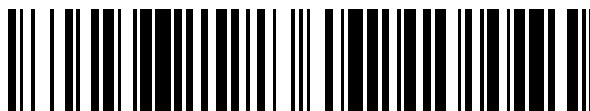


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 643**

51 Int. Cl.:

G01D 5/353 (2006.01)

B61L 25/02 (2006.01)

B61L 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.11.2016** **PCT/GB2016/053720**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.06.2017** **WO17093715**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2016** **E 16804887 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2019** **EP 3384247**

54 Título: **Rastreo utilizando detección de fibra óptica distribuida**

30 Prioridad:

30.11.2015 GB 201521116

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

20.05.2020

73 Titular/es:

OPTASENSE HOLDINGS LIMITED (100.0%)
Cody Technology Park Ively Road Farnborough
Hampshire GU14 0LX, GB

72 Inventor/es:

KELLEY, JOHN y
LEWIS, ANDREW

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 761 643 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

Rastreo utilizando detección de fibra óptica distribuida

- 5 Esta solicitud se refiere a métodos y aparatos para rastrear objetos utilizando sensores de fibra óptica distribuidos y, en particular, al rastreo de objetivos mediante múltiples sensores acústicos distribuidos de fibra óptica.

10 La detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) es un tipo conocido de detección en el que una fibra óptica se despliega como una fibra de detección y se interroga repetidamente con radiación electromagnética para proporcionar detección de actividad acústica a lo largo de su longitud, véase, por ejemplo, el documento WO2011/027166.

15 Normalmente, se lanzan uno o más pulsos de entrada de radiación a la fibra óptica. Al analizar la radiación retrodispersada desde el interior de la fibra, la fibra puede dividirse efectivamente en una pluralidad de porciones de detección discretas que pueden ser (pero no tienen que ser) contiguas. Dentro de cada porción de detección discreta, las perturbaciones mecánicas de la fibra, por ejemplo, deformaciones debidas a ondas acústicas incidentes, provocan una variación en las propiedades de la radiación que se retrodispersa de esa porción. Esta variación se puede detectar y analizar y utilizar para dar una medida de la perturbación de la fibra en esa porción de detección. Por lo tanto, el sensor DAS actúa efectivamente como una matriz de detección lineal de porciones de
20 detección acústica de fibra óptica. La longitud de las porciones de detección de fibra está determinada por las características de la radiación de interrogación y el procesamiento aplicado a las señales de retrodispersión, pero normalmente se pueden utilizar porciones de detección del orden de unos pocos metros a unas pocas decenas de metros.

25 El DAS se ha utilizado en una serie de aplicaciones, tales como la seguridad perimetral y la supervisión de activos lineales, tales como las tuberías. Una aplicación particular donde se ha propuesto que se pueden emplear sensores DAS es monitorizar el movimiento del tráfico en una red de transporte, por ejemplo, monitorizar trenes que se mueven en una red ferroviaria.

30 Para la monitorización del tráfico, las fibras de detección pueden desplegarse para correr generalmente a lo largo de la ruta de al menos partes de una red de transporte, por ejemplo, con fibras de detección desplegadas para correr generalmente a lo largo de la ruta de una o más vías de ferrocarril o una red ferroviaria o carreteras de una red de carreteras. El movimiento de un vehículo en la red de transporte, por ejemplo, un tren en una vía de tren, adyacente a una fibra de detección DAS generará señales acústicas que se pueden utilizar para rastrear el vehículo a medida
35 que se mueve, proporcionando información posicional en tiempo real a una resolución de unas pocas decenas de metros continuamente a lo largo de toda la sección monitorizada.

40 El DAS tiene varias ventajas para dicha supervisión del tráfico. El DAS se puede aplicar para proporcionar muchos canales de detección sobre una larga longitud de fibra, por ejemplo, el DAS se puede aplicar en longitudes de fibra de hasta 40 km o más con canales de detección contiguos del orden de 10 m de largo. Por lo tanto, un tramo largo de la red de transporte se puede monitorizar utilizando un solo sensor DAS. Para longitudes de más de 40 km o más, se pueden desplegar varias unidades de sensores DAS a varios intervalos para proporcionar una monitorización continua de cualquier longitud deseada de la red de transporte.

