

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 942**

51 Int. Cl.:

H04W 84/18

(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2011** **E 11189417 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017** **EP 2595448**

54 Título: **Procedimiento y sistema para selección de sensor espacio-temporal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
05.07.2017

73 Titular/es:

AGT INTERNATIONAL GMBH (100.0%)
Lintheschergasse 7
8001 Zurich, CH

72 Inventor/es:

STROHBACH, MARTIN;
CHANDRA-SEKARAN, ASHOK-KUMAR y
HUBER, MARCO

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 621 942 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

Procedimiento y sistema para selección de sensor espacio-temporal

Campo técnico

La presente invención se refiere en general a procesamiento electrónico de datos, y más particularmente, se refiere a procedimientos, productos de programa informático y sistemas para selección de sensor.

Antecedentes

En más y más aplicaciones, los datos de sensor del “mundo real” se usan por ejemplo, para funciones analíticas y cuestiones de sensibilización situacional. La selección de sensor en redes inalámbricas o en escenarios de detección participativa con nodos de sensores móviles a menudo está asociada con desafíos al seleccionar un subconjunto de nodos de sensores pertinentes en un tiempo específico para ahorrar energía y ancho de banda de comunicación. En detección participativa el problema de la selección de sensor puede ser similar al de las redes de sensores inalámbricos en general. Adicionalmente, la detección participativa puede considerar la movilidad humana, que no es directamente controlable.

Algunos enfoques para selección temporal usan modelos de predicción en los que un valor de sensor se envía únicamente si se desvía del valor predicho más de un umbral dado. Otros enfoques establecen frecuencias de muestreo de nodos para ahorrar energía estableciendo frecuencias de muestreo fijas (ciclos de trabajo) en todos los nodos de sensores desplegados y coordinando los nodos para minimizar el retardo de una detección de evento. Para selección espacial, pueden seleccionarse nodos de sensores para cubrir una región de interés en una estructura de cuadrícula. Otros enfoques seleccionan nodos de sensores tanto espacial como temporalmente basándose en modelos estadísticos acerca de un fenómeno observado.

Una cuestión en los enfoques anteriormente mencionados es que seleccionar un mínimo subconjunto de nodos para cubrir la totalidad de la región de despliegue y únicamente cambiar este subconjunto después de un periodo de tiempo predefinido para evitar el agotamiento de energía no cambia de escala bien con nodos móviles ya que el subconjunto de cobertura mínimo cambia constantemente. Además, la selección basada en cobertura no es práctica para sensores y aplicaciones en los que un alcance de cobertura natural para el sensor no puede especificarse (por ejemplo, mediciones precisas de contaminantes del aire).

Un problema de la selección especial orientada a cobertura es que es difícil de aplicar a sensores para los que un área de cobertura no se proporciona de manera natural. Por ejemplo un sensor de dióxido de carbono proporciona una medición puntual con un radio de cobertura cero. Establecer un radio de cobertura adicional introduciría por lo tanto incertidumbre adicional que es contraproducente para reconstruir con precisión el fenómeno observado.

MAHAWATHTHA M.D.W.S Y COL: “Location aware queries for sensor network”, septiembre de 2011, describe un esquema de planificación de múltiples sensores eficaz en energía adaptativo para rastreo colaborativo de objetivos en redes de sensores inalámbricos. Calcula el intervalo de muestreo óptimo para satisfacer una especificación en la precisión de rastreo predicha, selecciona el agrupamiento de sensores de tareas de acuerdo con su probabilidad de detección conjunta, y designa uno de los sensores de tareas como el agrupamiento principal para actualización de estimación y planificación de sensor de acuerdo con una función de medida de energía de agrupamiento principal (CHEM).

JING ZHOU Y COL: “FloodNet: Coupling Adaptive Sampling with Energy Aware Routing in a Flood Warning System”, febrero de 2007, describe una red de sensores inalámbricos empleada en un sistema de aviso de inundación, en el que el muestreo adaptativo está basado en un modelo predictor de inundación que determina para cada localización de validación el requisito para transmisión de datos (importancia de datos). La importancia de datos de una localización de validación se usa a su vez mediante el sistema para establecer la velocidad de informe de los sensores incluidos en el mismo.

Existe por lo tanto una necesidad para mejorar la selección espacial y temporal de nodos de sensores.

Sumario

Esta necesidad se refleja en obtener datos desde un amplio conjunto de nodos de sensores en los que un subconjunto significativo de nodos son los inalámbricos y móviles de manera autónoma, que implica que es difícil controlar de manera fiable su posición. Ejemplos son sensores fijados a personas o coches. De manera ideal una aplicación sería probable que reconstruyera un fenómeno continuo real observado por los sensores tan preciso como sea posible. Sin embargo, por naturaleza los sensores proporcionan muestreos de datos discretos espacio-temporales. El fenómeno observado necesita a continuación reconstruirse basándose en tales datos de sensor muestreados discretos. Es por lo tanto deseable tener una resolución espacio-temporal alta de datos de sensores pero al mismo tiempo tener una solución escalable para manejar grandes números de nodos de sensores con esfuerzo computacional apropiado.

Este problema se resuelve mediante los aspectos de la presente invención de acuerdo con las reivindicaciones independientes 1, 10 y 11.

Las realizaciones de la invención permiten aplicaciones, que requieren la entrada de datos de sensor, seleccionar un subconjunto pertinente de nodos de sensores tanto en espacio como en tiempo y mantener aún una reconstrucción precisa del fenómeno observado. El enfoque incluye dividir una región de interés en una cuadrícula de células para las que pueden especificarse frecuencias de muestreo de célula. La cuadrícula puede ser adaptable y permitir una estructura de cuadrícula irregular. La solución permite rastrear de manera eficaz nodos móviles en la cuadrícula y seleccionar únicamente un subconjunto de nodos que proporciona de manera colectiva una frecuencia de muestreo de la célula específica requerida por la aplicación. La selección puede tener en cuenta diversas restricciones, tales como, por ejemplo, el presupuesto de energía de los nodos de sensores. Por ejemplo, las redes de sensores inalámbricos típicamente operan con baterías que no pueden ser sustituidas demasiado a menudo. Por lo tanto, el presupuesto de energía de nodos de sensores en tales redes de sensores puede imponer restricciones en la tasa de muestreo y comunicación de los nodos de sensores. En este contexto un problema es hallar el equilibrio correcto entre precisión y consumo de energía. Además los despliegues a gran escala, por ejemplo, en toda la ciudad, pueden generar demasiados datos, que puede hacer difícil procesar los datos de una manera oportuna. Es por lo tanto beneficioso reducir los datos sin comprometer la precisión requerida. Una aplicación puede imponer una restricción de número de sensores que requiere un mínimo de un cierto número de sensores o un cierto porcentaje de nodos de sensores disponibles para participar en una tarea de detección. Finalmente, otra restricción puede ser el ancho de banda real que puede usarse para enviar mediciones de sensor.

Otras restricciones se describen en la descripción detallada de las diversas realizaciones de la invención.

En un aspecto de la invención un procedimiento implementado por ordenador incluye: dividir un área bidimensional en células, en la que las células están dispuestas en una cuadrícula; recibir un activador de selección para un subconjunto de células de la cuadrícula, en el que al menos una célula del subconjunto tiene al menos un sensor y la al menos una célula tiene una frecuencia de muestreo de célula asociada; determinar un conjunto de restricciones para el al menos un sensor; seleccionar el al menos un sensor si el al menos un sensor cumple con el conjunto de restricciones; y calcular una frecuencia de muestreo del al menos un sensor dependiendo de la frecuencia de muestreo de la célula de la al menos una célula de manera que el al menos un sensor se ordena que proporcione datos de medición de conformidad con la respectiva frecuencia de muestreo de la célula y en conjunto la célula proporciona datos a la frecuencia de muestreo de la célula requerida.

Otros aspectos de la invención son un producto de programa informático que puede ejecutar el procedimiento anterior cuando se ejecuta en un sistema informático y el propio sistema informático que está configurado para ejecutar el programa informático para ejecutar el procedimiento.

Por ejemplo, un sistema informático de acuerdo con una realización de la invención puede incluir un componente de gestión de cuadrícula, que está configurado para dividir un área bidimensional en células y para asociar al menos una célula de la cuadrícula con una frecuencia de muestreo de la célula. Un componente de selección de sensor del sistema informático puede estar configurado para determinar un conjunto de restricciones para al menos un sensor en el que el al menos un sensor está asignado a la al menos una célula. El componente de selección de sensor está configurado adicionalmente para seleccionar el al menos un sensor en respuesta a un activador de selección si el al menos un sensor cumple con el conjunto de restricciones. Además, un componente de procesamiento de datos está configurado para lanzar el activador de selección si se cumplen condiciones de activación y para calcular una frecuencia de muestreo para el al menos un sensor dependiendo de la frecuencia de muestreo de la célula de la al menos una célula de manera que el al menos un sensor se ordena que proporcione datos de medición de conformidad con la respectiva frecuencia de muestreo de la célula y en conjunto la célula proporciona datos a la frecuencia de muestreo de la célula requerida.

Las realizaciones de la invención soportan escenarios móviles. La selección de sensor espacio-temporal está basada en la estructura de cuadrícula y frecuencias de muestreo de célula asociadas con las células. Puede usarse, por ejemplo, para extender el tiempo de vida de la batería de los nodos de sensores. Un activador de selección para volver a hacer selección de nodos de sensores puede tener lugar cuando un nodo de sensor móvil se mueve en o fuera de una célula de la cuadrícula, cuando la estructura de cuadrícula cambia o cuando se cambian frecuencias de muestreo de célula asociadas, por ejemplo, mediante una aplicación que está solicitando una tarea de detección para recopilar datos de medición para un fenómeno dado. Una frecuencia de muestreo de la célula como se usa en el presente documento es la frecuencia a la que la aplicación requiere que la respectiva célula de cuadrícula proporcione los respectivos datos de medición. Es decir, indica un número de eventos de datos de medición en un intervalo de tiempo dado. El intervalo de tiempo entre dos eventos de datos de medición consecutivos es recíproco a la frecuencia de muestreo de la célula.

