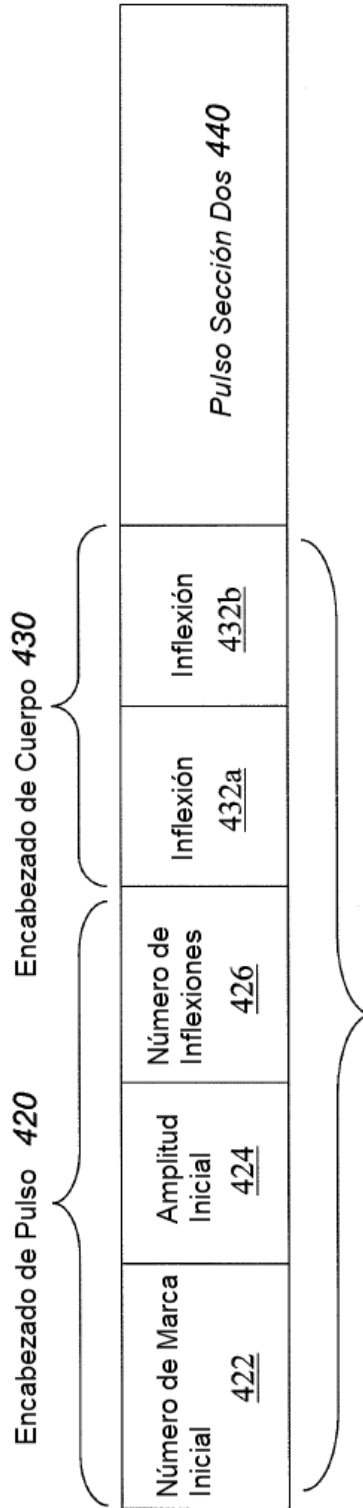


300

FIG. 3

Tipo de Mensaje <u>402</u>	Sensor ID <u>404</u>	Indicación de fecha y hora (s) <u>406</u>	Diferencial de fecha y hora (ns) <u>408</u>	Longitud del Mensaje <u>410</u>
-------------------------------	-------------------------	---	--	------------------------------------

