

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 936**

51 Int. Cl.:

G01N 33/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2014** **PCT/US2014/010342**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.07.2014** **WO14109986**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2014** **E 14738283 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2024** **EP 2943772**

54 Título: **Red de medición de gases de efecto invernadero en la atmosfera**

30 Prioridad:

09.01.2013 US 201313737508

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

11.10.2024

73 Titular/es:

EARTH NETWORKS, INC. (50.0%)
12410 Milestone Center Drive, Suite 300
Germantown, MD 20876, US y
THE REGENTS OF THE UNIVERSITY OF
CALIFORNIA (50.0%)

72 Inventor/es:

SLOOP, CHRISTOPHER, DALE;
NOVAKOVSKAIA, ELENA;
MARSHALL, ROBERT, S.;
WEISS, RAY, F.;
KEELING, RALPH;
WELP-SMITH, LISA y
PAPLAWSKY, WILLIAM, J.

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 981 936 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

Red de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera

Campo de la invención

5 El objeto de la presente solicitud se refiere en general a procedimientos y aparatos, incluidos productos de programas informáticos, para medir gases de efecto invernadero en la atmósfera y determinar disipadores y fuentes de estos gases.

Antecedentes de la invención

10 La emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera tiene un impacto ambiental y económico significativo a escala mundial. Los gobiernos locales, estatales y federales están sometidos a una presión cada vez mayor para controlar y regular las emisiones de gases de efecto invernadero con el fin de evitar mayores daños al clima y al ambiente de la Tierra. Uno de los retos ha sido medir con precisión los gases de efecto invernadero en la atmósfera en una zona geográfica distribuida para determinar la ubicación de las fuentes potenciales de gases de efecto invernadero.

15 “Automated Multi-Point Greenhouse Gas Measurement System», 2008, de http://www.picarro.com/assets/docs/Picarro_AN016_Tall_Tower_GHG_Measurements.pdf enseña un sistema de medición de gases con múltiples puntos, por ejemplo, alturas a lo largo de una torre alta.

Crosson E R “A cavity ring-down analyzer for measuring atmospheric levels of methane, carbon dioxide and water vapor», Applied Physics B Lasers and Optics, Springer, Berlin, Volume 92 number 3 8 agosto de 2008 páginas 403 a 408, enseña un analizador particular, más precisamente el uso de un analizador de cavidad anular descendente.

20 La publicación WO 99/42814 enseña una unidad automática para medir gases de efecto invernadero.

La publicación US 2010/0198736 describe sistemas para monitorizar datos de flujo de carbono a escalas capaces de gestionar el flujo neto regional de carbono y fijar el precio de los instrumentos financieros de carbono.

Resumen de la invención

25 En términos generales, las técnicas aquí descritas están relacionadas con la medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera, la calibración de dispositivos para realizar la medición y la determinación de disipadores y fuentes de gases de efecto invernadero. Las técnicas permiten la medición continua y en tiempo real de los gases de efecto invernadero atmosféricos en una zona geográfica distribuida. Las técnicas también permiten mejorar la calibración de los dispositivos de medición *in situ* de gases de efecto invernadero mediante la automatización y el control de las pruebas y el funcionamiento de los dispositivos. Las técnicas también permiten recopilar, modelar y analizar los datos de medición de gases de efecto invernadero para determinar con precisión la ubicación de posibles disipadores y fuentes de gases de efecto invernadero.

La invención, en un aspecto, presenta un procedimiento para medir gases de efecto invernadero según la reivindicación 1.

35 La invención, en un ejemplo, presenta un procedimiento para calibrar un dispositivo de medición de gases de efecto invernadero. El procedimiento incluye recibir, en un dispositivo de calibración, una primera cantidad de gas de efecto invernadero de una bomba acoplada al dispositivo de calibración. El procedimiento incluye pasar, a través del dispositivo de calibración, la primera cantidad de gas de efecto invernadero al dispositivo de medición. El procedimiento incluye determinar, mediante el dispositivo de medición, una característica de un gas de efecto invernadero presente en la primera cantidad de gas de efecto invernadero y transmitir, mediante el dispositivo de medición, la característica a un dispositivo informático. El procedimiento incluye calibrar, por el dispositivo informático, la característica aplicando una corrección a la característica.

45 Hay también divulgado un sistema para medir el gas de efecto invernadero en la atmósfera. El sistema incluye un dispositivo de la calibración configurado para recibir una primera muestra del gas atmosférico de un primer puerto expuesto a la atmósfera de la tierra, y para recibir una segunda muestra del gas atmosférico de un segundo puerto expuesto a la atmósfera de la tierra. El dispositivo de calibración está configurado para enrutar la primera muestra y la segunda muestra a un dispositivo de medición para el análisis de gases de efecto invernadero. El sistema incluye el dispositivo de medición, que está configurado para determinar una característica de un gas de efecto invernadero presente en al menos una de la primera muestra y la segunda muestra, y transmitir datos asociados con la característica determinada del gas de efecto invernadero a un dispositivo informático.

50 También se divulga un dispositivo para calibrar un dispositivo de medición de gas de efecto invernadero. El dispositivo incluye una o más entradas para recibir muestras de gas atmosférico de uno o más puertos expuestos a la atmósfera terrestre, y una o más bombas para regular un flujo del gas atmosférico recibido a través de las entradas. El dispositivo incluye uno o más tanques de calibración y un módulo de muestreo. El módulo de muestreo incluye una válvula acoplada a la una o más bombas y al uno o más tanques de calibración, un controlador de presión y temperatura, y

- un secador. El módulo de muestreo está configurado para muestrear gas de una o más de las bombas y tanques de calibración utilizando la válvula, regular la presión y temperatura del gas muestreado utilizando el controlador de presión y temperatura, eliminar el vapor de agua del gas muestreado utilizando el secador, y transportar el gas desde el secador a un dispositivo de medición configurado para determinar una característica de un gas de efecto invernadero presente en el gas muestreado.
- En algunas realizaciones, cualquiera de los aspectos anteriores puede incluir una o más de las siguientes características. En algunas realizaciones, el primer puerto está situado al menos a 80 metros del suelo. En algunas realizaciones, el segundo puerto está situado en la misma posición que el primer puerto. En algunas realizaciones, el segundo puerto está separado del primer puerto por al menos 20 metros.
- En algunas realizaciones, el paso de enrutamiento incluye determinar la presión y la temperatura de al menos una de la primera muestra y la segunda muestra, transmitir la presión y la temperatura determinadas al dispositivo informático, aplicar un agente de secado a al menos una de la primera muestra y la segunda muestra, y pasar al menos una de la primera muestra y la segunda muestra al dispositivo de medición. En algunas realizaciones, el agente de secado absorbe el vapor de agua de al menos una de la primera muestra y la segunda muestra.
- En algunas realizaciones, los datos se obtienen de un dispositivo de medición utilizando espectroscopia láser de cavidad anular descendente para determinar la característica del gas de efecto invernadero en al menos una de la primera muestra y la segunda muestra. En algunas realizaciones, los datos asociados con la característica determinada del gas de efecto invernadero incluyen un valor numérico correspondiente a una cantidad de gas de efecto invernadero, datos de condiciones atmosféricas asociados con la ubicación del primer puerto y del segundo puerto, y datos de marca de tiempo.
- En algunas realizaciones, el dispositivo de medición recibe un horario, y el dispositivo de medición recibe al menos una de la primera muestra y la segunda muestra basándose en el horario. En algunas realizaciones, un dispositivo de visualización acoplado al dispositivo informático muestra los datos asociados con la característica determinada del gas de efecto invernadero.
- En algunas realizaciones, el dispositivo de calibración recibe una primera cantidad de gas de efecto invernadero de una bomba acoplada al dispositivo de calibración, pasa la primera cantidad de gas de efecto invernadero al dispositivo de medición y calibra un instrumento de medición en el dispositivo de medición utilizado para medir el gas de efecto invernadero basándose en la primera cantidad de gas de efecto invernadero. En algunas realizaciones, el dispositivo de calibración está configurado para recibir una primera cantidad de gas de efecto invernadero de una bomba acoplada al dispositivo de calibración, pasar la primera cantidad de gas de efecto invernadero al dispositivo de medición, y calibrar un instrumento de medición en el dispositivo de medición utilizado para medir gas de efecto invernadero basándose en la primera cantidad de gas de efecto invernadero.
- En algunas realizaciones, el módulo de muestreo está configurado para medir la presión del gas muestreado, y transmitir el valor de presión medido al dispositivo de medición. En algunas realizaciones, un controlador de muestreo acoplado a la válvula está configurado para ordenar a la válvula que tome muestras de gas de una o más bombas o de uno o más tanques de calibración. En algunas realizaciones, el controlador de muestreo ordena a la válvula tomar muestras de gas de una o más bombas y de uno o más tanques de calibración en una secuencia predeterminada.
- En algunas realizaciones, las entradas están acopladas a los puertos a través de un tubo. En algunas realizaciones, el gas atmosférico recibido por la una o más entradas es aire. En algunas realizaciones, al menos uno de los uno o más tanques de calibración contiene un gas utilizado para poner a cero el dispositivo de calibración. En algunas realizaciones, la válvula se acopla además a una entrada auxiliar configurada para acceder a una fuente de gas adicional. En algunas realizaciones, el dispositivo de muestreo está configurado para recibir datos de control de calidad del dispositivo de calibración, y ajustar el muestreo de gas basándose en los datos de control de calidad.
- En algunas realizaciones, el paso de determinación se basa en el modelado inverso de los datos agregados. En algunas realizaciones, los datos de las condiciones atmosféricas incluyen la velocidad del viento y la dirección del viento, el paso de agregación comprende además generar una cuadrícula geográfica que representa una cantidad probabilística del gas de efecto invernadero en la atmósfera y el movimiento del gas de efecto invernadero basado en los datos de las condiciones atmosféricas. En algunas realizaciones, el dispositivo informático del servidor recibe los valores de la cantidad del gas de efecto invernadero y los datos atmosféricos de las condiciones en tiempo real.
- En algunas realizaciones, el paso de determinación estima la ubicación de los disipadores de gases de efecto invernadero y las fuentes de gases de efecto invernadero. En algunas realizaciones, la ubicación estimada de los disipadores y las fuentes incluye un rango de incertidumbre. En algunas realizaciones, el paso de determinación se realiza sustancialmente en tiempo real.
- En algunas realizaciones, el dispositivo informático servidor agrega los valores de cantidad de gas de efecto invernadero y los datos de condiciones atmosféricas según la ubicación de los dispositivos de medición *in situ* y los instrumentos de observación meteorológica, y determina la fuente del gas de efecto invernadero basándose en el paso de agregación y los pasos de comparación.