Dentro de una célula, los nodos de sensores pueden seleccionarse temporalmente basándose en una frecuencia de muestreo de célula asociada con la célula. Si no se especifica la frecuencia, los nodos pueden elegir de manera autónoma o cooperativa cuándo se envían las mediciones. Durante la selección temporal de un subconjunto de nodos pueden seleccionarse basándose en la información de contexto como restricciones, tales como, por ejemplo, el presupuesto de energía restante del sensor, su movilidad, propiedades de comunicación de la red, una restricción

en el número de sensores seleccionados o restricciones espaciales adicionales.

Otras realizaciones ventajosas de se exponen en las reivindicaciones dependientes. Por ejemplo, el número de células y sus tamaños pueden adaptarse durante el tiempo para obtener una mejor resolución espacial.

Los aspectos anteriores de la invención combinan la selección espacial y temporal de una manera, que no se basa en modelos acerca del fenómeno observado. Además, son muy adecuados para nodos de sensores móviles. Usar los enfoques conocidos para resolver el problema anterior conduciría a un uso extensivo de modelos de predicción para tanto el dominio temporal como espacial de selección de sensor. Por ejemplo, tratar la movilidad usaría modelos de predicción acerca de las trayectorias de los nodos de sensores. Sin embargo, puede ser poco realista obtener modelos de movimiento precisos. Además, el uso de modelos de predicción es computacionalmente caro. Las realizaciones de la invención reivindicadas son computacionalmente menos caras que los enfoques basados en modelo conocidos a partir de la técnica anterior.

Las realizaciones de la invención pueden usarse para cualquier aplicación en la que sea poco práctico o ineficaz recuperar datos de sensor de todos los nodos de sensores en todo momento aunque la aplicación prefiera obtener todas las mediciones. En particular esto puede ser útil en escenarios de aplicación de detección participativos/ambientales en los que grandes números de personas se les proporcionan nodos de sensores móviles para obtener datos ambientales tales como contaminantes del aire y otros datos. Pero puede extenderse también a cualquier otra aplicación de red de sensores, tales como exploración cooperativa para una red de sensores móviles autónomos. Los sensores móviles autónomos a menudo se denominan robots. Otros ejemplos para aplicaciones de red de sensores son monitorización del hábitat y monitorización de salud estructural.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un sistema informático simplificado de acuerdo con una realización de la invención que interactúa con redes de sensores;
la Figura 2 es un ejemplo de una estructura de mapeo de acuerdo con una realización de la invención;
la Figura 3 muestra un ejemplo de una posible configuración de cuadrícula de acuerdo con una realización de la invención;
la Figura 4 es un diagrama de flujo simplificado de un procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con una realización de la invención;
la Figura 5 es un diagrama de flujo simplificado de una realización del procedimiento implementado por ordenador para manejar restricciones de energía;
la Figura 6 es un diagrama de flujo simplificado de una realización del procedimiento implementado por ordenador para manejar restricciones espaciales;
las Figuras 7 y 8 ilustran la adaptación dinámica de una cuadrícula irregular de acuerdo con una realización de la invención,
la Figura 9 muestra el sistema informático simplificado de la Figura 1 durante la inicialización.

Descripción detallada

La Figura 1 es un sistema 1000 informático simplificado de acuerdo con una realización de la invención. El sistema 1000 informático puede incluir un componente 1001 de gestión de cuadrícula, un componente 1002 de interfaz, un componente 1003 de selección de sensor y un componente de procesamiento de datos. Componentes adicionales pueden ser un componente 1005 de gestión de nodo y un componente 1006 de Sistema de Información Global (GIS) extendido. Los diversos componentes del sistema 1000 informático pueden comunicar mediante una infraestructura 1100 de comunicación, tal como un bus de sistema o pueden comunicar también directamente entre sí a través de interfaces apropiadas. La comunicación a dispositivos o componentes fuera del sistema 1000 se hace ventajosamente a través del componente 1002 de interfaz, que está configurado para gestionar datos entrantes y proporciona una interfaz para acceder a los datos.

Los datos entrantes pueden almacenarse en una base de datos, tal como almacenamiento triple, que es una base de datos construida específicamente para el almacenamiento y recuperación de metadatos de Marco de Descripción de Recursos (RDF) y que es por lo tanto apropiada para datos semánticos persistentes. Los datos entrantes pueden almacenarse también en una base de datos. Las bases de datos NoSQL pertenecen a una amplia clase de sistemas de gestión de bases de datos que se diferencian del modelo clásico del sistema de gestión de base de datos relacional (RDBMS). Estos almacenamientos de datos pueden no requerir esquemas de tabla fija, normalmente evitan operaciones de unión y típicamente cambian de escala de manera horizontal.

Sin embargo, los datos entrantes no necesitan almacenarse necesariamente. Por ejemplo, los datos de eventos pueden procesarse directamente mediante un motor de procesamiento de eventos complejo, que puede ser parte del componente 1004 de procesamiento de datos. En realizaciones alternativas, cada componente del sistema puede implementar su propia interfaz externa y comunicar directamente con dispositivos o componentes externos.

El sistema 1000 informático está configurado para usar y controlar redes de sensores para recopilar datos de sensor, por ejemplo, para soportar ciertas mediciones. Por ejemplo, fenómenos de medición de interés pueden ser la concentración de dióxido de carbono en áreas urbanas, materia particulado, humedad o radiación ultra-violeta.

Pueden usarse sensores correspondientes para recopilar los respectivos datos de medición. Es decir, un fenómeno de medición corresponde a datos de medición físicos específicos. Los sensores pueden proporcionar también datos físicos adicionales como velocidad o distancia para describir fenómenos de medición lógicos o indirectos tales como densidad de tráfico o comportamiento de las masas.

En la Figura 1 se muestran tres redes de sensores. La primera red de sensores incluye los sensores S1 a S4. La segunda red de sensores tiene los sensores S5 a S7 y la tercera red de sensores incluye los sensores S8 y S9. Una segunda red se define como una colección de al menos un nodo de sensor y tiene al menos una pasarela. En el ejemplo, la primera, segunda y tercera redes de sensores tienen las pasarelas S2, S5 y S9, respectivamente. Una pasarela puede comunicar con cada sensor de la respectiva red de sensores, directa o indirectamente mediante otros nodos de sensores de la red de sensores. Es posible también que un sensor pertenezca a múltiples redes de sensores y pueda entonces comunicar con múltiples pasarelas. Una pasarela no necesita ser un sensor por sí misma sino que puede ser simplemente un nodo usado para fines de comunicación. Una pasarela puede usar normas de comunicación inalámbrica, tales como por ejemplo, ZigBee, IEEE 802.15.4 o 6lowPAN. Las pasarelas son interfaces de comunicación también usadas para establecer comunicación entre el sistema 1000 informático, por ejemplo a través del componente 1002 de interfaz, y la respectiva red de sensores. Una pasarela puede ser un nodo de sensor inalámbrico usado para comunicación, un PC, un teléfono móvil o cualquier otra pieza especializada de hardware, que es apropiada para encaminar la comunicación entre el sistema informático y la red de sensores. Los nodos de sensores S1 a S9 de las redes de sensores pueden ser dispositivos que contienen al menos un sensor físico y que están acoplados de manera comunicativa con al menos una pasarela. El acoplamiento puede establecerse usando normas de comunicación inalámbrica (por ejemplo, WLAN, Bluetooth, etc.), normas de comunicación alámbrica (por ejemplo, LAN, Ethernet) o a través de integración física con la propia pasarela usando un tipo de una comunicación de bus interno. Un nodo de sensor puede determinar su posición, por ejemplo, a través de un sensor de sistema de posicionamiento global (GPS), y puede enviar sus valores de medición con información de localización precisa a la respectiva pasarela.

El componente 1001 de gestión de cuadrícula gestiona una cuadrícula 2000 virtual, que incluye una pluralidad de células 2001 a 2005. Las células pueden ser de diferente tamaño dando como resultado una estructura de cuadrícula irregular. Por ejemplo, la célula 2003 es más pequeña que la célula 2002, que de nuevo es más pequeña que la célula 2002. Toda la cuadrícula 2000 corresponde a un área bidimensional. Un sistema de información geográfica (GIS) puede estar acoplado al componente 1001 de gestión de cuadrícula para proporcionar información geográfica tal como modelos espaciales, como por ejemplo, mapas bidimensionales del área que está cubierta por las redes de sensores. En otras palabras, el componente de gestión de cuadrícula puede dividir un área bidimensional en células 2001 a 2005 de la cuadrícula 2000. Un ejemplo simplificado de una cuadrícula irregular en combinación con información de mapa de calles a partir de un sistema de GIS se muestra en la Figura 3. En este ejemplo, las células de cuadrícula que cubren un área de calles son más pequeñas que las células de cuadrícula que cubren un área de parque, que está localizada cerca de la calle. Por lo tanto, se consigue una segmentación virtual del área cubierta por las redes de sensores. De esta manera, una célula de cuadrícula puede cubrir partes de una red de sensores (por ejemplo, la célula 2003) o múltiples redes de sensores (por ejemplo, la célula 2004). Por otra parte una red de sensores puede abarcar múltiples células. En el caso en el que la estructura de cuadrícula cambie con el tiempo, el componente de gestión de cuadrícula puede lanzar un evento de actualización de estructura de cuadrícula para notificar al sistema 1000 del cambio.

El componente de gestión de cuadrícula puede almacenar adicionalmente las asignaciones de frecuencia de muestreo de la célula para las células de la cuadrícula 2000. Por ejemplo, en la Figura 1 cada célula 2001 a 2005 tiene una frecuencia de muestreo de la célula CSF1 a CSF5 asociada con la respectiva célula. Las frecuencias de muestreo de célula pueden usarse en mediciones específicas para gestionar las velocidades a las que se proporcionan los datos de sensor que se originan en las respectivas células. Por ejemplo, puede haber diferentes frecuencias de muestreo de célula asociadas con diferentes fenómenos de medición para la misma célula. Esto posibilita que el componente de gestión de cuadrícula gestione una "región a mapeo de frecuencia" por fenómeno, es decir, para cada región del área bidimensional, que se cubre por una célula de la cuadrícula 2000; una frecuencia de muestreo de la célula específica puede asignarse para un fenómeno específico. Típicamente una aplicación definirá una frecuencia de muestreo de la célula de este tipo basándose en sus necesidades en términos de con qué frecuencia necesita actualizaciones de datos de medición para su fin de aplicación.