45 La fibra de detección puede ser fibra de telecomunicaciones estándar y, por lo tanto, es relativamente barata. La fibra puede simplemente enterrarse a lo largo de las redes de transporte, por ejemplo, a lo largo de los lados o debajo de pistas o caminos en un canal estrecho y es relativamente fácil de instalar. La fibra óptica se puede encerrar en una carcasa protectora y puede sobrevivir durante mucho tiempo sin mantenimiento. Por lo tanto, los costes de instalación y mantenimiento son bajos. En muchas redes de transporte ya puede haber fibra óptica desplegada a lo largo de al menos las rutas principales y dicha infraestructura de comunicaciones existente puede comprender fibras ópticas redundantes que se pueden utilizar para DAS.

50 La fibra óptica es interrogada por pulsos ópticos generados por la unidad interrogadora y, por lo tanto, solo se necesita energía para las unidades interrogadoras.

55 En una configuración de red de transporte, un sistema DAS proporciona de esta manera la capacidad de lograr tanto una resolución espacial deseada como un alcance de cobertura que sería muy difícil y costoso de lograr utilizando otras tecnologías de detección y que permite el monitoreo en tiempo real y/o control de la red de transporte.

60 Como se mencionó anteriormente para proporcionar cobertura sobre un área de interés grande, como con una red de transporte típica, puede ser necesario tener una pluralidad de fibras de detección que cubran diferentes partes del área de interés, cada fibra de detección es interrogada por una unidad interrogadora DAS adecuada. Esto puede implicar una pluralidad de unidades interrogadoras DAS que se despliegan en el área que se va a monitorizar, al menos algunas de las cuales pueden estar alejadas entre sí.

65

Las realizaciones de la presente invención se refieren a métodos y aparatos para proporcionar un rastreo de objetivos en una red de sensores DAS con una pluralidad de unidades interrogadoras DAS.

5 Por lo tanto, de acuerdo con la presente invención se proporciona un método de rastreo de objetivos en una red de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende: rastrear objetivos en cada una de una pluralidad de nodos de rastreo de la red DAS, en la que cada nodo de rastreo:

recibe señales de medición desde uno o más sensores DAS;

10 aplica un algoritmo de rastreo a dichas señales de medición para rastrear cualesquier objetivos en una zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS; y

mantiene, para cada objetivo, un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear ese objetivo;

15 el método comprende adicionalmente:

identificar cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo de rastreo y suministrar desde el primer nodo de rastreo al segundo nodo de rastreo un Descriptor de Objetivo para el primer objetivo en el que el Descriptor de Objetivo comprende al menos alguno del conjunto de datos de rastreo para el primer objetivo; y

20 utilizar el Descriptor de Objetivo en el segundo nodo de rastreo para rastrear cualquier entrada del primer objetivo en la segunda zona de rastreo.

25 Por lo tanto, el método se entrega desde el primer nodo de rastreo hasta los segundos datos de nodo de rastreo con respecto al objetivo que se va a rastrear. En uso, se describirá en más detalle adelante, un algoritmo de rastreo mantendrá un conjunto de datos de rastreo que pertenecen al objetivo para los propósitos de rastreo. Este conjunto de datos de rastreo se puede basar en datos históricos desde el rastreo del objetivo. En esta realización el primer nodo de rastreo proporciona al menos alguno del conjunto de datos de rastreo como parte de un Descriptor de Objetivo para ayudar a la adquisición del objetivo por el segundo nodo de rastreo. Esto evita que el segundo nodo de rastreo tenga que adquirir y rastrear el objetivo completamente nuevo como si fuera un objetivo completamente nuevo. En efecto, los objetivos se entregan entre los nodos de rastreo

30 El Descriptor de Objetivo también puede comprender una identificación para el primer objetivo que es único a través de la red DAS.

En algunas realizaciones el conjunto de datos de rastreo comprende al menos uno de: posición actual, velocidad, aceleración y tasa de cambio de aceleración. En algunas realizaciones el conjunto de datos de rastreo puede comprender un vector de estado y matriz de covarianza para un filtro Kalman.