Otros aspectos y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada, tomada en conjunción con los dibujos adjuntos, que ilustran los principios de la invención sólo a modo de ejemplo.

Breve descripción de los dibujos

5 Las ventajas de la invención descritas anteriormente, junto con otras ventajas adicionales, pueden comprenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada conjuntamente con los dibujos adjuntos. Los dibujos no están necesariamente a escala, sino que se hace hincapié en ilustrar los principios de la invención.

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques detallado de un módulo de bomba del sistema de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

10 La FIG. 3 es un diagrama de bloques detallado de una pluralidad de tanques de calibración del sistema de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

La FIG. 4 es un diagrama de bloques detallado del dispositivo de calibración del sistema de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

15 La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento para calibrar un dispositivo de medición de gases de efecto invernadero.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento para medir gases de efecto invernadero utilizando una red de nodos distribuidos geográficamente.

20 La FIG. 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar una fuente de gas de efecto invernadero utilizando datos obtenidos por una red de nodos distribuidos geográficamente.

La FIG. 9 es un diagrama de bloques de una red de nodos distribuidos geográficamente para medir gases de efecto invernadero en la atmósfera.

25 La FIG. 10 es un diagrama de cálculo de impactos en los elementos de superficie sobre las mediciones de gases de efecto invernadero por la red que es un paso en el informe de inversión generado por el sistema de medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera.

Descripción detallada

30 La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema 100 para medir gases de efecto invernadero en la atmósfera. El sistema 100 incluye puertos 102a y 102b, módulos de bomba de alto flujo 104a y 104b, tanques de calibración 106, dispositivo de calibración de gas de efecto invernadero 108, dispositivo de medición de gas de efecto invernadero 110, dispositivo de visualización 112, y módulo de bomba de bajo flujo 113. El sistema 100 está conectado a una red de comunicaciones 114.

35 Los puertos 102a y 102b se colocan en una ubicación externa, por ejemplo, en una torre en el exterior de un edificio u otra estructura que aloje los restantes componentes del sistema 100. Los puertos 102a y 102b muestrean gas atmosférico y dirigen el gas muestreado a módulos de bombeo (por ejemplo, 104a y 104b). Debe apreciarse que la cantidad de gas muestreado puede variar en función de los dispositivos utilizados para implementar el sistema 100. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el dispositivo de medición 110 muestrea un volumen predefinido de gas de acuerdo con el tamaño de una cavidad dentro del dispositivo 110. En función del dispositivo de medición concreto utilizado en el sistema 100, la cantidad de gas muestreado puede ser mayor o menor que en otro dispositivo de medición. Por ejemplo, algunos sistemas pueden requerir sólo una pequeña cantidad de gas muestreado mientras que otros sistemas pueden requerir una cantidad mayor.

40 Además, la cantidad de gas muestreado puede depender de la cantidad de tiempo en que el dispositivo de medición 110 muestrea el gas. Por ejemplo, el intervalo de muestreo en algunos dispositivos de medición 110 puede ser más largo que el intervalo de muestreo en otros dispositivos de medición. Cabe señalar que las técnicas de muestreo descritas en el presente documento no pretenden modificar la composición del ambiente del que se toma la muestra de gas. En su lugar, las técnicas de muestreo simplemente permiten la medición del gas muestreado.

45 Los puertos 102a y 102b están acoplados a los módulos de bomba 104a y 104b a través de un conducto (por ejemplo, tuberías, tubos) que permite que el gas muestreado llegue a los módulos de bomba 104a y 104b. El conducto se compone preferiblemente de un material que resiste la corrosión y otros efectos nocivos causados por la exposición a la atmósfera, y puede mantener su integridad estructural sin soporte adicional cuando se abarcan grandes distancias. En algunas realizaciones, el conducto puede ser un tubo flexible Synflex® 1300 de 3/8 pulgadas.

En algunas realizaciones, el puerto 102a está situado en la torre a una altura de al menos ochenta metros y el puerto 102b está situado en la torre a una altura de al menos veinte metros por debajo del puerto 102a. Una ventaja de situar el puerto 102a a una altura de al menos ochenta metros es la capacidad de tomar muestras de gases de efecto invernadero que se han emitido a la atmósfera a distancias mayores (por ejemplo, de fuentes de gas situadas lejos).

5 Por ejemplo, si el puerto 102a está situado demasiado cerca del suelo, el gas muestreado puede contener gas de efecto invernadero procedente de determinadas fuentes situadas a nivel del suelo (por ejemplo, vehículos) que pueden afectar a la medición y el análisis de las muestras. La diferencia de altura entre los puertos 102a y 102b permite al sistema 100 medir el gas de efecto invernadero a diferentes niveles de la atmósfera y también determinar la cantidad de gas de efecto invernadero que se mezcla entre los niveles de la atmósfera.

10 Debe apreciarse que el sistema 100 no está limitado a tener dos puertos 102a y 102b como se muestra en la FIG. 1, sino que puede usarse cualquier número de puertos y la ubicación de los puertos puede ajustarse sin apartarse del espíritu y alcance de la invención. En algunas realizaciones, el sistema 100 tiene dos puertos situados a la misma altura (por ejemplo, ochenta metros) para fines de control de calidad y/o redundancia. Además, en algunas realizaciones, la torre incluye otros equipos de medición y control, como un instrumento de observación meteorológica (no mostrado). Los datos recogidos por el instrumento de observación meteorológica (por ejemplo, velocidad del viento, presión y temperatura ambiente, humedad) pueden ser proporcionados y registrados por el sistema 100 para su uso como parte del análisis de gases de efecto invernadero.

20 El sistema 100 también incluye módulos de bomba de alto caudal 104a y 104b. La FIG. 2 es un diagrama de bloques detallado 200 de un módulo de bomba de alto caudal (por ejemplo, el módulo 104a) del sistema 100. El módulo de bomba de alto caudal 104a recibe gas atmosférico muestreado de los puertos 102a. El módulo de bomba 104a incluye un filtro 202 para eliminar cualquier partícula u otra sustancia no deseada del gas muestreado antes de que el gas se transmita al módulo 108 de calibración de gases de efecto invernadero. El módulo de bomba de alto caudal 104a también incluye válvulas de cierre 204a y 204b, cada una conectada a un puerto de matraz 206a y 206b, respectivamente. Las válvulas de cierre 204a y 204b, y los puertos de matraz 206a y 206b, proporcionan acceso auxiliar al módulo de bomba de alto caudal 104a para fines de mantenimiento y pruebas. Por ejemplo, un puerto de matraz 206a puede utilizarse para capturar una porción del gas muestreado para análisis externo u otro análisis comparativo.

30 El módulo de bomba de alto caudal 104a también incluye una bomba 208 oscilante lineal. La bomba 208 regula y controla el caudal del gas muestreado procedente del puerto 102a. El módulo de bomba 104a también incluye un respiradero 210 para liberar una porción del gas muestreado si se desea; el respiradero 210 opera para regular la presión del gas muestreado dentro del módulo de bomba 104a. En algunas realizaciones, los componentes 202, 204a-204b, 206a-206b, 208 y 210 del módulo de bomba 104a se acoplan juntos mediante un tubo flexible Synflex® 1300 de 1/4 de pulgada.

35 Como se muestra en la FIG. 1, el sistema 100 también incluye una pluralidad de tanques de calibración 106 acoplados al dispositivo de calibración de gases de efecto invernadero 108. La FIG. 3 es un diagrama de bloques detallado 300 de la pluralidad de tanques de calibración 106 del sistema 100. Los tanques de calibración 302, 304, 306, 308 contienen cantidades de gas utilizadas por el sistema 100 para calibrar los componentes que miden la cantidad de gas de efecto invernadero en las muestras obtenidas de la atmósfera. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el Tanque A 302 contiene dióxido de carbono (CO_2), el Tanque B 304 contiene metano (CH_4), el Tanque C 306 contiene monóxido de carbono (CO), y el Tanque D 308 contiene un gas cero (por ejemplo, Nitrógeno) que no tiene ninguno de los gases de efecto invernadero presentes para los que el sistema 100 está realizando pruebas actualmente. Mediante el uso de los tanques de calibración, el sistema 100 puede realizar análisis de calibración asociados con el dispositivo de medición 110.

45 Por ejemplo, para asegurar que el instrumento de medición en el dispositivo de medición 110 está proporcionando lecturas precisas, el dispositivo de calibración 108 puede recoger una cantidad de gas de uno o más de los tanques de calibración 302, 304, 306, 308 y transmitir el gas recogido al dispositivo de medición 110. El gas recogido debe contener una cantidad conocida del gas de efecto invernadero, por lo que la lectura proporcionada por el dispositivo de medición 110 para el gas recogido se puede comparar con el valor esperado para determinar si el dispositivo de medición 110 necesita ajuste o mantenimiento. El dispositivo de calibración 108 también puede utilizar los tanques de calibración para reajustar el dispositivo de medición 110 antes de realizar mediciones adicionales del gas muestreado de la atmósfera. En algunas realizaciones, el dispositivo de calibración 108 recibe una instrucción de un procesador local o dispositivo informático para reiniciar el dispositivo de medición 110.

50 Los tanques de calibración 302, 304, 306, 308 también incluyen manómetros, reguladores y válvulas de alivio para controlar y monitorizar el caudal del gas. Los tanques de calibración 302, 304, 306, 308 están acoplados cada uno al dispositivo de calibración de gas de efecto invernadero 108 a través de un conducto separado. En algunas realizaciones, los conductos entre los tanques de calibración y el dispositivo de calibración de gas de invernadero 108 están hechos de tubos de acero inoxidable de 1/16 de pulgada.