El mapeo de frecuencia de muestreo de la célula puede definir cuántas muestras de datos de medición por unidad de tiempo se requieren para esta región para un fenómeno de medición dado. Por ejemplo, las frecuencias de muestreo de célula pueden establecerse por sistemas o aplicaciones externos, por ejemplo obtenidas a partir de algoritmos de aprendizaje por máquina (procesamiento de datos), manualmente como resultado de experimentos o determinarse dinámicamente mediante modelos de predicción (por ejemplo S. Santini. "Adaptive Sensor Selection Algorithms for Wireless Sensor Networks." PhD thesis, ETH Zúrich, Suiza, 2009). En caso de que una frecuencia de muestreo de la célula cambie con el tiempo, el componente de gestión de cuadrícula puede lanzar un evento de actualización de frecuencia de muestreo de cuadrícula para notificar al sistema 1000 del cambio.

Aunque el componente 1001 de gestión de cuadrícula está configurado para asociar las células de la cuadrícula con frecuencias de muestreo de célula, cada célula de la cuadrícula no necesita tener una frecuencia de muestreo de célula asociada. Por ejemplo, si una aplicación puede estar únicamente interesada en recibir cambios acerca de un

cierto umbral y ordenar al sistema 1000 decidir qué nodos monitorizan ese cambio, las respectivas células pueden no tener una frecuencia de muestreo de célula asociada. En este caso, como alternativa, como se ha explicado anteriormente, los modelos de predicción y los modelos de procedimientos del mundo real (consúltese A. Deshpande, C. Guestrin, S. R. Madden, J. M. Hellerstein y W. Hong. Model-Driven Data Acquisition in Sensor Networks. In Proceedings of the 30th Very Large Data Base Conference (VLDB 2004), Toronto, Canadá, agosto de 2004) pueden usarse para determinar una frecuencia de muestreo de la célula. En caso de trayectorias conocidas, puede adoptarse un esquema como se describe por Mourikis (A. Mourikis y S. I. Roumeliotis. "Optimal Sensor Scheduling for Resource-Constrained Localization of Mobile Robot Formations." In IEEE Transactions on Robotics, 22(5), octubre de 2006, páginas 917-931) para obtener una frecuencia de muestreo de la célula en una célula.

Si ciertas células no son pertinentes para ciertos fenómenos de medición, las respectivas células pueden tener una frecuencia de muestreo de la célula con un valor de cero. Por ejemplo, si una medición de CO₂ para un sector urbano tiene como objetivo conseguir información acerca de la polución provocada por los vehículos, los sensores que están en el interior de edificios pueden no poder contribuir con ningún valor significativo. Por lo tanto, las células que cubren áreas que corresponden al interior de edificios pueden estar asociadas con frecuencias de muestreo de cero que indican que ninguno de los respectivos sensores localizados dentro de estas células necesitan contribuir con ningún dato de medición.

El sistema 1000 puede estar configurado también para realizar una función de gestión de localización. La función de gestión de localización puede ser también un componente independiente o realizarse mediante los otros componentes del sistema, tal como por ejemplo el componente 1001 de gestión de cuadrícula, el componente 1005 de gestión del nodo o el componente 1004 de procesamiento de datos. La función de gestión de localización está configurada para mantener una estructura 3000 de mapeo (consúltese La Figura 2) para definir un mapeo entre los sensores de las diversas redes de sensores y sus respectivas localizaciones de célula. Es decir, la estructura 3000 de mapeo incluye por ejemplo una tabla de asignación donde la localización actual de cada sensor se asigna a la respectiva célula en la cuadrícula 2000 en un punto dado en el tiempo t₀. Las localizaciones actuales de los sensores pueden comunicarse a través de las respectivas pasarelas desde los sensores al sistema 1000. Como se ha mencionado anteriormente, los sensores pueden tener una función de GPS integrada para medir su propia localización. En otras palabras, el sistema 1000 conoce en cualquier momento qué sensor está asignado actualmente a qué célula. Por ejemplo, en el caso de sensores móviles la función de gestión de localización actualiza las respectivas asignaciones en la estructura de mapeo si un sensor móvil S7 cambia su posición y se mueve a un área asociada con otra célula 2005. El cambio de localización se informa al sistema 1000 a través de la interfaz 1002 y puede evaluarse, por ejemplo, mediante el componente 1004 de procesamiento de datos. Finalmente la estructura 3000 de mapeo se actualiza en consecuencia. En un caso de este tipo la función de gestión de localización puede activar un evento de actualización de localización de sensor para notificar al sistema del cambio. La función de gestión de localización puede ejecutarse mediante uno o más servidores de localización. Por ejemplo, cada servidor de localización puede gestionar una sub-región específica de la cuadrícula 2000 (por ejemplo, un agrupamiento de células 2001, 2004).

El componente 1004 de procesamiento de datos está configurado para procesar cualquier dato sin procesar, que se recibe a través del componente de interfaz, y también cualquier dato proporcionado por cualquiera de los otros componentes del sistema 1000 informático. Por ejemplo, puede aprender acerca de nuevos requisitos para frecuencias de muestreo de células y enviar respectivas actualizaciones al componente 1001 de gestión de cuadrícula. Puede proporcionar tareas de detección definiendo qué fenómeno en qué región es de interés y proporciona resultados a un consumidor de datos.

El componente 1003 de selección de sensor está configurado para seleccionar los sensores apropiados de las redes de sensores para participación en tareas de detección específicas. Por ejemplo una tarea de detección podría ser proporcionar una actualización regular de una cierta área urbana con respecto al fenómeno de medición de concentración de dióxido de carbono. Otra tarea de detección podría ser medir cada día durante tres intervalos de tiempo predefinidos el fenómeno de medición de materia particular en unas cercanías cerca de una autopista. Por ejemplo, el componente 1003 de selección de sensor puede configurar las velocidades de actualización de sensor basándose en su localización y la estructura de cuadrícula actual. El componente de selección de sensor puede activarse mediante un evento de activación, que se denominará también como una activación de selección en lo sucesivo. Un activador de selección puede ser un evento de actualización de localización de sensor que indica que un sensor se ha movido de una localización a otra. Puede ser adicionalmente un evento de actualización de estructura de cuadrícula que indica que el tamaño de la célula o el número de células de cuadrícula ha cambiado. Además, puede corresponder a un evento de actualización de frecuencia de muestreo de cuadrícula que indica que la frecuencia de muestreo de la célula para células de cuadrícula específicas ha sido cambiada. Una solicitud para cambiar la frecuencia de muestreo de la célula típicamente se inicia por la aplicación interesada en el fenómeno de medición. En otra realización, un activador de selección puede ser un evento de actualización de restricción de sensor que indica que cualquiera de un valor de sensor ha cambiado de modo que no ya no cae en la condición de restricción o que la propia condición de restricción ha cambiado.

Otro parámetro de influencia para la selección de sensor puede ser el presupuesto de energía de un nodo de sensor. El componente 1005 de gestión del nodo puede implementar también funciones para manejar restricciones, por ejemplo, para gestión de energía, que pueden usarse para mantener una estimación de presupuesto de energía

restante de cada sensor, y que pueden considerarse también para evaluar si un cierto sensor es adecuado para participar en una tarea de detección dada.

Otras restricciones que influyen en la selección de sensor pueden estar relacionadas con el contexto de nodo de sensor, por ejemplo, la movilidad de nodo, localización de nodo o propiedades de comunicación de la red. Por ejemplo, puede tenerse en cuenta una restricción de movilidad prefiriendo ciertos nodos móviles sobre nodos fijos. Una restricción de comunicación de red puede reflejarse en que la capacidad de canal de diferentes redes puede compararse para decidir el número máximo de nodos en una red. Usar la localización como restricción adicional permite la selección espacial más detallada.

La Figura 2 es un ejemplo de una estructura 3000 de mapeo de acuerdo con una realización de la invención. La estructura de mapeo puede almacenar información de relación con respecto a sensores y células de la cuadrícula 2000. Por ejemplo, puede haber un conjunto de datos para cada sensor S1 a S9 que indique la localización actual del sensor con respecto a las células de cuadrícula. La estructura 3000 de mapeo se muestra en dos puntos diferentes en el tiempo t0 y t1. En el ejemplo, en un primer tiempo t0 el sensor S1 pertenece a la célula 2004. El sensor S7 también pertenece a la célula 2004. En un segundo tiempo t1 el sensor S7 se mueve de manera evidente a una localización que se cubre ahora por la célula 2005 mientras que el sensor S1 está aún en la célula 2004. La estructura 3000 de mapeo se actualiza en consecuencia para reflejar el cambio en t1. La función de gestión de localización puede ahora activar un evento de actualización de localización de sensor para notificar al sistema 1000 (consúltese La Figura 1) del cambio ya que el sensor S7 ahora ya no está disponible más en la célula 2004 que puede tener un impacto en la célula para participar en ciertas tareas de detección. Por supuesto existe un impacto similar con respecto a la célula 2005, que puede ahora tener un nuevo sensor asociado con nuevas capacidades.

La Figura 3 muestra un ejemplo de una posible configuración de cuadrícula 2000 para una aplicación de polución del aire. Un área geográfica incluye un área de calle en el lado derecho y un área de parque en el lado izquierdo. Cada célula de cuadrícula se visualiza como un rectángulo en el dibujo. El tamaño de célula medio de las células 2200 de calle para cubrir el área de calle es menor que el tamaño de célula medio de las células 2100 de parque para cubrir el área de parque. Es decir, la resolución espacial para el área de calle es alta en comparación con el área de parque. Las frecuencias de muestreo de célula en el área de calle pueden ser también más altas que en el área de parque puesto que los coches que conducen a lo largo de la calle pueden provocar un cambio continuo en los contaminantes del aire que se supone que se miden con mayor frecuencia que los respectivos niveles en el área de parque con menos cambios esperados. Por ejemplo, los modelos conocidos acerca del flujo del aire pueden usarse para optimizar adicionalmente la estructura de cuadrícula. Por ejemplo, la configuración en la Figura 3 puede funcionar bien si los vientos soplan en la misma dirección que la calle puesto que los contaminantes no dejarían el área con una resolución espacial y de tiempo más alta. Sin embargo, si los vientos soplan ortogonales a la dirección de la calle, de repente puede haber cambios de polución continuos en el área de parque. Esto activaría una reconfiguración de los tamaños de célula y frecuencias de muestreo de célula de las células 2100 de parque para que el área de parque afectada mejore los valores de sensor recogidos para las áreas afectadas.