40 En alguna realización el Descriptor de Objetivo para el primer objetivo puede comprender todo el conjunto de datos de rastreo mantenido por el primer nodo de rastreo para el primer objetivo.

45 El Descriptor de Objetivo para el primer objetivo puede comprender adicionalmente una marca de tiempo que indica la última vez que el conjunto de datos de rastreo se actualiza o valida.

La etapa de identificar cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo de rastreo se puede realizar mediante el primer nodo de rastreo. En dicho caso cada nodo de rastreo puede ser consciente de al menos sus nodos de rastreo vecinos con zonas de rastreo que rayan o se superponen con su zona de rastreo.

50 Sin embargo, en algunos casos la etapa de identificar cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo de rastreo se puede realizar mediante un nodo de red de control que recibe información acerca de los objetivos que se van a rastrear por cada uno de los nodos de rastreo. El nodo de control puede identificar cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo de rastreo y luego puede generar una señal de control al primer nodo de rastreo dándole instrucciones para transmitir el Descriptor de Objetivo relevante. La señal de control puede instruir el primer nodo de rastreo para enviar el Descriptor de Objetivo relevante al segundo nodo de rastreo. Alternativamente el nodo de control puede recibir el Descriptor de Objetivo relevante y reenviarlo al segundo nodo de rastreo.

60 El Descriptor de Objetivo puede comprender un primer campo que indica que el nodo de rastreo es responsable del primer objetivo. El primer nodo de rastreo en algunas realizaciones puede proporcionar al menos un Descriptor de Objetivo al segundo nodo de rastreo con el primer conjunto de campo para indicar que el primer nodo de rastreo es responsable del primer objetivo y posteriormente proporcionar un Descriptor de Objetivo actualizado al segundo

nodo de rastreo con el primer conjunto de campo para indicar que el primer nodo de rastreo ya no es responsable del primer objetivo.

En algunas realizaciones cada nodo de rastreo se puede configurar, para al menos algunos objetivos de se van a rastrear, para mantener al menos una plantilla de filtro coincidente para el objetivo y para rastrear el objetivo relevante utilizando al menos un filtro coincidente. En cuyo caso el Descriptor de Objetivo puede comprender al menos una plantilla de filtro coincidente mantenida por el primer nodo de rastreo para el primer objetivo. El segundo nodo de rastreo puede utilizar al menos una plantilla de filtro coincidente desde el Descriptor de Objetivo para adquirir y rastrear el primer objetivo en la segunda zona de rastreo.

La red DAS se puede configurar para rastrear el movimiento del tráfico en una red de transporte. La red de transporte puede ser una red ferroviaria.

En otro aspecto se proporciona un nodo de rastreo para una red de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

un procesador configurado, para en uso:

recibir señales de medición desde uno o más sensores DAS; y

aplicar un algoritmo de rastreo a dichas señales de medición para rastrear cualesquier objetivos en una primera zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS;

en el que el algoritmo de rastreo se configura para mantener, para cualquier dicho objetivo, un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear ese objetivo;

en el que el procesador se configura de tal manera que, cuando un primer objetivo alcanza una segunda zona de rastreo de otro nodo de rastreo de la red DAS, el procesador transmite un Descriptor de Objetivo para ese primer objetivo al nodo de rastreo apropiado para dicha segunda zona de rastreo,

en el que dicho Descriptor de Objetivo comprende al menos parte de dicho conjunto de datos de rastreo.

El nodo de rastreo de este aspecto puede estar dispuesto para implementar el método de cualquiera de las variantes del primer aspecto.

El procesador se puede configurar adicionalmente para: recibir un Descriptor de Objetivo para un segundo objetivo, en el que el Descriptor de Objetivo para el segundo objetivo corresponde a datos a cerca de un objetivo en una zona de rastreo de otro nodo de rastreo de la red de sensor DAS que se acerca a la primera zona de rastreo. Se puede configurar el procesador para utilizar dicho Descriptor de Objetivo para rastrear cualquier entrada del segundo objetivo en la primera zona de rastreo.