60 Como se muestra en la FIG. 1, el sistema 100 también incluye un dispositivo 108 de calibración de gas de invernadero. La FIG. 4 es un diagrama de bloques detallado 400 del dispositivo de calibración 108 utilizado por el sistema 100. El módulo de bomba de bajo flujo 113 (mostrado en la FIG. 1) opera para extraer el gas muestreado de los módulos de

bomba de alto flujo 104a y 104b a través del dispositivo de calibración de gas de invernadero 108 y del dispositivo de medición de gas de invernadero 110. El dispositivo de calibración 108 también recibe gas de calibración de la pluralidad de tanques de calibración 106. El dispositivo de calibración 108 incluye una entrada y un filtro de entrada correspondiente (por ejemplo, 402a-402f) para cada una de las fuentes de gas recibidas por el dispositivo 108. Los filtros de entrada 402a-402f eliminan sustancias no deseadas de los gases recibidos. Debe apreciarse que el dispositivo de calibración 108 puede incluir cualquier número de entradas y filtros de entrada. En algunas realizaciones, el dispositivo de calibración 108 incluye un filtro de entrada de repuesto (no mostrado) que no es utilizado por el sistema 100 durante la operación normal. El filtro de entrada de repuesto se puede utilizar para conectar una fuente de gas externa (por ejemplo, un tanque) con el fin de mantener o probar el dispositivo de calibración 108. Por ejemplo, un técnico puede conectar un tanque al dispositivo de calibración 108 para realizar procesos manuales o análisis al dar servicio al dispositivo.

El dispositivo de calibración 108 también incluye una válvula 404 que está acoplada a cada una de las entradas y filtros de entrada 402a-402f. La válvula 404 tiene un puerto individual para cada uno de los filtros de entrada 402a-402f correspondientes. La válvula 404 también está acoplada a un sensor de presión y a un controlador 406. La válvula 404 está configurada para muestrear gas, ya sea proveniente de las bombas que han muestreado aire o de los tanques de calibración, de al menos uno de los filtros de entrada 402a-402f y transmitir el gas al sensor de presión y controlador 406. La válvula 404 puede configurarse para dar pasos incrementales a través de revoluciones continuas, utilizando actuadores microeléctricos y/o universales. La válvula 404 puede seleccionar y aislar una corriente de gas recibida de uno de los filtros de entrada 402a-402f y transmitir la corriente seleccionada al sensor de presión 406. La válvula 404 puede dejar sin salida o atrapar los gases de los restantes filtros de entrada 402a-402f cuando no se seleccionan.

En algunas realizaciones, la válvula 404 está acoplada a un mecanismo de control (por ejemplo, un microprocesador) (no mostrado) que determina qué filtro(s) de entrada 402a-402f abrir para fines de muestreo. En algunas realizaciones, la válvula 404 es una válvula selectora Valco, disponible en Valco Instruments Co, Inc. La válvula 404 está acoplada a cada uno de los filtros de entrada 402a-402f y al sensor de presión y controlador 406 a través de conductos (por ejemplo, tubería de acero inoxidable de 1/16 de pulgada).

El dispositivo de calibración 108 también incluye un sensor de presión y controlador 406 (PSC) que recibe un flujo de gas de la válvula 404. El PSC 406 está acoplado a un secador de gas 408, y regula el nivel de presión del flujo de gas antes de que el gas se transmita al secador 408. El PSC 406 también mide la presión del flujo de gas recibido. El PSC 406 está acoplado a un convertidor analógico-digital (ADC) 410 y transmite el valor de presión medido al ADC 410. En algunas realizaciones, el PSC 406 se configura además para medir la temperatura del flujo de gas recibido y transmitir la temperatura al ADC 410.

El secador de gas 408 opera para aplicar un agente de secado al gas recibido del PSC 406 para preparar el gas para el dispositivo de medición 110. En algunas realizaciones, el secador de gas 408 utiliza tubos de Nafion® para reducir el contenido de humedad de la muestra de gas sin afectar a la cantidad de gas de efecto invernadero presente en la muestra que va a ser medida por el dispositivo de medición 110. El secado del gas atmosférico muestreado aumenta la precisión y fiabilidad de las mediciones de gases de efecto invernadero proporcionadas por el dispositivo de medición 110.

El dispositivo de calibración 108 también incluye un ADC 410. El ADC 410 recibe señales del PSC 406 que representan lecturas de presión del gas muestreado. El ADC convierte las señales en una forma digital, y transmite las señales digitales a una red de comunicaciones (por ejemplo, la red 114 de la FIG. 1). En algunas realizaciones, el ADC 410 está acoplado al dispositivo de medición 110 a través de la red 114. Esto permite que el dispositivo de medición 110 registre las lecturas de presión junto con el análisis del dispositivo de la muestra de gas atmosférico.

Volviendo a la FIG. 1, el sistema 100 también incluye un dispositivo 110 de medición de gases de efecto invernadero. El dispositivo de medición 110 recibe gas muestreado del dispositivo de calibración 108 y mide la cantidad de gas de efecto invernadero presente en la muestra. En algunas realizaciones, el dispositivo de medición 110 utiliza una técnica de espectroscopia láser de cavidad anular descendente para determinar la concentración de gas de efecto invernadero. Debe apreciarse que pueden utilizarse otras técnicas de medición para determinar la concentración de gas de efecto invernadero sin apartarse del espíritu o alcance de la invención.

El dispositivo de medición 110 incluye un ordenador interno (por ejemplo, procesador, dispositivo informático) que ejecuta software para gestionar el instrumento de medición (por ejemplo, sensor láser) que mide el gas, y para capturar y procesar las mediciones y la información relacionada. El ordenador interno incluye capacidades de red estándar (por ejemplo, Ethernet, módem PSTN) para permitir que el dispositivo de medición 110 se comunique con servicios informáticos remotos (por ejemplo, un servidor central) y otros dispositivos de medición distribuidos en un área geográfica. El dispositivo de medición 110 puede utilizar la conexión de red para recibir y transmitir datos a fuentes externas (por ejemplo, almacenamiento basado en la nube, base de datos centralizada). En algunas realizaciones, el dispositivo de medición 110 puede utilizar información de horario de un dispositivo informático local. En algunas realizaciones, el dispositivo de medición 110 puede recibir información de horario de un dispositivo informático servidor central. Basándose en la información de horario, el dispositivo de medición 110 puede realizar mediciones en fechas y horas específicas o en respuesta a una instrucción de horario específico. En algunas realizaciones, la información de horario se transmite desde un dispositivo informático de servidor central 110 en tiempo real.

En algunas realizaciones, la información de horario incluye calendarios de calibración que instruyen al dispositivo de medición 110 para llevar a cabo una rutina de calibración. Los programas de calibración pueden ser elegidos en intervalos de tiempo aleatorios, o con periodos de descanso de, por ejemplo, cuarenta y ocho horas. La información de horario también puede incluir un calendario de muestreo que comprende un período de tiempo rodante durante el cual se toman regularmente muestras de gas atmosférico de los puertos externos 102a y 102b. La información de horario también puede incluir subrutinas para su uso con los calendarios de calibración y muestreo (por ejemplo, selección del puerto externo, ajuste de la válvula, duración del muestreo, ajustes de presión).

En otro ejemplo, donde múltiples dispositivos de medición comprenden una red distribuida de monitorización de gases de efecto invernadero, el dispositivo de medición 110 puede compartir sus resultados de medición con otros dispositivos de medición para realizar una intra-calibración entre dispositivos. En otro ejemplo, el dispositivo de medición 110 puede transmitir información de diagnóstico (por ejemplo, alertas de error, comprobaciones de estado) a un dispositivo informático servidor central para que se pueda proporcionar el mantenimiento adecuado. En algunas realizaciones, el mantenimiento se puede proporcionar de forma remota sin necesidad de visitar manualmente el sitio donde se encuentra el sistema 100. El dispositivo de medición 110 también está acoplado a un dispositivo informático local (no mostrado) y a un dispositivo de visualización 112 (por ejemplo, un monitor) que presenta los resultados de la medición a un usuario. En algunas realizaciones, la información de medición se comparte entre los dispositivos de medición en tiempo real.

La FIG. 5 es un diagrama de flujo de un procedimiento 500 para medir gases de efecto invernadero en la atmósfera utilizando el sistema 100. El dispositivo de calibración 108 recibe (502) una primera muestra de gas atmosférico desde un primer puerto 102a expuesto a la atmósfera terrestre. El dispositivo de calibración 108 enruta (506) la primera muestra y la segunda muestra a un dispositivo de medición 110 para el análisis de gases de efecto invernadero. El dispositivo de medición 110 determina (508) una característica de un gas de efecto invernadero presente en al menos una de la primera muestra y la segunda muestra. El dispositivo de medición 110 transmite (510) datos asociados con la característica determinada del gas de efecto invernadero a un dispositivo informático (por ejemplo, un ordenador interno o un ordenador externo). El sistema 100 puede configurarse para medir cualquier número de gases presentes en la atmósfera terrestre, incluidos, entre otros, el dióxido de carbono (CO_2), el metano (CH_4) y el monóxido de carbono (CO).

En algunas realizaciones, al realizar una medición del gas atmosférico, el dispositivo de medición 110 genera un paquete de datos con un número de diferentes características y/o parámetros. Algunas de las características incluyen, pero no se limitan a, la concentración de gas de efecto invernadero en la muestra (húmeda vs. seca), la concentración de vapor de agua (H_2O) en la muestra, la posición de la válvula 404 en el dispositivo de calibración 108 (por ejemplo, el puerto del que se tomó la muestra), la temperatura (por ejemplo, $^{\circ}\text{C}$) dentro del dispositivo de calibración 108, la presión dentro de la cavidad utilizada para la espectroscopia láser, la temperatura dentro de la cavidad, la corriente del láser, y la marca de tiempo de una medición. Estas características pueden ser registradas por el ordenador interno del dispositivo de medición 110 y usadas para propósitos de control de calidad y para asegurar que el dispositivo de medición 110 está operando apropiadamente.

La FIG. 6 es un diagrama de flujo de un procedimiento 600 para calibrar un dispositivo de medición de gases de efecto invernadero (por ejemplo, el dispositivo de medición 110 de la FIG. 1). Un dispositivo de calibración (por ejemplo, dispositivo de calibración 108) recibe (602) una primera cantidad de gas de efecto invernadero de una bomba (por ejemplo, bomba 208 de la FIG. 2) acoplada al dispositivo de calibración 108. Por ejemplo, el dispositivo de calibración 108 puede configurarse para muestrear gas de uno de los tanques de calibración 302, 304, 306, 308 a través de la válvula 404. El dispositivo de calibración 108 pasa (604) la primera cantidad de gas muestreado al dispositivo de medición 110 (por ejemplo, a través del PSC 406 y el secador 408). El dispositivo de medición 110 determina (606) una característica de un gas de efecto invernadero presente en la primera cantidad de gas de efecto invernadero. En algunas realizaciones, la característica incluye una concentración del gas de efecto invernadero, una propiedad de identificación del gas de efecto invernadero u otros tipos de características. El dispositivo de medición 110 transmite (608) la característica a un dispositivo informático servidor (por ejemplo, a través de la red 114). El dispositivo informático servidor calibra (610) los datos de medición de gas de efecto invernadero recibidos del dispositivo de medición 110 aplicando una corrección a los datos de medición basados en la característica.