La Figura 4 es un diagrama de flujo simplificado de un procedimiento 4000 implementado por ordenador de acuerdo con una realización de la invención, que puede ejecutarse mediante el sistema informático como se describe bajo la Figura 1. El procedimiento 4000 implementado por ordenador puede incluir dividir 4100 un área bidimensional en células 2001 a 2009, en el que las células están dispuestas en una cuadrícula 2000. Como se describe bajo la Figura 1, la información de GIS puede usarse para definir la cobertura de la cuadrícula a través de respectivas células de ciertas áreas. Por ejemplo, un área que está cubierta por un edificio puede definirse como una célula de cuadrícula correspondiente. La Figura 3 muestra un ejemplo adicional de una estructura de cuadrícula. En la Figura 3 la cuadrícula es una cuadrícula irregular. Sin embargo, pueden usarse también cuadrículas regulares para una definición de célula de cuadrícula equidistante. Una aplicación puede ahora estar interesada en usar datos de sensor que se originan en una o más células de la cuadrícula y enviar una solicitud de datos de sensor correspondiente, que funcionará como un activador de selección para un subconjunto de células de la cuadrícula una vez recibido mediante el sistema informático. Otros activadores de selección pueden lanzarse si se satisface una condición de activación correspondiente. Los siguientes ejemplos describen activadores de selección específicos junto con una posible condición de activador: eventos de actualización de localización de sensor en caso de que un sensor se mueva de una célula a otra; eventos de actualización de estructura de cuadrícula en caso de que la estructura de cuadrícula se cambie por alguna razón; eventos de actualización de frecuencia de muestreo de cuadrícula en caso de que se cambie la frecuencia de muestreo de la célula de una o más células de la cuadrícula (por ejemplo, debido a diferentes necesidades de aplicación); o eventos de actualización de restricción de sensor en caso de que una restricción de sensor cambie o un valor de sensor supere un valor de umbral de restricción.

El activador de selección para un subconjunto de células de la cuadrícula puede recibirse 4200 mediante el respectivo componente del sistema informático. Por ejemplo, puede recibirse mediante los componentes de procesamiento de datos, de gestión de cuadrícula o de selección de sensor dependiendo de qué componente implemente la funcionalidad apropiada. Una o más de las células 2004 del subconjunto tiene al menos un sensor S1, S3, S4 asignado. Además, la una o más células 2004 tienen una frecuencia de muestreo de la célula CSF4 asociada.

La participación de nodos de sensores en una tarea de detección puede depender de ciertas restricciones. Por ejemplo, una restricción de presupuesto de energía puede requerir que únicamente se hayan de seleccionar los sensores que tienen un presupuesto de energía restante por encima de un cierto umbral. Una restricción de movilidad puede requerir que únicamente se suponga que participan sensores estáticos o únicamente sensores móviles. Una restricción espacial puede requerir que únicamente se suponga que participan sensores en un área específica. Una restricción de comunicación de red puede requerir una disponibilidad de ancho de banda mínimo para la comunicación entre el sistema informático y la respectiva red de sensores. Pueden ser posibles otras restricciones.

El componente de selección de sensor puede seleccionar un nodo de sensor indicando al nodo de sensor que se supone que participa en una detección específica como un miembro de una célula de cuadrícula. El componente de selección de sensor puede determinar 4300 si un conjunto de restricciones es pertinente para la selección de uno o más sensores S1, S3, S4 para participar en la tarea de detección y qué conjunto de restricciones serían. A continuación puede seleccionar 4400 el uno o más sensores S1, S3 si el uno o más sensores S1, S3 cumplen con el conjunto de restricciones determinadas anteriormente. De esta manera, el componente de selección de sensor puede priorizar restricciones si se especifican múltiples restricciones. Puede determinar adicionalmente un conjunto de sensores seleccionados para cada restricción y a continuación combinar los conjuntos determinados aplicando operaciones de conjunto tales como unión o intersección. Esto puede conseguirse usando pesos que se derivan basándose en la prioridad de restricción y obtener un conjunto final de sensores seleccionados mediante una unión de todos los conjuntos. Finalmente pueden seleccionarse únicamente los nodos en el conjunto final cuyo peso esté por encima de un umbral predefinido.

El sistema informático, por ejemplo el componente de procesamiento de datos, puede a continuación calcular 4500 una frecuencia de muestreo del uno o más sensores dependiendo de la frecuencia de muestreo de la célula CSF4 de la respectiva una o más células, a las que se asignan los sensores seleccionados. Es decir, únicamente se seleccionan los sensores que pueden entregar datos de sensor con la velocidad especificada por la aplicación a través de la respectiva frecuencia de muestreo de la célula CSF4. En el caso de que se seleccione un único sensor en una célula, la frecuencia de muestreo de este único sensor necesita establecerse a un valor que corresponde a la frecuencia de muestreo de la célula de la respectiva célula. En caso de tener dos o más sensores en la célula que puedan participar en la tarea de detección, las frecuencias de muestreo de sensor pueden establecerse más bajas que la frecuencia de muestreo de la célula si los sensores pueden sincronizar de tal manera que la frecuencia de muestreo de la célula pueda conseguirse usando los sensores de una manera alterna. Por ejemplo, si dos sensores se asignan a la célula y la frecuencia de muestreo de la célula se establece a f , entonces en una realización puede ordenarse a los sensores que proporcionen sus datos de sensor cada uno a una frecuencia de $f/2$ asignando un número de secuencia 1 o 2, respectivamente. El número de secuencia indica cuándo el respectivo sensor debería enviar sus datos. En el ejemplo, el primer sensor que recibe el número de secuencia 1 puede enviar sus datos inmediatamente después de recibir la frecuencia de muestreo y el número de secuencia. El segundo sensor espera durante un periodo de tiempo de $2/f$ segundos. En total la célula proporcionaría datos a la frecuencia de muestreo de la célula requerida f aunque ambos sensores estén muestreando datos únicamente con la frecuencia de muestreo $f/2$. Puede conseguirse una frecuencia de muestreo de la célula más precisa usando un protocolo de sincronización de tiempo apropiado. Un experto en la materia apreciará que esto puede aplicarse para cualquier número más alto de sensores en una única célula de una manera análoga. Finalmente cada sensor seleccionado se ordena que proporcione datos de medición de conformidad con la respectiva frecuencia de muestreo de la célula, que se requiere por la aplicación que solicita la respectiva tarea de detección.

En otras palabras, el procedimiento 4000 permite que el sistema informático seleccione sensores de tal manera que satisfacen los requisitos espaciales así como los requisitos temporales. No se requiere uso de modelos. En su lugar se usa una cuadrícula con frecuencias de muestreo de célula apropiadas y respectivos mapeos de sensor a célula, que permite la selección de sensor con esfuerzos computacionales mucho menores de lo que se requeriría en enfoques basados en modelo.

A continuación se describen realizaciones opcionales específicas de la invención.

La Figura 5 es un diagrama de flujo simplificado de una realización del procedimiento 4000 implementado por ordenador para manejar restricciones de energía. El diagrama de flujo detalla la determinación 4300 y selección 4400 del procedimiento 4000 implementado por ordenador. Por ejemplo, una tarea de medición específica de una aplicación puede no permitir que los sensores participantes detengan la participación en el transcurso de la tarea de detección puesto que pueden quedarse sin energía. Esto corresponde a una condición de restricción para los sensores participantes. En el ejemplo, puede determinarse un presupuesto de energía para cada nodo de sensor en la respectiva célula 4310, por ejemplo mediante el componente de gestión del nodo. A continuación, la frecuencia de muestreo de la célula para la célula actual puede recuperarse a partir del componente de gestión de cuadrícula.

Definiéndose lo siguiente:

- Sea n el número de sensores que miden en la respectiva célula el fenómeno especificado en la tarea de detección
- Sea f la frecuencia de muestreo de la célula para la respectiva célula

- Sea $e(s)$ el presupuesto de energía restante para un nodo de sensor s
- Sea $e_T(s)$ un umbral de energía para un nodo de sensor s
- Sea $m < n$ el número de nodos seleccionados en la respectiva célula
- Sin pérdida de generalidad tenga cada nodo de sensor exactamente un sensor que pueda usarse para medir el fenómeno dado.

De acuerdo con una realización los nodos de sensores pueden seleccionarse 4410 de modo que si hay al menos un nodo de sensor i con $e(i) > e_T(i)$, entonces se seleccionan todos los nodos que satisfacen esta restricción. De otra manera, es decir, para todos los sensores i donde $e(i) \leq e_T(i)$, elegir $m = n$. La planificación de sensor puede a continuación determinarse calculando y estableciendo una frecuencia de muestreo de f/m para cada sensor seleccionado. El procedimiento selecciona los nodos de sensores específicos basándose en la tarea de detección proporcionada por el componente de procesamiento de datos. Finalmente, las frecuencias de muestreo de sensor calculadas (planificación de sensor) se envían a los nodos de sensores usando la respectiva pasarela de la red de sensores donde pertenecen los nodos de sensores seleccionados. En la red de sensores los respectivos sensores pueden controlarse en consecuencia para ajustar sus frecuencias de muestreo a la planificación de sensor.

La Figura 6 es un diagrama de flujo simplificado de una realización del procedimiento 4000 implementado por ordenador para manejar restricciones espaciales. El diagrama de flujo detalla la determinación 4300 y selección 4400 del procedimiento 4000 implementado por ordenador. Por ejemplo, una tarea de medición específica de una aplicación puede requerir que se localicen sensores de participación en una cierta área. Esto corresponde de nuevo a una condición de restricción para sensores de participación.