Encabezado del Mensaje **FIG. 4A**



Cuerpo del Mensaje **FIG. 4B**

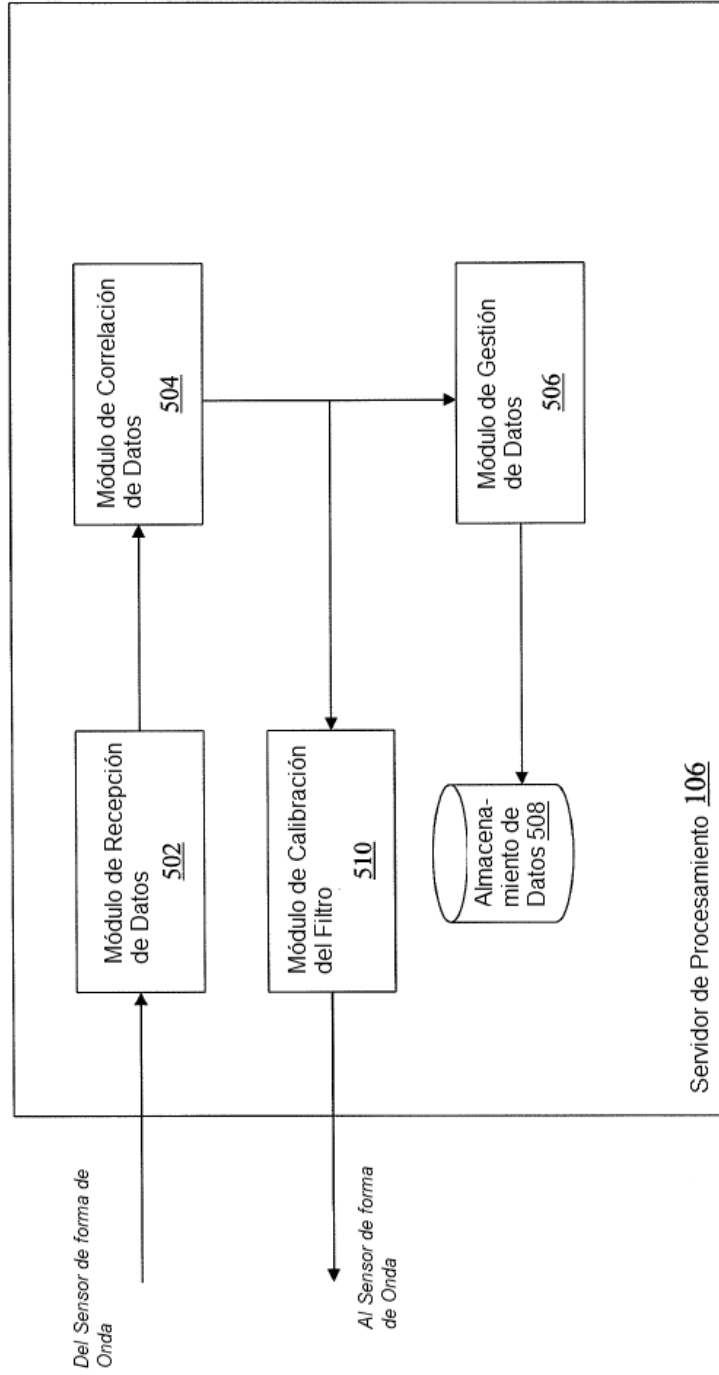
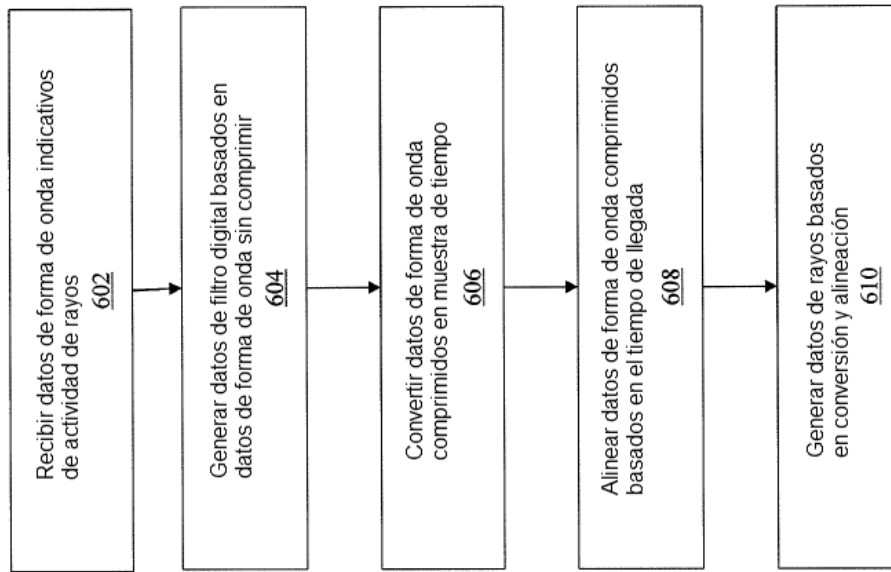


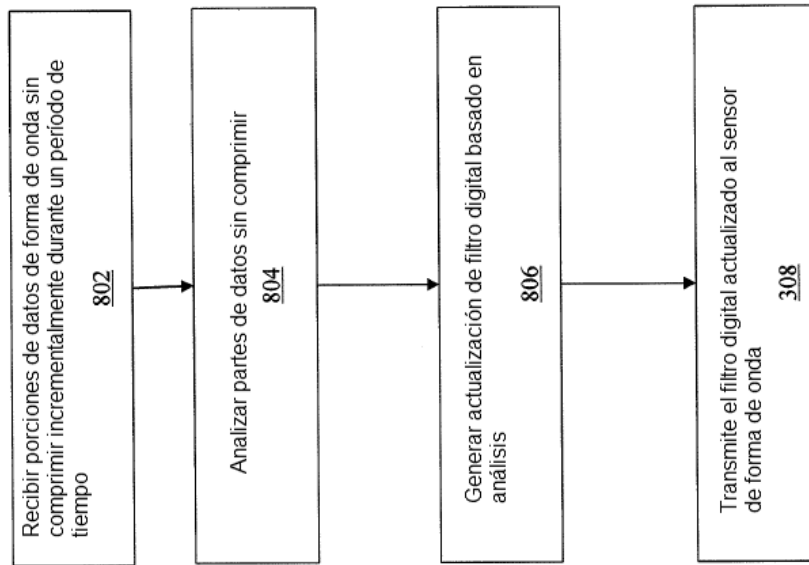
FIG. 5



600

FIG. 6





800

FIG. 8