Una vez que el sistema 100 ha llevado a cabo mediciones de gases de efecto invernadero del gas atmosférico y ha registrado los datos asociados, el sistema 100 transmite los datos a un dispositivo informático servidor a través de la red de comunicación 114 para su posterior análisis y elaboración de informes para determinar las fuentes potenciales del gas de efecto invernadero. La FIG. 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento 700 para medir gases de efecto invernadero utilizando una red de nodos geográficamente distribuidos, donde cada nodo incluye el sistema 100. La FIG. 8 es un diagrama de flujo de un procedimiento 800 para determinar una fuente de gas de efecto invernadero utilizando datos obtenidos por la red de nodos distribuidos geográficamente. La FIG. 9 es un diagrama de bloques de una red 900 de nodos geográficamente distribuidos usando el sistema 100. La red 900 incluye un dispositivo informático servidor 910 configurado para comunicarse a través de una red de comunicaciones 920 con una pluralidad de nodos 930a-930d, donde un sistema 100, incluyendo los componentes representados en la FIG. 1, se encuentra en cada nodo 930a-930d.

Un dispositivo informático servidor 910 recibe (702), de dos o más dispositivos de medición *in situ* (por ejemplo, el dispositivo de medición 110 en los nodos 930a-930d), un valor que representa la cantidad de gas de efecto invernadero contenido en una muestra de gas atmosférico recogida en la ubicación de los dos o más dispositivos de medición *in situ*. El dispositivo informático servidor 910 recibe (704), de dos o más instrumentos de observación meteorológica situados en o cerca de la ubicación de los dos o más dispositivos de medición *in situ*, datos de las condiciones atmosféricas. En algunas realizaciones, como se describió anteriormente, los instrumentos de observación meteorológica son equipos de condiciones atmosféricas (por ejemplo, Estación Meteorológica de Earth Networks, Inc.) ubicados en la torre que también contiene los puertos 102a y 102b en la FIG. 1. Los instrumentos de observación meteorológica recogen información sobre las condiciones meteorológicas actuales en la ubicación de cada nodo 930a-930d y transmiten la información al dispositivo informático servidor 910 junto con el gas atmosférico muestreado.

El dispositivo informático de servidor 910 compara (706) los valores de cantidad de gas de efecto invernadero recibidos de los dos o más dispositivos de medición *in situ* para determinar similitudes y diferencias entre los respectivos valores de cantidad de gas de efecto invernadero. El dispositivo informático de servidor 910 compara (708) los datos de condiciones atmosféricas recibidos de los dos o más instrumentos de observación meteorológica para determinar similitudes y diferencias entre los respectivos datos de condiciones atmosféricas.

El dispositivo informático central 910 agrega (802) los valores de cantidad de gases de efecto invernadero y los datos de condiciones atmosféricas según la ubicación de los dispositivos de medición *in situ* y los instrumentos de observación meteorológica. El dispositivo informático central 910 (804) determina la fuente del gas de efecto invernadero basándose en el paso de agregación y los pasos de comparación.

Una técnica utilizada para determinar la fuente del gas de efecto invernadero es el modelado inverso, donde se mide la cantidad de gas de efecto invernadero emitido y la cantidad de gas de efecto invernadero absorbido. Como parte del análisis de modelado inverso, el dispositivo informático de servidor 910 puede estimar la ubicación de los disipadores de gases de efecto invernadero (por ejemplo, áreas o entidades que absorben gases de efecto invernadero) y las fuentes de gases de efecto invernadero (por ejemplo, áreas o entidades que emiten gases de efecto invernadero) en un área geográfica. Una vez que el dispositivo informático servidor 910 ha recopilado las lecturas de gases de efecto invernadero y los datos de las condiciones atmosféricas de cada uno de los nodos distribuidos 930a-930d, el dispositivo informático servidor 910 puede determinar de dónde proceden las paquetes de aire muestreados por cada uno de los nodos. El análisis también puede incluir la aplicación de una función de probabilidad a las cantidades detectadas de gases de efecto invernadero para tener en cuenta los cambios en las condiciones atmosféricas, tales como turbulencia, mezcla entre capas de la atmósfera, cambios de viento, y similares.

En algunas realizaciones, los modelos inversos a escala regional consideran un dominio tridimensional que rodea un área de interés en la red de observación. Una observación medida en una torre del dominio tridimensional difiere de un valor medio de fondo, debido a las contribuciones de las emisiones o captaciones que tienen lugar en la superficie dentro del área de interés, y de los paquetes de aire que transportan gases trazadores a través de los límites laterales y superiores del dominio. Los cambios insignificantes en la proporción de mezcla de los gases trazadores pueden tener lugar en la atmósfera debido a reacciones químicas, y pueden omitirse como relativamente pequeños. El flujo dentro del dominio y a través de los límites depende de las condiciones atmosféricas, y el flujo puede estimarse a partir de observaciones meteorológicas, de un modelo numérico o de una combinación de ambos. La modelización inversa determina la contribución debida a las emisiones o captaciones de gases trazadores dentro del área de interés y cuantifica esas emisiones y captaciones distribuidas geográficamente con algunas incertidumbres.

La FIG. 10 es un diagrama de una matriz calculada de impactos superficiales 1000 basada en las mediciones de gases de efecto invernadero por la red que es un paso en el informe de inversión generado por el sistema 100 para la medición de gases de efecto invernadero en la atmósfera. La matriz calculada 1000 incluye una cuadrícula geográfica 1010 con círculos que representan la ubicación de los nodos 930a-930d de la red 900 mostrada en la FIG. 9, y las flechas representan la velocidad (por ejemplo, una flecha más larga significa mayor velocidad) y la dirección del flujo de aire en la atmósfera, según lo registrado por los instrumentos de observación meteorológica de la red 900. Como se muestra en la FIG. 10, el flujo de aire viaja en dirección sureste desde la esquina superior izquierda de la cuadrícula, y la velocidad disminuye de norte a sur. Los números en cursiva al lado de cada nodo en la FIG. 10 representan la concentración de gas de efecto invernadero detectada por el nodo individual, en una escala de 0-10 siendo 10 la más alta. Aunque cada sector de la rejilla 1010 representada en la FIG. 10 no incluye un nodo, se debe apreciar que el dispositivo informático servidor 910 en algunas realizaciones puede estimar una concentración de gas de efecto invernadero en esos sectores basándose en los datos recibidos de los nodos existentes. Mientras que la cuadrícula 1010 de la FIG. 10 se representa en dos dimensiones, el flujo que transporta paquetes de aire que contienen gases de efecto invernadero puede presentarse en una, dos o tres dimensiones. Además, cuando se presenta en tres dimensiones, el flujo puede separarse de la superficie, donde se encuentran las fuentes y disipadores de gases de efecto invernadero, y en esos momentos las proporciones de mezcla de gases de efecto invernadero dentro del flujo no se ven afectadas por las fuentes y disipadores, sino que se transportan horizontalmente y pueden difundirse verticalmente. En algunas realizaciones, los impactos calculados de las fuentes y disipadores superficiales en las mediciones de gases de efecto invernadero por la red se almacenan como matrices en un dispositivo informático servidor central.

Basándose en la matriz calculada 1000 y las mediciones en la red, se puede determinar que la contribución de las fuentes de gases de efecto invernadero es mayor en la esquina superior izquierda de la cuadrícula geográfica 1010 y que las contribuciones de las porciones restantes de la cuadrícula 1010 son menores. Además, los vientos se registran o simulan para todas las celdas de la cuadrícula. A la luz de esta información, el dispositivo informático servidor 910 (o alternativamente, un usuario que analice la matriz calculada) puede determinar cuándo los paquetes que transportan el gas de efecto invernadero originado en una celda de cuadrícula dada viajan desde el área geográfica de esta celda de cuadrícula a cualquiera de los dispositivos de medición de gas de efecto invernadero de la red.

En algunas realizaciones, la cuadrícula 1010 puede combinarse con información prealmacenada sobre el área geográfica, incluida la ubicación de fuentes o disipadores conocidos de gases de efecto invernadero. Por ejemplo, una fábrica conocida por emitir una gran cantidad de gases de efecto invernadero podría estar situada justo al noroeste de la esquina superior izquierda de la cuadrícula. El dispositivo informático servidor 910 puede aumentar la cuadrícula con esta información y determinar que la fábrica es una fuente potencial o probable del gas de efecto invernadero detectado por los nodos. Las agencias locales o estatales pueden tomar las medidas apropiadas para regular las emisiones producidas por la fábrica o imponer sanciones al propietario de la fábrica. En algunas realizaciones, la ubicación de los disipadores y fuentes de gases de efecto invernadero puede determinarse junto con un rango de incertidumbre.

En otro ejemplo, la matriz calculada 1000 muestra que entre el centro y la parte inferior de la porción izquierda de la cuadrícula 1010, la contribución de gases de efecto invernadero de fuentes y captaciones disminuye significativamente (por ejemplo, de siete a dos), y cuando los paquetes procedentes de esta área se mezclan con paquetes previamente enriquecidos con gases de efecto invernadero, mientras que están sobre la esquina superior izquierda, la medición de gases de efecto invernadero resultante en la ubicación dos cambia sólo moderadamente. Se puede realizar un análisis más detallado con respecto a la zona geográfica situada entre esos dos nodos para determinar las magnitudes de las posibles fuentes o disipadores de gases de efecto invernadero situados allí en función de los aumentos o disminuciones de las mediciones de gases de efecto invernadero dentro de la red. Las magnitudes determinadas de fuentes y disipadores en la zona y las incertidumbres asociadas al cálculo se proporcionan como un informe de inversión.