Por ejemplo, una restricción de localización espacial puede incluir un conjunto de triples (p, r, n) donde p es una posición, r un radio, y n el número de nodos de sensores deseados que deberían seleccionarse en un área dada, en este ejemplo un círculo (p, r) . En otras realizaciones pueden usarse polígonos para definir una región de interés. Otra manera de especificar una restricción espacial es un parámetro "cobertura uniforme" que provoca seleccionar nodos en la célula de modo que cubren uniformemente un área dada. Por ejemplo, el componente de gestión del nodo puede determinar 4320 que haya una restricción espacial para sensores en un área dada y a continuación determinar el número de sensores deseados en esta área. Determinar el número de sensores deseados puede conseguirse aplicando otras restricciones tales como una restricción de número o determinar nodos basándose en una restricción de presupuesto de energía. A continuación, por ejemplo, el componente de selección de sensor puede consultar 4321 la localización exacta de nodos de sensores ya seleccionados y asegurar que no únicamente se seleccionan los nodos agrupados en una sub-región de una célula sino que en su lugar los nodos de sensores seleccionados 4420 están expandidos más uniformemente en la célula. Esto puede combinarse con una restricción de número de sensores. Por ejemplo, el componente de selección de sensor puede comparar el número de nodos de sensores deseados con el número de nodos de sensores ya seleccionados y seleccionar 4420 sensores adicionales en la célula proporcionada para participación en una tarea de detección para una medición específica si el número de nodos ya seleccionados está por debajo del número de nodos de sensores deseado. En términos más generales, la restricción espacial puede indicar la distribución espacial en una región de interés (por ejemplo cobertura) o puede indicar una sub-región en la que deberían seleccionarse nodos de sensores.

Las Figuras 7 y 8 ilustran la adaptación dinámica de una cuadrícula irregular de acuerdo con una realización de la invención. La Figura 7 es un diagrama de flujo simplificado de partes opcionales adicionales del procedimiento 4000 implementado por ordenador en este contexto y la Figura 8 es una visualización gráfica de las respectivas adaptaciones de cuadrícula.

En el ejemplo de la Figura 7 se seleccionan sensores cuando se recibe 4210 un activador de selección en forma de un evento de actualización de estructura de cuadrícula. La causa para el activador de selección puede ser una actualización de estructura de cuadrícula realizada por un ser humano o como resultado de algún algoritmo de aprendizaje realizado por el componente de procesamiento de datos. Cada vez que la estructura de cuadrícula se adapta con el tiempo, el componente de gestión de cuadrícula puede lanzar el evento de actualización de estructura de cuadrícula para notificar al sistema informático del cambio que indica una posible necesidad de volver a realizar selección de sensor. En respuesta al activador de selección el componente de gestión de cuadrícula puede comprobar si la porción actualizada de la cuadrícula es una sub-región verdadera de una o más células existentes.

Si este es el caso una célula existente puede dividirse 4610 en sub-células. Haciendo referencia ahora a la Figura 8, el ejemplo muestra una cuadrícula 2000, donde la célula 2006 se divide en las sub-células 2006-1 y 2006-2. La frecuencia de muestreo de la célula CSF6 de la célula original 2006 puede heredarse por las nuevas sub-células pero dependiendo de las necesidades de la aplicación cada sub-célula 2006-1, 2006-2 puede recibir también su propia frecuencia de muestreo de la célula CSF6-1, CSF6-2, respectivamente. El componente de gestión de cuadrícula puede a continuación identificar 4620 qué sub-células se ven afectadas por la adaptación de cuadrícula en términos de volver a realizar selección de sensor. Esto es posible haciendo referencia a la información de localización de los respectivos sensores en el componente de gestión de cuadrícula. Como se ha mencionado anteriormente, cada sensor puede comunicar sus datos de localización (por ejemplo, datos de GPS) al sistema informático. Por ejemplo, si dos sensores se asignaron originalmente a la célula 2006 y suponiendo que ambos sensores tienen datos de localización en un área que corresponde ahora a la nueva sub-célula 2006-1, entonces volver a realizar selección de sensor se requeriría para la nueva sub-célula 2006-1. Finalmente el componente de

selección de sensor puede volver a seleccionar 4630 los dos sensores en la sub-célula afectada 2006-1 en consecuencia.

Si la porción actualizada de la cuadrícula no es una sub-región de una o más células existentes el componente de gestión de cuadrícula puede comprobar si corresponde a una súper-región de células existentes. En las células 2007, 2009 existentes de ejemplo (consúltese La Figura 8) se unen 4640 en una nueva célula 2007/9. Por ejemplo, las frecuencias de muestreo CSF7 y CSF8 de las células 2007, 2009 originalmente existentes pueden añadirse al resultado en la frecuencia de muestreo de la célula CSF7/9 de la célula 2007/9 unida. Añadir las frecuencias de muestreo de célula puede ser ventajoso en que la velocidad a la que un sensor necesita proporcionar datos de medición se reduce fuertemente cuando el tamaño de célula de la célula unida y los números de sensores en la célula unida son crecientes. Por ejemplo, puede haber dos sensores en cada una de las células 2007 y 2009. Para ambas células las frecuencias de muestreo de célula CSF7, CSF9 son iguales a 1 Hz. Es decir, en cada célula cada sensor se ordena que envíe datos cada dos segundos. La célula 2007/9 unida puede ahora incluir cuatro sensores. La frecuencia de muestreo de la célula CSF7/9 añadida es igual a 2 Hz. Bajo el ajuste unido se ordena aún a cada sensor que envíe sus datos cada dos segundos. Otros algoritmos para determinar la frecuencia de muestreo de la célula de una célula unida pueden usarse si fuera apropiado. Por ejemplo, un mínimo, un máximo o una media ponderada dependiendo del número de sensores puede ser aplicable para tareas de detección específicas. Después de que se ha actualizado la cuadrícula 2000, los nodos de sensores que están localizados en la célula 2007/9 actualizada se vuelven a seleccionar 4630 a continuación en consecuencia mediante el componente de selección de sensor. La porción actualizada de la cuadrícula no puede ser ni una sub-región ni una súper-región de las células existentes. Este puede ser el caso cuando la cuadrícula se cambia de tal manera que una célula intersecta con múltiples células. Por ejemplo, dos células vecinas con igual tamaño pueden cambiarse a tres células con igual tamaño. Las células que cambian su tamaño pueden mantener sus frecuencias de muestreo de célula. Nuevas células que intersectan con células anteriores pueden obtener sus nuevas frecuencias de muestreo de célula como en el caso de unión, por ejemplo añadiendo las frecuencias de muestreo de célula de las células anteriores.

La Figura 9 muestra el sistema informático simplificado de la Figura 1 durante la inicialización. Cuando el sistema 1000 informático se inicializa se añade un sensor después del otro. El ejemplo muestra cómo los sensores S1 a S4 se fijan a la primera red de sensores y se registran mediante el sistema 1000 informático. Las flechas que apuntan desde los sensores al sistema informático indican el flujo de datos desde los sensores al sistema informático. Las flechas que apuntan desde el sistema informático a los sensores indican el flujo de datos de vuelta a la red de sensores. El primer sensor que está fijado a la red de sensores es ventajosamente el nodo de pasarela S2 de la primera red de sensores. Durante la fijación el sensor puede proporcionar su localización y restricciones pertinentes a la función de gestión de localización del sistema informático. El componente 1001 de gestión de cuadrícula creará a continuación la respectiva información de mapeo de sensor a célula y puede enviar de vuelta al sensor S2 el punto de extremo de comunicación de un servidor de localización que gestiona la célula 2001, que es la célula que cubre la localización del sensor de pasarela S2. Después de la inicialización de pasarela los sensores restantes S1, S3 y S4 pueden añadirse. En el ejemplo, S1 envía su respectiva información de localización y restricción a través de la pasarela S2 al sistema informático y recibe de vuelta el punto de extremo de comunicación de un servidor de localización que gestiona la célula 2004, que es la célula que cubre la localización de sensor S1. El sensor S3 puede también comunicar con el sistema informático directamente a través de la pasarela. Podría comunicar también a través de S1 a la pasarela puesto que tiene un enlace directo establecido a S1. En el ejemplo, S4 no tiene enlace directo con la pasarela S2 y por lo tanto comunica a través de S1 con las puertas (como se muestra en la figura) o como alternativa puede comunicar también a través de S3. Al final de la inicialización cada nodo de sensor se registra con sus datos de localización y restricciones mediante el componente de gestión de cuadrícula y conoce el punto de extremo de comunicación de un servidor de localización que gestiona su célula respectiva de célula (por ejemplo, CSF1 para S2; CSF4 para S1, S3 y S4). Los datos de localización inicial proporcionados por el nodo de sensor activan una selección de la célula donde está localizado el nodo de sensor.

Después de esta inicialización, los nodos de sensores pueden únicamente enviar actualizaciones de su localización al sistema 1000 informático si dejan una célula. En este caso, si es aplicable, el respectivo sensor recibe de vuelta un punto final de comunicación para un nuevo servidor de localización que gestiona la célula en la que se ha movido el sensor. Los datos de localización actualizados proporcionados por un sensor activan una realización de volver a seleccionar la célula a la que se ha movido el sensor. En una realización, un nodo de sensor puede enviar de manera regular su información de localización al sistema 1000 informático, que puede ser ventajoso que no necesita almacenarse información de célula en el nodo de sensor. Los nodos de sensores pueden enviar también actualizaciones de su estado y de sus restricciones dinámicas tales como su presupuesto de energía restante, incluso si no dejan la célula. Esto puede ocurrir a intervalos regulares o bajo solicitud del componente de gestión del nodo, por ejemplo, cuando se lanza un activador de selección.

Las realizaciones de la invención pueden implementarse en circuitería electrónica digital, o en hardware informático, firmware, software, o en combinaciones de ellos. La invención puede implementarse como un producto de programa informático, es decir, un programa informático realizado de manera tangible en un soporte de información, por ejemplo, en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina, para ejecución mediante, o para controlar la operación de, aparatos de procesamiento de datos, por ejemplo, un procesador programable, un ordenador o múltiples ordenadores. Un programa informático, tal como el programa informático de la reivindicación 10, puede escribirse en cualquier forma de lenguaje de programación, incluyendo lenguajes compilados o interpretados, y

puede desplegarse en cualquier forma, incluyendo como un programa independiente o como un módulo, componente, subrutina u otra unidad adecuada para uso en un entorno informático. Un programa informático puede desplegarse para ejecutarse en un ordenador o en múltiples ordenadores en un sitio o distribuirse a través de múltiples sitios e interconectarse mediante una red de comunicación. Los procedimientos descritos bajo las Figuras 4 a 7 pueden ejecutarse todos mediante correspondientes productos informáticos en los respectivos dispositivos, por ejemplo, el servidor no confiable, ordenadores de cliente productores de datos y los ordenadores de cliente consumidores de datos.

Las etapas del procedimiento de la invención pueden realizarse mediante uno o más procesadores programables que ejecutan un programa informático para realizar funciones de la invención operando en datos de entrada y generando salida. Las etapas de procedimiento pueden realizarse también mediante, y los aparatos de la invención pueden implementarse como, circuitería de lógica de fin especial, por ejemplo, un FPGA (campo de matriz de puertas programables) o un ASIC (circuito integrado específico de la aplicación).

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa informático incluyen, a modo de ejemplo, tanto microprocesadores generales como de fin especial, y uno cualquiera o más procesadores de cualquier clase de dispositivo informático digital. En general, un procesador recibirá instrucciones y datos desde una memoria de solo lectura o una memoria de acceso aleatorio o ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son al menos un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. En general, un ordenador incluirá también, o estará 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 o discos ópticos. Tales dispositivos de almacenamiento pueden proporcionarse también bajo demanda y estar accesibles a través de internet (informática en la nube). Los soportes de información adecuados para incorporar instrucciones de programa informático y datos incluyen todas las formas de memoria no volátil, incluyendo a modo de ejemplo dispositivos de memoria de semiconductores, por ejemplo, EPROM, EEPROM, y dispositivos de memoria flash; discos magnéticos, por ejemplo, discos duros internos o discos extraíbles; discos magneto-ópticos; y discos CD-ROM y DVD-ROM. El procesador y la memoria pueden complementarse mediante, o incorporarse en circuitería de lógica de fin especial.

Para proporcionar interacción con un usuario, la invención puede implementarse en un ordenador que tiene un dispositivo de visualización, por ejemplo, un monitor de tubo de rayos catódicos (CRT) o pantalla de cristal líquido (LCD), para visualizar información al usuario y un dispositivo de entrada tal como un teclado, pantalla táctil o panel táctil, un dispositivo apuntador, por ejemplo, un ratón o una bola de mando, mediante el cual el usuario puede proporcionar entrada al ordenador. Otros tipos de dispositivos pueden usarse para proporcionar interacción con un usuario también; por ejemplo, la realimentación proporcionada al usuario puede ser cualquier forma de realimentación sensorial, por ejemplo, realimentación visual, realimentación auditiva o realimentación táctil; y la entrada desde el usuario puede recibirse en cualquier forma incluyendo entrada acústica, del habla o táctil.

La invención puede implementarse en un sistema informático que incluye un componente de extremo trasero, por ejemplo, como un servidor de datos, o que incluye un componente de soporte intermedio, por ejemplo, un servidor de aplicación, o que incluye un componente de extremo frontal, por ejemplo, un ordenador cliente que tiene una interfaz gráfica de usuario o un explorador web a través del cual un usuario puede interactuar con una implementación de la invención, o cualquier combinación de tales componentes de extremo trasero, soporte intermedio o extremo frontal. Los ordenadores cliente también pueden ser dispositivos móviles, tales como teléfonos inteligentes, PC de tableta o cualquier otro dispositivo informático portátil. Los componentes del sistema pueden interconectarse mediante cualquier forma o medio de comunicación de datos digital, por ejemplo, una red de comunicación. Ejemplos de redes de comunicación incluyen una red de área local (LAN) y una red de área extensa (WAN), por ejemplo, internet o LAN inalámbrica o redes de telecomunicación.

El sistema informático puede incluir clientes y servidores. Un cliente y servidor están en general remotos entre sí y típicamente interactúan a través de una red de comunicación. La relación de cliente y servidor surge mediante programas informáticos que se ejecutan en los respectivos ordenadores y que tienen una relación de cliente-servidor entre sí.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (4000) implementado por ordenador que comprende:

dividir (4100) un área bidimensional en células (2001, 2002, ..., 2009), en el que las células están dispuestas en una cuadrícula (2000);

recibir (4200) un activador de selección para un subconjunto de células de la cuadrícula, en el que al menos una célula (2004) del subconjunto tiene al menos un sensor (S1, S3, S4) y la al menos una célula (2004) tiene una frecuencia de muestreo de la célula (CSF4) asociada;

determinar (4300) un conjunto de restricciones para el al menos un sensor (S1, S3, S4);

seleccionar (4400) el al menos un sensor (S1, S3) si el al menos un sensor (S1, S3) cumple con el conjunto de restricciones; y

calcular (4500) una frecuencia de muestreo del al menos un sensor dependiendo de la frecuencia de muestreo de la célula (CSF4) de la al menos una célula de manera que el al menos un sensor está instruido para proporcionar datos de medición de conformidad con la respectiva frecuencia de muestreo de la célula y, en total, la célula proporciona datos a la frecuencia de muestreo de la célula requerida.

2. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de la reivindicación 1, en el que la cuadrícula (2000) es una cuadrícula irregular adaptable.

3. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el activador de selección es un evento de activación seleccionado de uno cualquiera de los siguientes eventos de activación: una solicitud de datos de sensor, un evento de actualización de localización de sensor, un evento de actualización de estructura de cuadrícula, un evento de actualización de frecuencia de muestreo de cuadrícula, o un evento de actualización de restricción de sensor.

4. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de restricciones comprende una cualquiera de las siguientes restricciones: una restricción de presupuesto de energía, una restricción de umbral de energía, una restricción de movilidad, una restricción espacial, una restricción de número de sensores o una restricción de comunicación de red.

5. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación comprende adicionalmente:

determinar al menos una restricción espacial para el al menos un sensor, en el que la restricción espacial indica la distribución espacial en un área dada o en el que la restricción espacial indica una sub-región en la que se han de seleccionar los nodos de sensores.

6. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la determinación, selección y cálculo comprenden adicionalmente:

determinar (4310) al menos un presupuesto de energía para el al menos un sensor, respectivamente; y seleccionar (4410) el al menos un sensor para participar en una medición específica si el al menos un presupuesto de energía es mayor que un umbral de energía predefinido.

7. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, que comprende adicionalmente:

recibir (4210) un evento de actualización de estructura de cuadrícula;

adaptar (4610, 4620, 4640) las células de cuadrícula en respuesta al evento de actualización de estructura de cuadrícula; y

volver a seleccionar (4630) el al menos un sensor.

8. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de la reivindicación 7, en el que adaptar las células de cuadrícula comprende:

unir (4640) la al menos una célula con al menos otra célula.

9. El procedimiento (4000) implementado por ordenador de la reivindicación 7, en el que adaptar las células de cuadrícula comprende:

dividir (4610) la al menos una célula en una primera sub-célula y una segunda sub-célula; e

identificar (4620) qué sub-célula se ve afectada por la adaptación de cuadrícula.

10. Un producto de programa informático que cuando se carga en una memoria de un dispositivo informático y se ejecuta mediante al menos un procesador del dispositivo informático ejecuta las etapas del procedimiento implementado por ordenador de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

11. Un sistema (1000) informático que comprende:

- un componente (1001) de gestión de cuadrícula configurado para dividir un área bidimensional en células (2001, 2002, ..., 2009) de una cuadrícula (2000) y para asociar al menos una célula (2004) de la cuadrícula con una frecuencia de muestreo de la célula (CSF4);
- 5 un componente (1003) de selección de sensor configurado para determinar un conjunto de restricciones para al menos un sensor (S1, S3, S4), estando asignado el al menos un sensor (S1, S3, S4) a la al menos una célula (2004); y configurado adicionalmente para seleccionar el al menos un sensor (S1, S3, S4) en respuesta a un activador de selección si el al menos un sensor cumple con el conjunto de restricciones; y
- 10 un componente (1004) de procesamiento de datos configurado para lanzar el activador de selección si se satisfacen las condiciones de activación; y para calcular una frecuencia de muestreo para el al menos un sensor dependiendo de la frecuencia de muestreo de la célula (CSF4) de la al menos una célula (2004) de manera que el al menos un sensor está instruido para proporcionar datos de medición de conformidad con la respectiva frecuencia de muestreo de la célula y, en total, la célula proporciona datos a la frecuencia de muestreo de la célula requerida.
12. El sistema (1000) informático de la reivindicación 11, en el que las células de la cuadrícula muestran una estructura irregular.
- 15 13. El sistema (1000) informático de las reivindicaciones 11 o 12, en el que el componente de gestión de cuadrícula está configurado adicionalmente para unir o dividir células de la cuadrícula en respuesta a un evento de actualización de estructura de cuadrícula.
- 20 14. El sistema (1000) informático de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el componente de gestión de cuadrícula está configurado adicionalmente para modificar la frecuencia de muestreo de la célula de una célula en respuesta a un evento de actualización de frecuencia de muestreo de cuadrícula.
15. El sistema (1000) informático de una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, que comprende adicionalmente:
- un componente (1005) de gestión de nodo configurado para:
- 25 determinar al menos un presupuesto de energía para el al menos un sensor, respectivamente; y el componente (1003) de selección de sensor está configurado adicionalmente para:
- seleccionar el al menos un sensor para participar en una medición específica si el al menos un presupuesto de energía es mayor que un umbral de energía predefinido.