Las técnicas descritas anteriormente pueden implementarse en circuitos electrónicos digitales y/o analógicos, o en hardware, firmware, software, o en combinaciones de los mismos. La implementación puede ser como un producto de programa de ordenador, es decir, un programa de ordenador tangiblemente incorporado en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina, para su ejecución por, o para controlar el funcionamiento de, un aparato de procesamiento de datos, por ejemplo, un procesador programable, un ordenador, y/o múltiples ordenadores. Un programa de ordenador puede estar escrito en cualquier forma de lenguaje informático o de programación, incluyendo código fuente, código compilado, código interpretado y/o código de máquina, y el programa de ordenador puede desplegarse en cualquier forma, incluyendo como un programa independiente o como una subrutina, elemento u otra unidad adecuada para su uso en un entorno informático. Un programa de ordenador puede ser desplegado para ser ejecutado en un ordenador o en múltiples ordenadores en uno o más sitios.

Los pasos del procedimiento pueden ser realizados por uno o más procesadores que ejecutan un programa de ordenador para realizar funciones de la invención operando sobre datos de entrada y/o generando datos de salida. Los pasos del procedimiento también pueden ser realizados por, y un aparato puede ser implementado como, circuitos lógicos de propósito especial, por ejemplo, un FPGA (field programmable gate array o matriz de puertas programable en campo), un FPAA (field-programmable analog array o matriz analógica programable en campo), un CPLD (complex programmable logic device o dispositivo lógico programable complejo), un PSoC (Programmable System-on-Chip o Sistema en chip programable), ASIP (application-specific instruction-set processor o procesador del conjunto de instrucciones específico de la aplicación), o un ASIC (application-specific integrated circuit o circuito integrado de aplicación específica), o similares. Las subrutinas pueden referirse a partes del programa de ordenador almacenado y/o del procesador, y/o los circuitos especiales que implementan una o más funciones.

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa de ordenador incluyen, a modo de ejemplo, tanto microprocesadores de propósito general como especial, y uno o más procesadores de cualquier tipo de ordenador digital o analógico. Generalmente, un procesador recibe instrucciones y datos de una memoria de sólo lectura, de una memoria de acceso aleatorio o de ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y/o datos. Los dispositivos de memoria, como una caché, pueden utilizarse para almacenar datos temporalmente. Los dispositivos de memoria también pueden utilizarse para almacenar datos a largo plazo. Generalmente, un ordenador también incluye, o está operativamente acoplado para recibir datos desde o transferir datos a, o ambos, uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos, por ejemplo, discos magnéticos, magneto-ópticos u ópticos. Un ordenador también puede estar acoplado operativamente a una red de comunicaciones para recibir instrucciones y/o datos de la red y/o transferir instrucciones y/o datos a la red. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador adecuados para incorporar instrucciones y datos de programas de ordenador incluyen todas las formas de memoria volátil y no volátil, incluyendo, a modo de ejemplo, dispositivos de memoria semiconductores, por ejemplo, DRAM, SRAM, EPROM, EEPROM y dispositivos de memoria flash; discos magnéticos, por ejemplo, discos duros internos o discos extraíbles; discos magneto-ópticos; y discos ópticos, por ejemplo, CD, DVD, HD-DVD y discos Blu-ray. El procesador y la memoria pueden complementarse y/o incorporarse en circuitos lógicos de propósito especial.

- Para proporcionar la interacción con un usuario, las técnicas descritas anteriormente pueden implementarse en un ordenador en comunicación con un dispositivo de visualización, por ejemplo, un monitor CRT (tubo de rayos catódicos), plasma o LCD (pantalla de cristal líquido), para mostrar información al usuario y un teclado y un dispositivo señalador, por ejemplo, un ratón, un trackball, un touchpad o un sensor de movimiento, mediante el cual el usuario puede proporcionar información al ordenador (por ejemplo, interactuar con un elemento de interfaz de usuario). También se pueden utilizar otros tipos de dispositivos para proporcionar interacción con un usuario; por ejemplo, la retroalimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de retroalimentación sensorial, por ejemplo, retroalimentación visual, retroalimentación auditiva o retroalimentación táctil; y la entrada del usuario se puede recibir de cualquier forma, incluyendo entrada acústica, de voz y/o táctil.
- Las técnicas descritas anteriormente pueden implementarse en un sistema informático distribuido que incluye un componente de soporte. El componente de soporte puede, por ejemplo, ser un servidor de datos, un componente middleware, y/o un servidor de aplicaciones. Las técnicas descritas anteriormente pueden implementarse en un sistema informático distribuido que incluye un componente delantero. El componente delantero puede ser, por ejemplo, un ordenador cliente que tenga una interfaz gráfica de usuario, un navegador web a través del cual un usuario pueda interactuar con una implementación de ejemplo, y/u otras interfaces gráficas de usuario para un dispositivo transmisor. Las técnicas descritas anteriormente pueden implementarse en un sistema informático distribuido que incluya cualquier combinación de dichos componentes de soporte, middleware o delantero.
- Los componentes del sistema informático pueden interconectarse mediante un medio de transmisión, que puede incluir cualquier forma o medio de comunicación de datos digital o analógico (por ejemplo, una red de comunicación). El medio de transmisión puede incluir una o más redes basadas en paquetes y/o una o más redes basadas en circuitos en cualquier configuración. Las redes basadas en paquetes pueden incluir, por ejemplo, Internet, una red portadora de protocolo de Internet (IP) (por ejemplo, red de área local (LAN), red de área amplia (WAN), red de área de campus (CAN), red de área metropolitana (MAN), red de área doméstica (HAN)), una red IP privada, una centralita privada IP (IPBX), una red inalámbrica (por ejemplo, red de acceso por radio (RAN), Bluetooth, Wi-Fi, WiMAX, red de servicio general de radio por paquetes (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 centralita privada heredada (PBX), una red inalámbrica (por ejemplo, RAN, red de acceso múltiple por división de código (CDMA), red de acceso múltiple por división de tiempo (TDMA), red del sistema global de comunicaciones móviles (GSM)), y/u otras redes basadas en circuitos.
- La transferencia de información sobre el medio de transmisión puede basarse en uno o más protocolos de comunicación. Los protocolos de comunicación pueden incluir, por ejemplo, protocolo Ethernet, Protocolo de Internet (IP), Voz sobre IP (VOIP), un protocolo Peer-to-Peer (P2P) (entre iguales), Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP), Protocolo de Iniciación de Sesión (SIP), H.323, Protocolo de Control de Pasarela de Medios (MGCP), Sistema de Señalización #7 (SS7), un protocolo de Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM), un protocolo Push-to-Talk (PTT) (pulsar para hablar), un protocolo PTT sobre Celular (POC), y/u otros protocolos de comunicación.
- Los dispositivos del sistema informático pueden incluir, por ejemplo, un ordenador, un ordenador con un dispositivo de navegador, un teléfono, un teléfono IP, un dispositivo móvil (por ejemplo, teléfono celular, dispositivo de asistente digital personal (PDA), ordenador portátil, dispositivo de correo electrónico), y/u otros dispositivos de comunicación. El dispositivo navegador incluye, por ejemplo, un ordenador (por ejemplo, ordenador de sobremesa, ordenador portátil) con un navegador World Wide Web (por ejemplo, Microsoft® Internet Explorer® disponible en Microsoft Corporation, Mozilla® Firefox disponible en Mozilla Corporation). Los dispositivos informáticos móviles incluyen, por ejemplo, una Blackberry®. Los teléfonos IP incluyen, por ejemplo, un Cisco® Unified IP Phone 7985G disponible en Cisco Systems, Inc, y/o un Cisco® Unified Wireless Phone 7920 disponible en Cisco Systems, Inc.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para medir gases de efecto invernadero, el procedimiento comprende:
 recibir, en un dispositivo de calibración (108), una primera muestra de gas atmosférico desde un primer puerto (102a) expuesto a la atmósfera terrestre;
- 5 recibir, en el dispositivo de calibración (108), una segunda muestra de gas atmosférico desde un segundo puerto (102b) expuesto a la atmósfera terrestre;
- enrutar, por parte del dispositivo de calibración, la primera muestra y la segunda muestra a un dispositivo de medición (110) para el análisis de los gases de efecto invernadero;
- 10 determinar, mediante el dispositivo de medición (110), una característica de un gas de efecto invernadero presente en al menos una de la primera muestra y la segunda muestra; y
- transmitir, por parte del dispositivo de medición (110), datos asociados con la característica determinada del gas de efecto invernadero a un dispositivo informático servidor;
- 15 en el que el procedimiento de medición de gases de efecto invernadero utiliza una red distribuida de monitoreo de gases de efecto invernadero que comprende una pluralidad de dispositivos de medición (110) y dispositivos de calibración (108) respectivos; y
- cada dispositivo de medición (110) comparte sus resultados con otros dispositivos de medición (110) para realizar la intracalibración entre dispositivos, caracterizado por:
- 20 determinar, mediante el dispositivo informático servidor, una fuente del gas de efecto invernadero agregando los datos asociados a las características determinadas del gas de efecto invernadero recibidos de cada uno de los dispositivos de medición y los datos de las condiciones atmosféricas recibidos de los instrumentos de observación meteorológica situados en la ubicación de cada uno de los dispositivos de medición o cerca de ella.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el segundo puerto (102b) está situado en la misma posición que el primer puerto (102a).
- 25 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el segundo puerto (102b) está separado del primer puerto (102a) al menos 20 metros.
4. El procedimiento de la reivindicación 1, el paso de enrutamiento comprende, además:
 determinar la presión atmosférica y la temperatura de al menos una de la primera muestra y la segunda muestra;
 transmitir la presión atmosférica y la temperatura determinadas al dispositivo informático;
 aplicar un agente de secado a al menos una de la primera muestra y la segunda muestra; y
- 30 pasar al menos una de la primera muestra y la segunda muestra al dispositivo de medición.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que el agente de secado absorbe el vapor de agua de la al menos una de la primera muestra y la segunda muestra.
- 35 6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de medición (110) utiliza espectroscopia láser de anillo descendente de cavidad para determinar la característica del gas de efecto invernadero en la al menos una de la primera muestra y la segunda muestra.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los datos asociados con la característica determinada del gas de efecto invernadero incluyen un valor numérico correspondiente a una cantidad de gas de efecto invernadero, datos de condiciones atmosféricas asociados con la ubicación del primer puerto y el segundo puerto, y datos de marca de tiempo.
- 40 8. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende, además:
 recibir, por parte del dispositivo de medición (110), un horario; y
 recibir, por parte del dispositivo de medición (110), al menos una de la primera muestra y la segunda muestra basándose en el horario.
9. El procedimiento de la reivindicación 1 que comprende, además:
- 45 recibir, en el dispositivo de calibración (108), una primera cantidad de gas de efecto invernadero de una bomba (208) acoplada al dispositivo de calibración;

pasar, a través del dispositivo de calibración (108), la primera cantidad de gas de efecto invernadero al dispositivo de medición (110); y

determinar, mediante el dispositivo de medición (110), una característica de un gas de efecto invernadero presente en la primera cantidad de gas de efecto invernadero;

5 transmitir, mediante el dispositivo de medición, la característica al dispositivo informático; y

calibrar, mediante el dispositivo informático, la característica aplicando una corrección a la característica.

10. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el dispositivo informático servidor realiza un modelado inverso al determinar la fuente del gas de efecto invernadero.

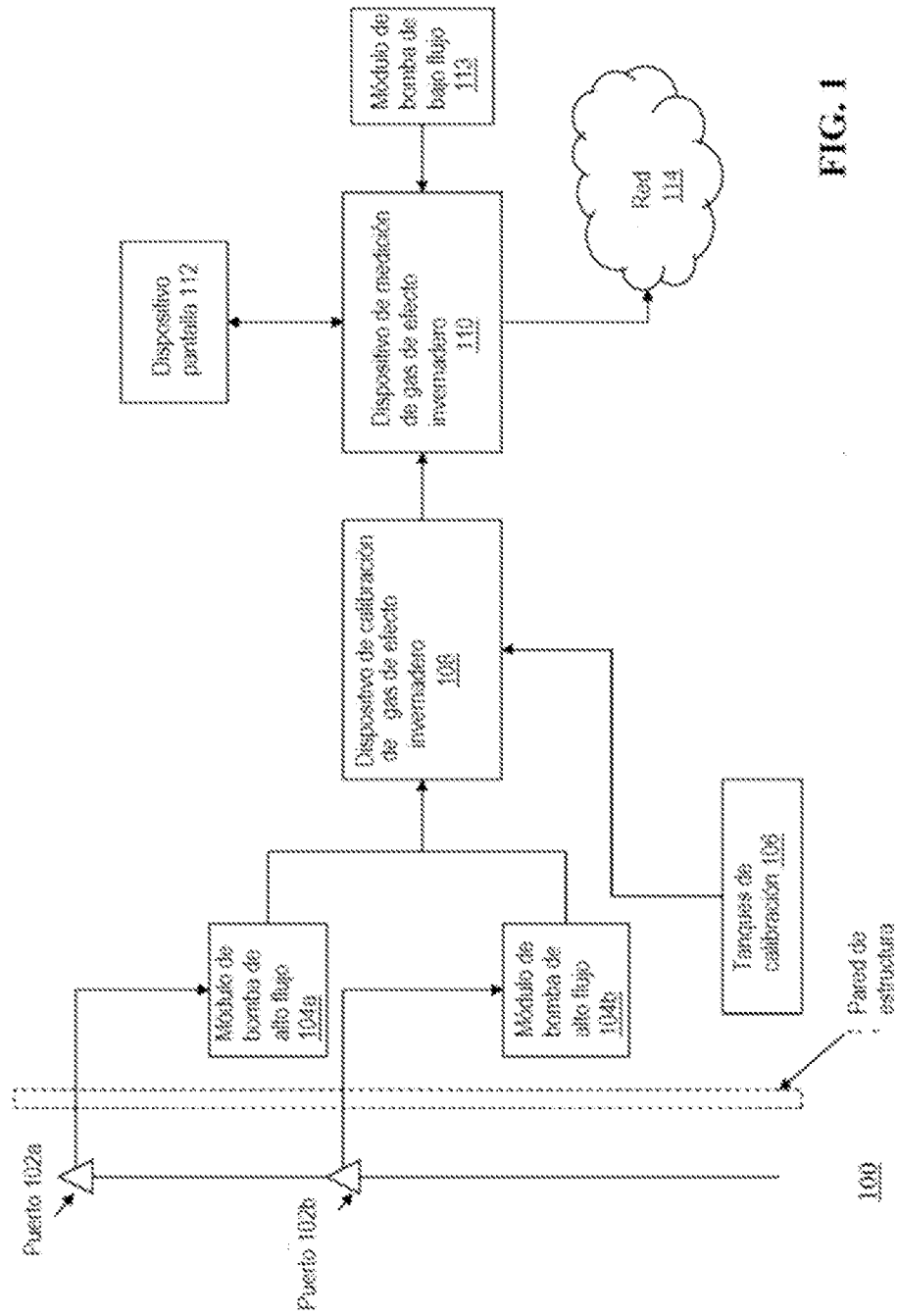