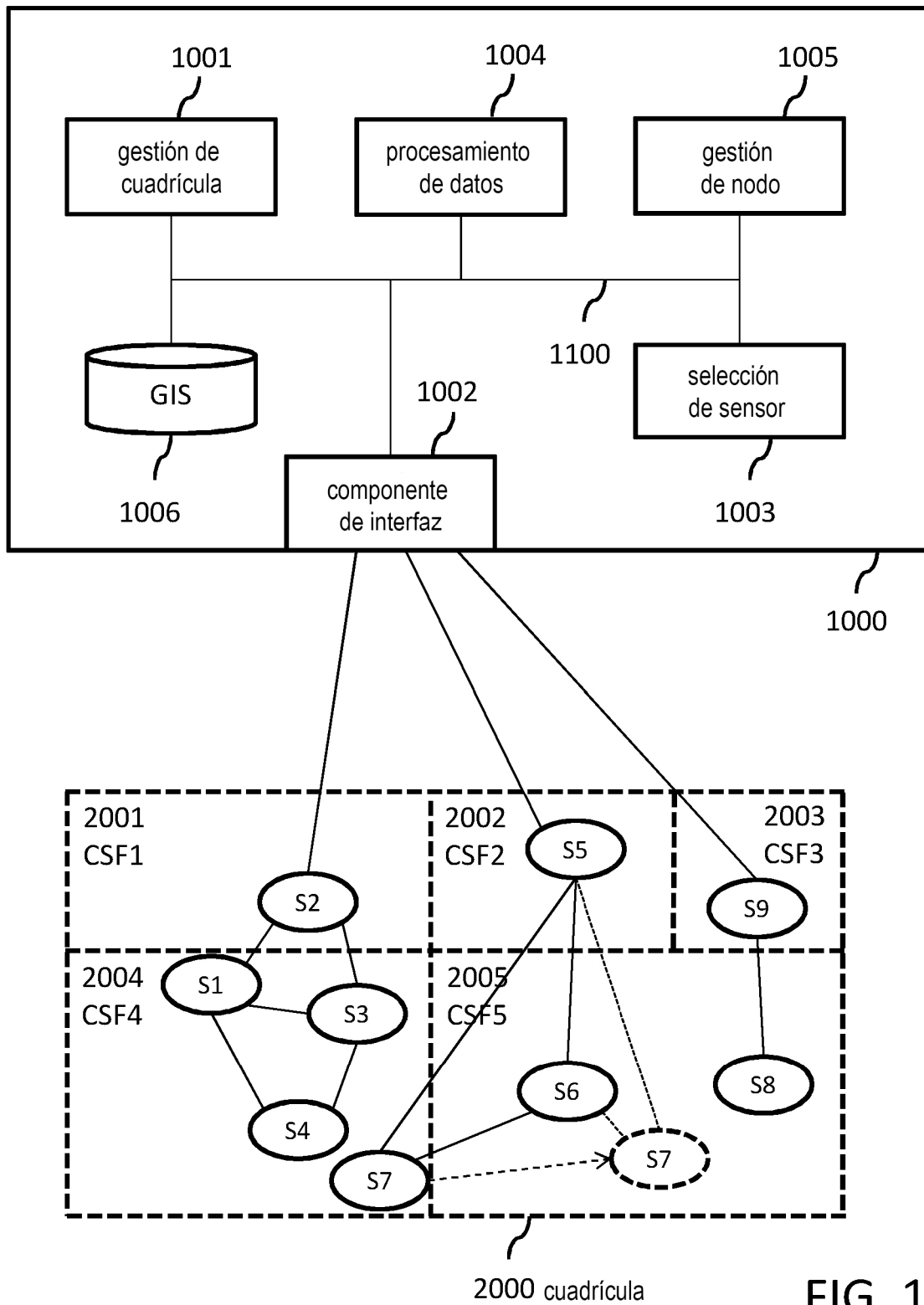
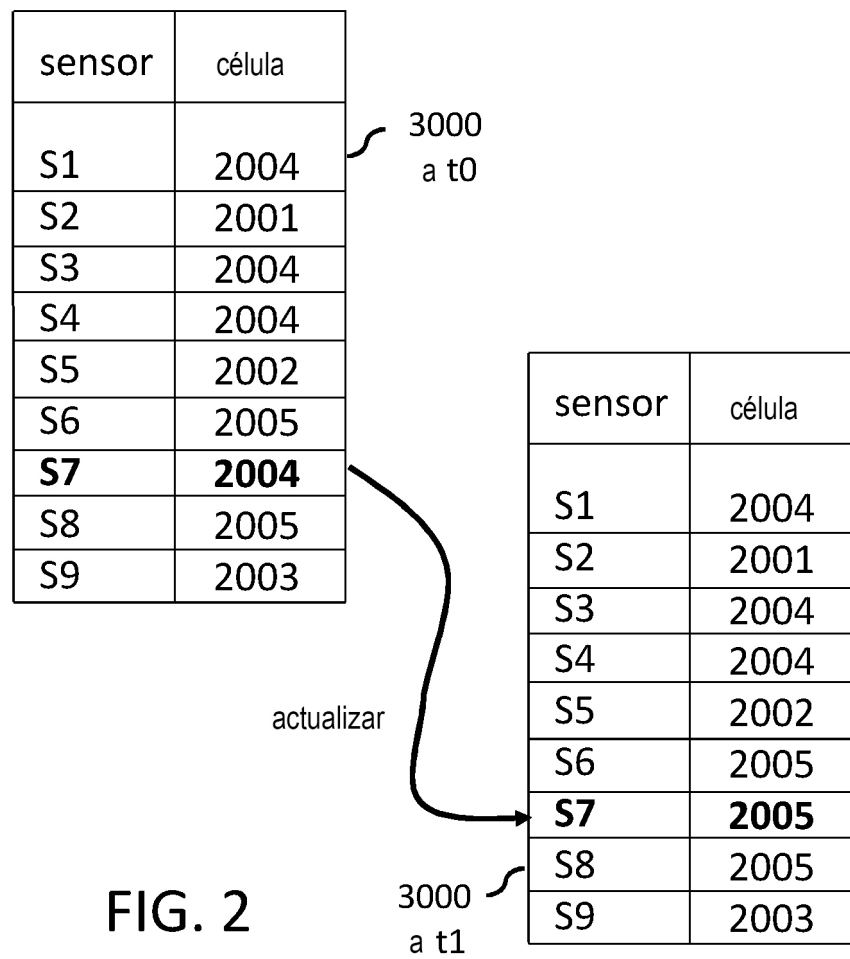


FIG. 1



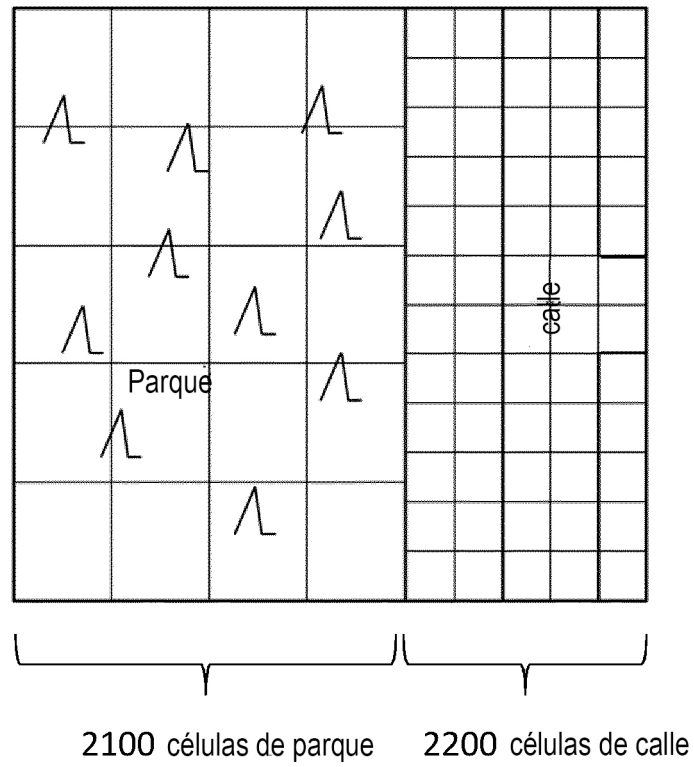


FIG. 3

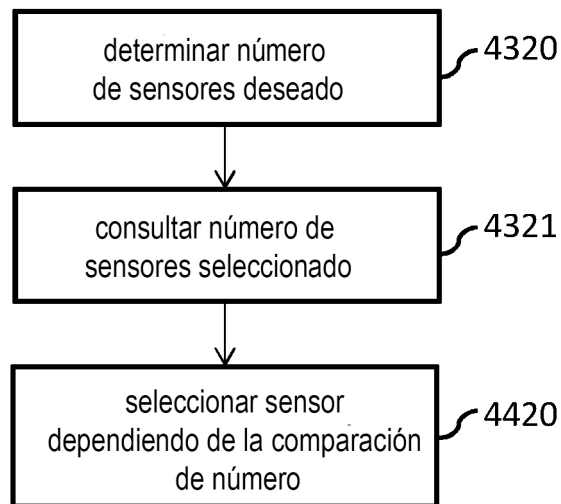
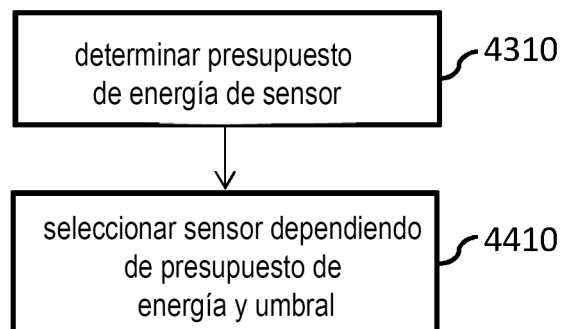
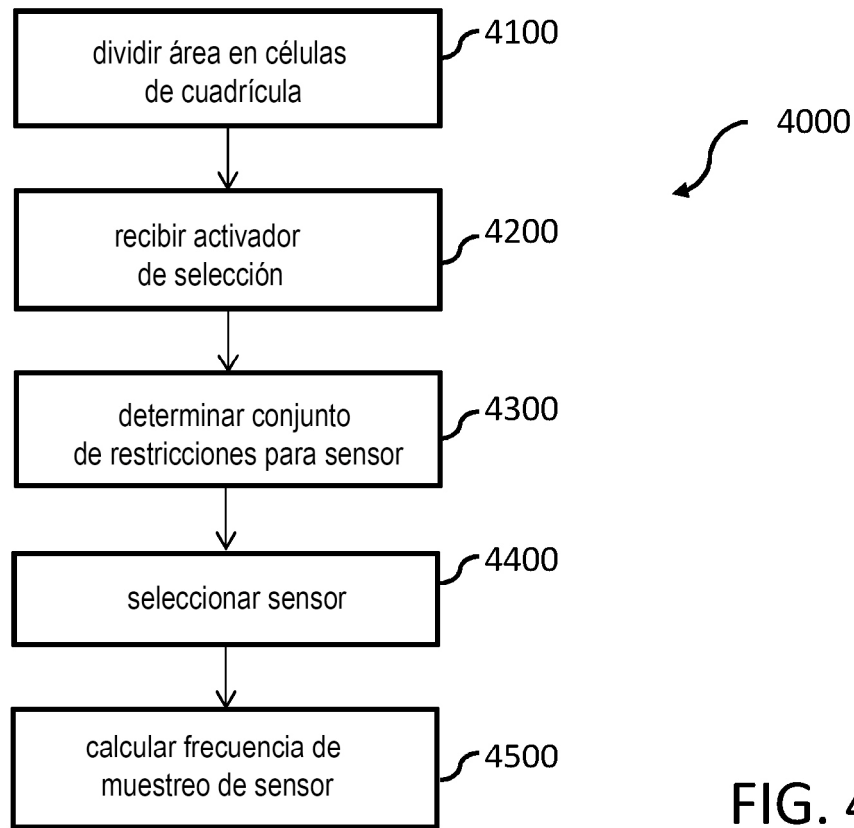