FIG. 1

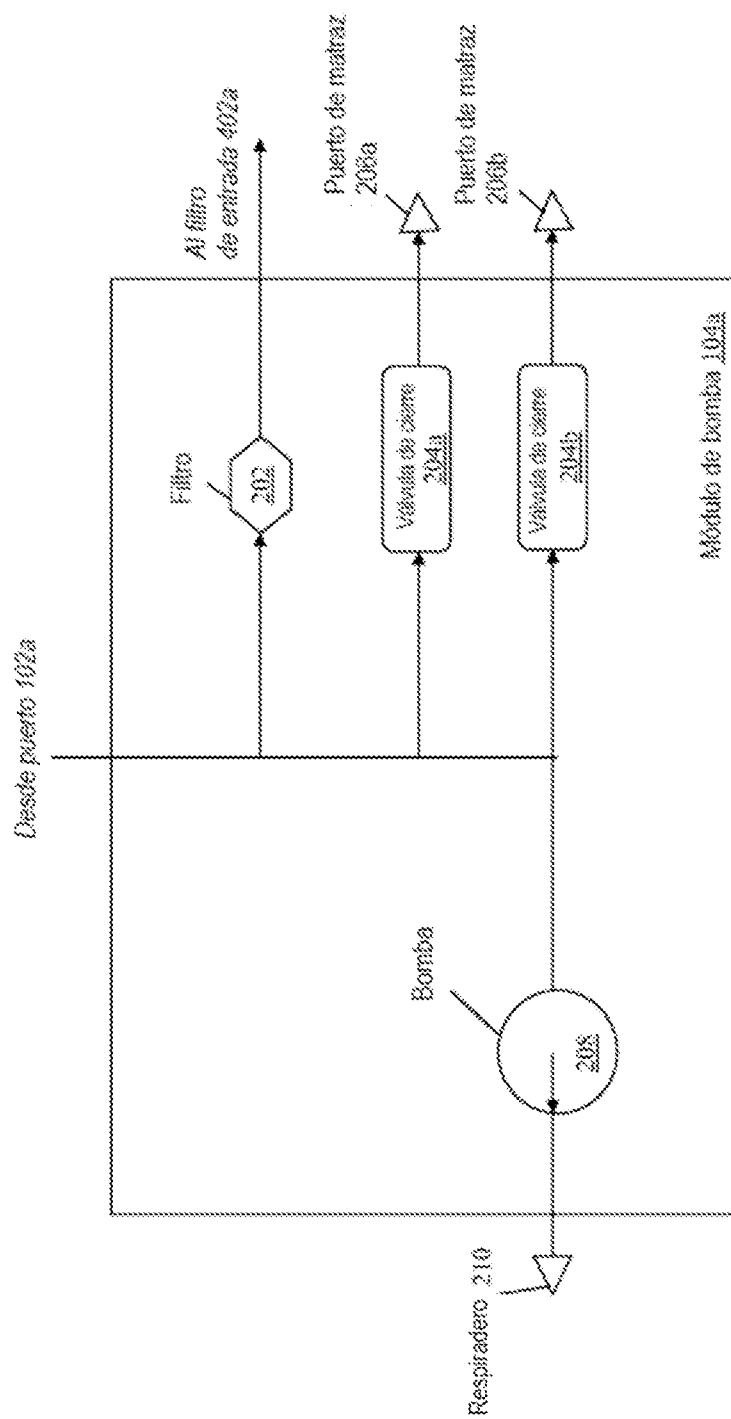


FIG. 2

200

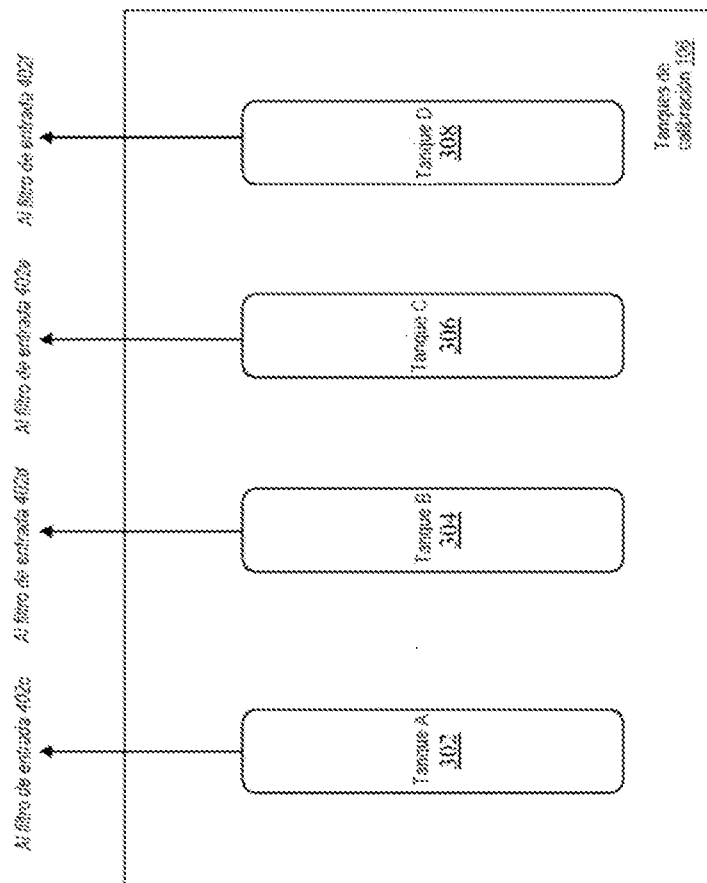


FIG. 3

300

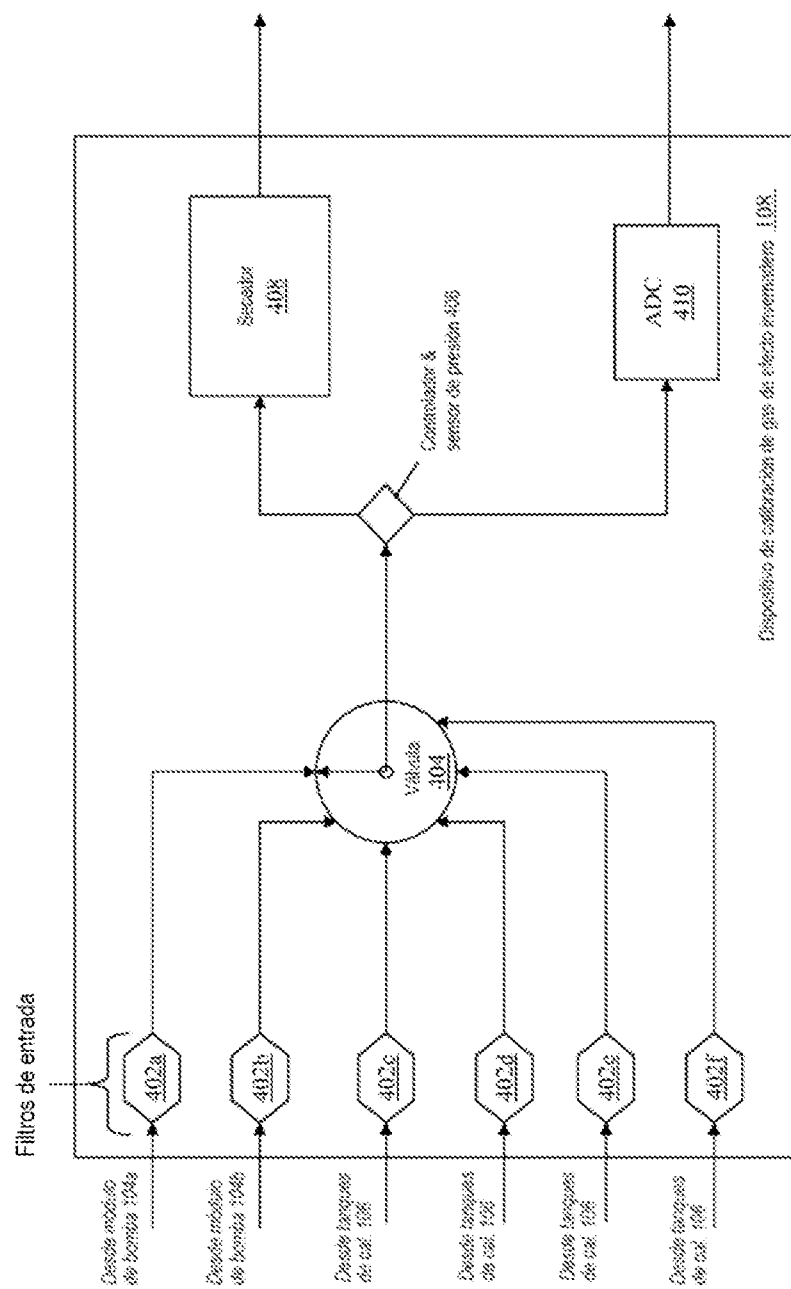
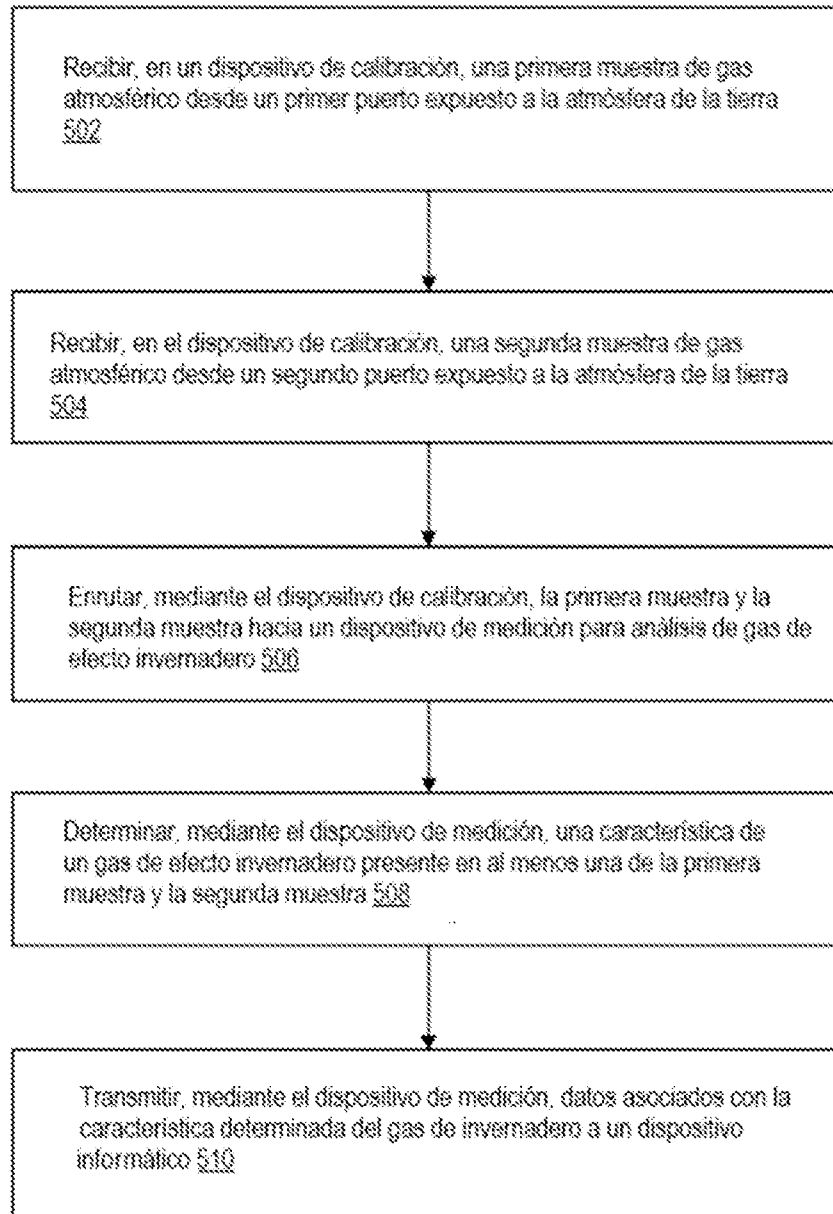