FIG. 6



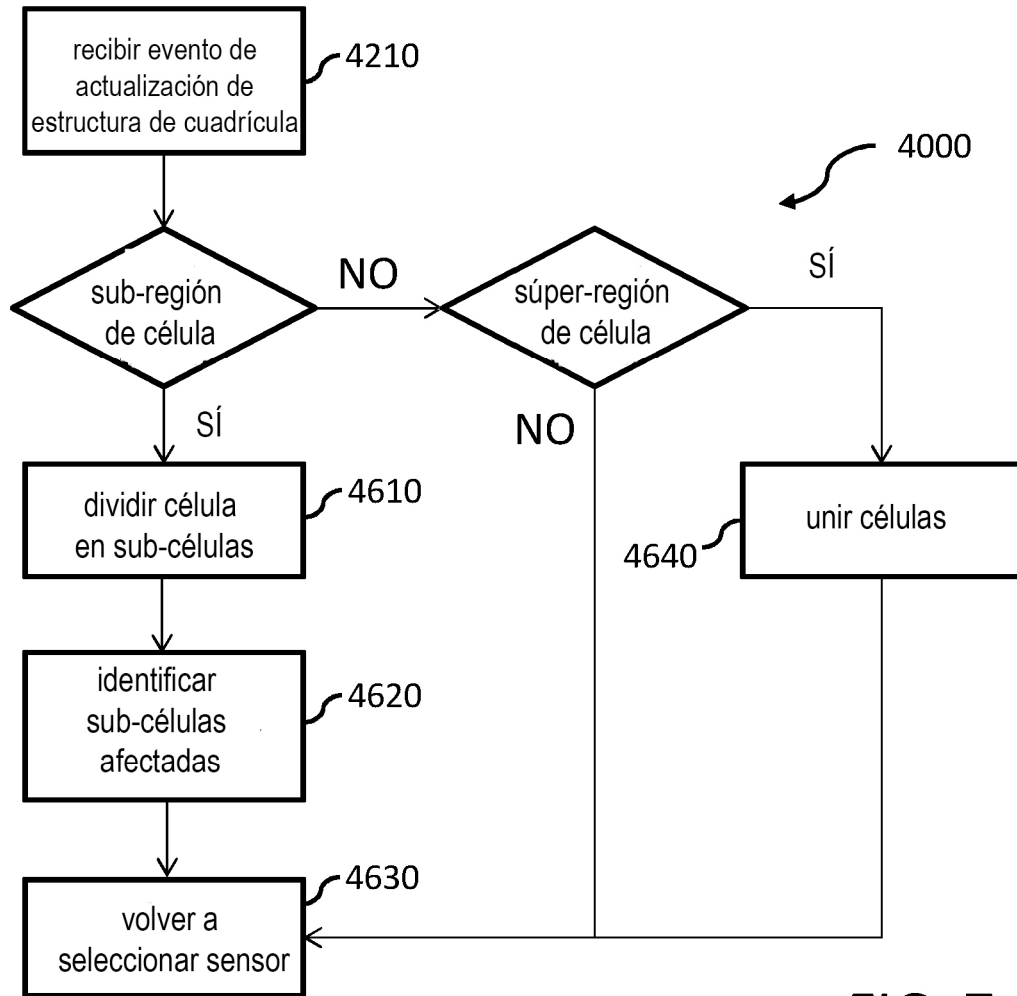


FIG. 7

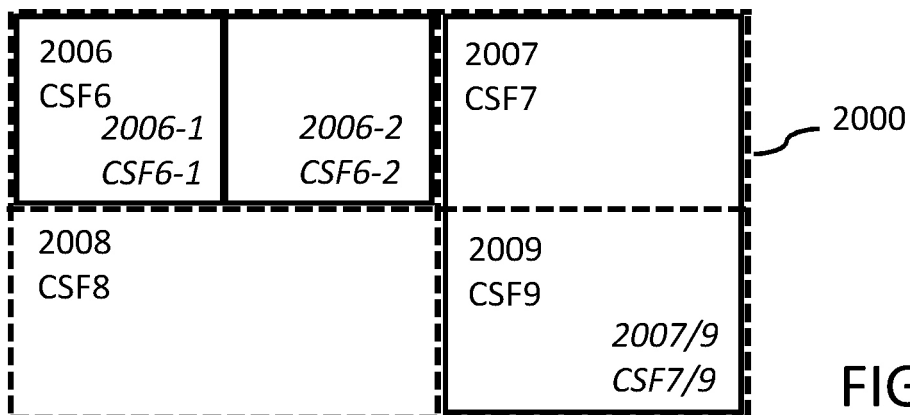


FIG. 8

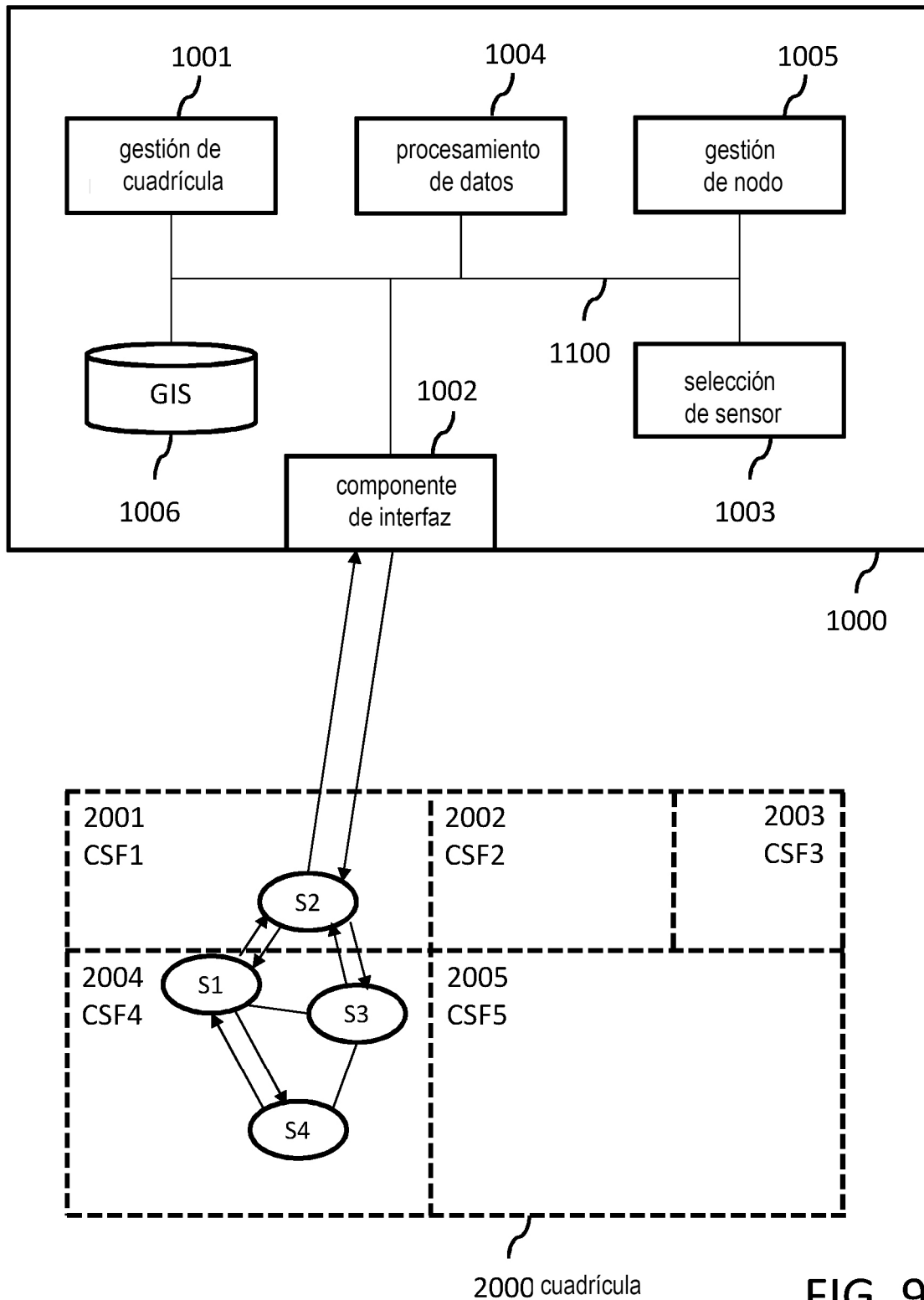


FIG. 9