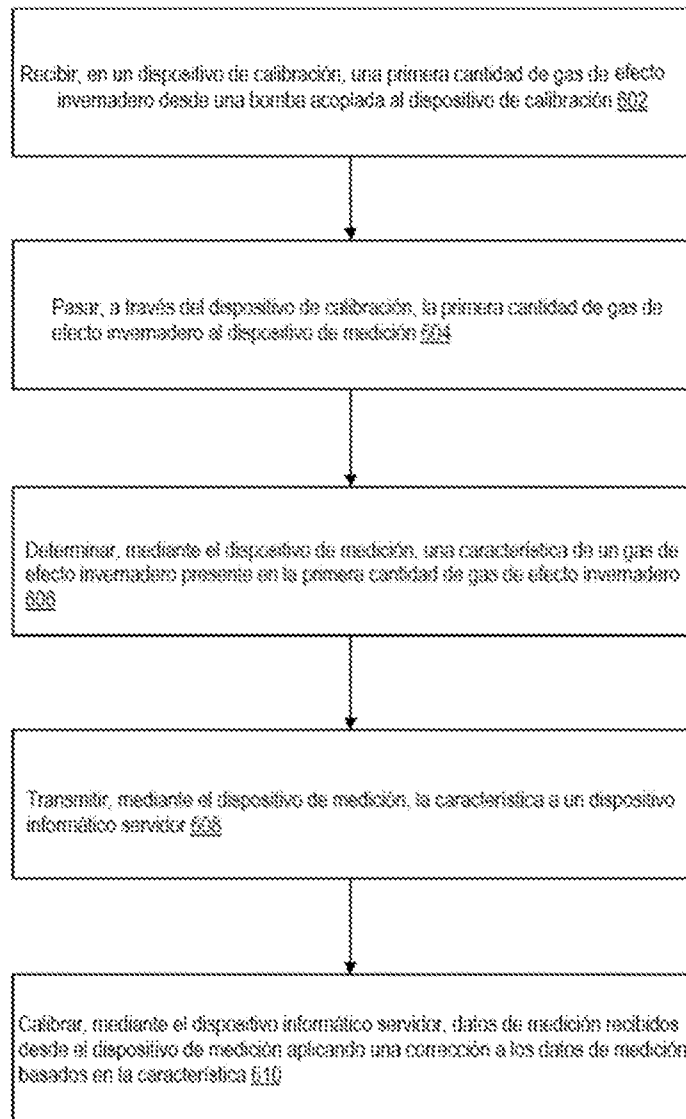
FIG. 4

400



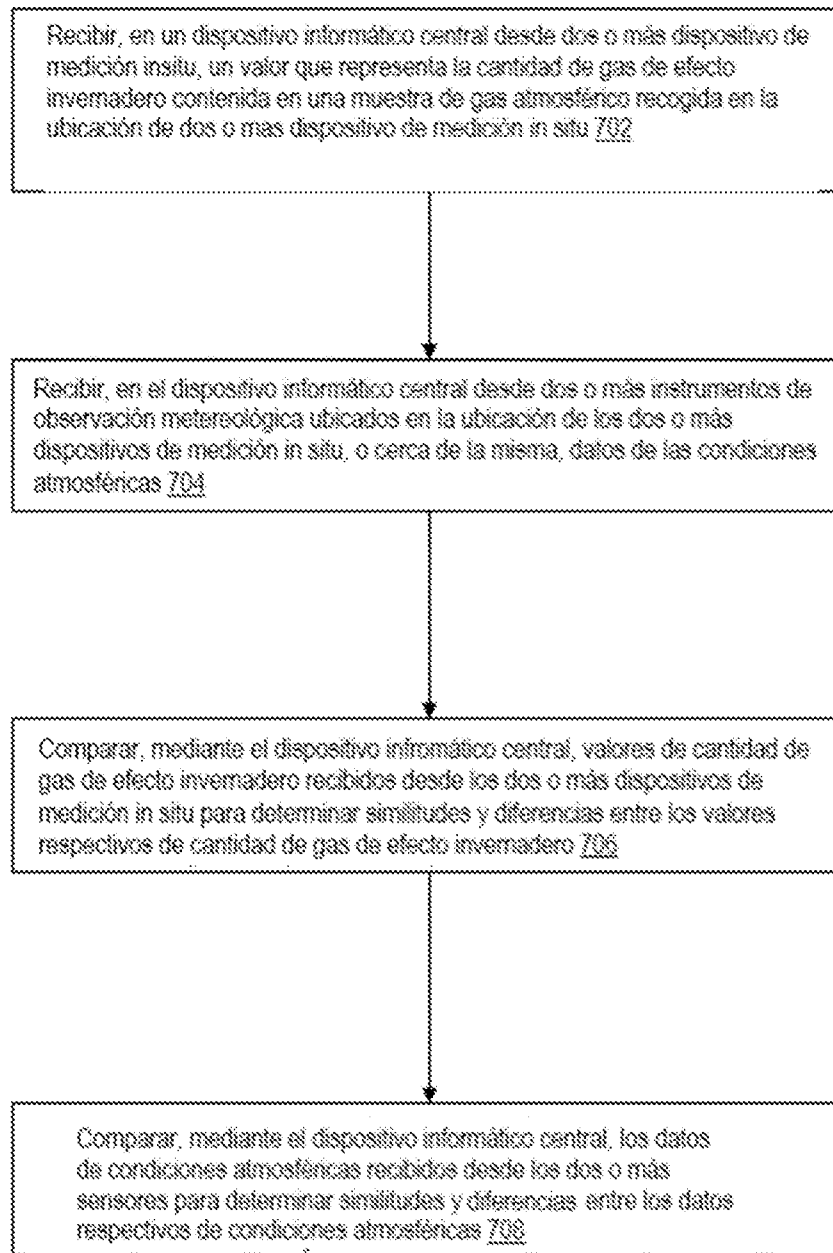
500

FIG. 5



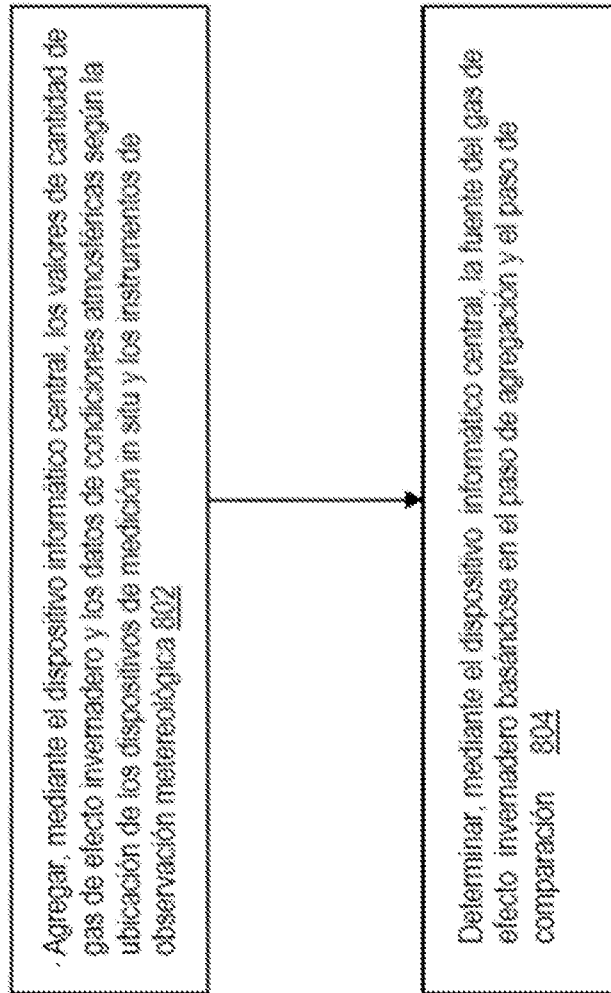
600

FIG. 6



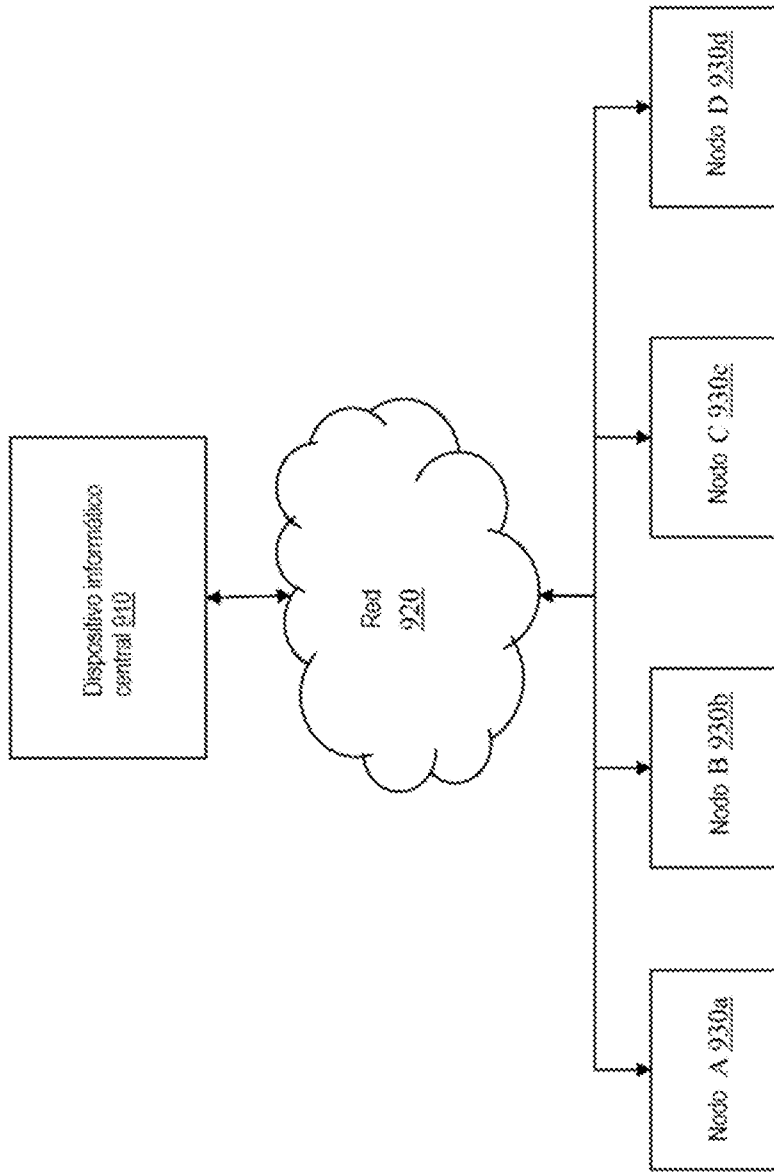
700

FIG. 7



800

FIG. 8



900

FIG. 9

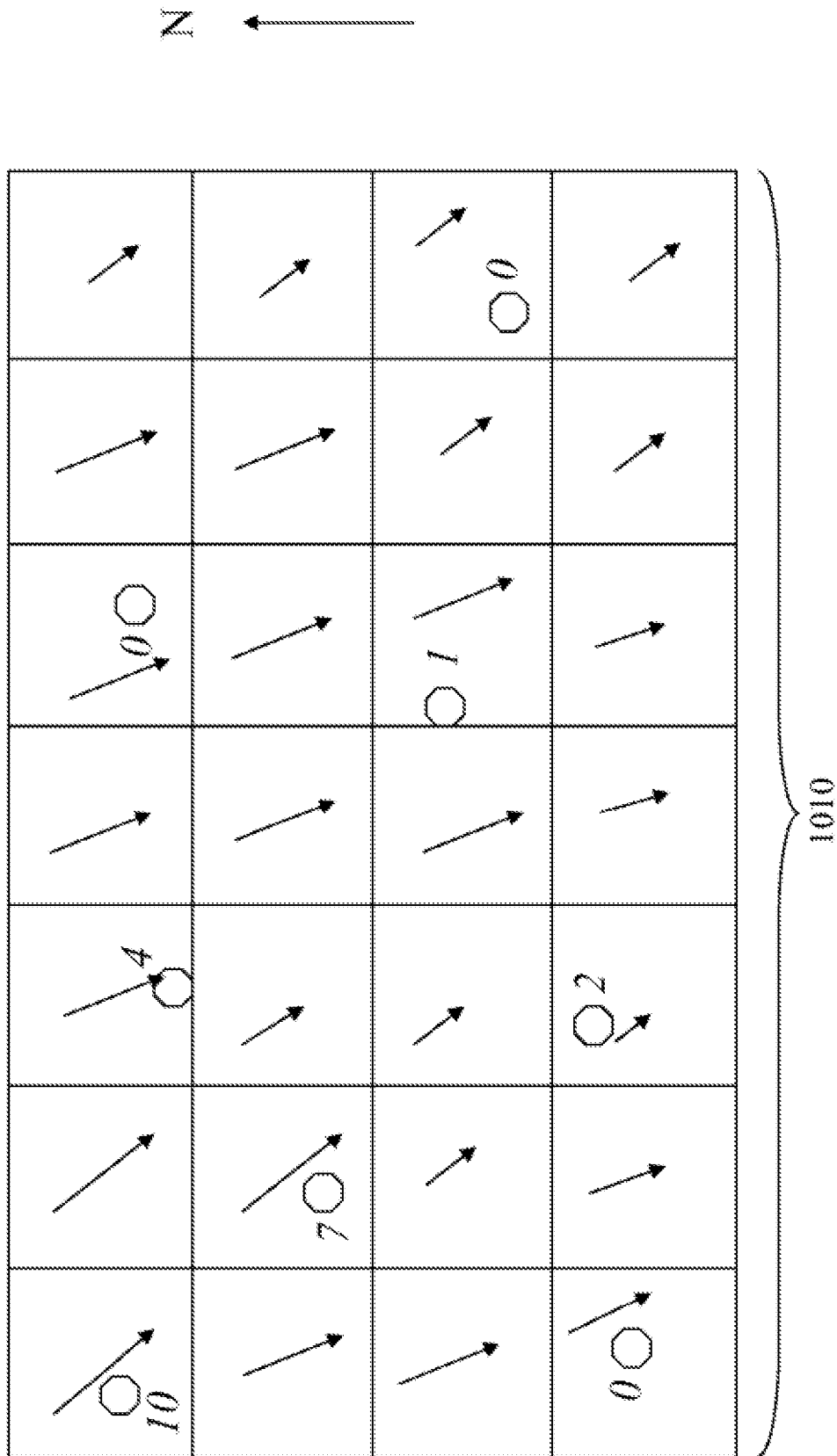


FIG. 10