En otro aspecto se proporciona un nodo de rastreo para una red de sensores de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

un procesador configurado para, en uso:

recibir señales de medición desde uno o más sensores DAS; y

aplicar un algoritmo de rastreo a dichas señales de medición para rastrear cualesquier objetivos en una primera zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS;

en el que el algoritmo de rastreo se configura para mantener, para cualquier dicho objetivo, un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear ese objetivo;

en el que el procesador se configura para recibir un Descriptor de Objetivo para un primer objetivo, en el que el Descriptor de Objetivo para el primer objetivo corresponde a datos a cerca de un objetivo en una segunda zona de rastreo de otro nodo de rastreo de la red de sensor DAS que se acerca a la primera zona de rastreo, y

el procesador se configura para utilizar dicho Descriptor de Objetivo para rastrear cualquier entrada del primer objetivo en la primera zona de rastreo.

El nodo de rastreo de este aspecto también puede estar dispuesto para implementar el método de cualquiera de las variantes del primer aspecto.

También se proporciona un nodo de control para una red de sensores de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

un controlador configurado para recibir parámetros objetivo desde una pluralidad de nodos de rastreo, cada nodo de rastreo comprende uno o más sensores DAS y un procesador configurado para aplicar un algoritmo de rastreo para rastrear cualesquier objetivos en una primera zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS; en el que el controlador se configura para determinar cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo y para controlar la transferencia de un Descriptor de Objetivo desde el nodo de rastreo asociado con la primera zona de rastreo al nodo de rastreo asociado con la segunda zona de rastreo, en la que el Descriptor de Objetivo comprende al menos parte de un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear el primer objetivo.

La invención se describirá ahora solo a modo de ejemplo con respecto a las figuras adjuntas, de las cuales:

La Figura 1 ilustra un ejemplo de una red de sensores DAS;

La Figura 2 ilustra una unidad interrogadora DAS; y

La Figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 1 ilustra un ejemplo de una red 100 de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS). La red 100 DAS está dispuesta para proporcionar monitorización de un área de interés y en este ejemplo la red está dispuesta para proporcionar monitorización de una red de transporte ferroviario que comprende uno o más ferrocarriles o vías 101 ferroviarias. La red 100 DAS comprende una pluralidad de fibras 102-1 a 102-5 ópticas cada una desplegada a lo largo de una ruta de interés. En este ejemplo, cada una de las fibras 102-1 a 102-5 ópticas, a las que se hará referencia en el presente documento como fibras de detección, se despliega de tal manera que al menos parte de la fibra de detección discurre generalmente a lo largo de la ruta de la parte de las vías 101 ferroviarias. Cada fibra 102-1 a 102-5 de detección está unida a una unidad 103-1 a 103-5 interrogadora DAS respectiva. En uso, la unidad interrogadora DAS puede realizar una detección acústica distribuida en la fibra óptica de detección. La combinación de una unidad 103 interrogadora DAS y la fibra 102 de detección se denominará en el presente documento como un sensor DAS.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de la unidad 103 interrogadora DAS. Como se discutió, la fibra 102 de detección está acoplada ópticamente en un extremo a la unidad 103 interrogadora, ya sea directamente a través de alguna conexión extraíble adecuada o en algunos casos indirectamente, por ejemplo, a través de una fibra intermedia o similar. Como se mencionó, la fibra 102 de detección puede tener muchos kilómetros de longitud y puede tener, por ejemplo, 40 km o más de longitud. La fibra de detección puede ser una fibra óptica estándar, de modo único no modificado, tal como se utiliza habitualmente en aplicaciones de telecomunicaciones sin la necesidad de sitios de reflexión introducidos deliberadamente, tales como una rejilla Bragg de fibra o similares. La capacidad de utilizar una longitud no modificada de fibra óptica estándar para proporcionar detección significa que se puede utilizar fibra disponible de bajo coste. Sin embargo, en algunas realizaciones, la fibra de detección puede comprender una fibra óptica que ha sido fabricada o dispuesta para ser especialmente sensible a las vibraciones incidentes. Normalmente, la fibra óptica de detección formará parte de una estructura de cable de fibra óptica, posiblemente como un paquete de fibras ópticas dentro del cable y opcionalmente con otros componentes tales como elementos de refuerzo o armadura o elementos dispuestos para adaptar la respuesta a las tensiones transversales. Como la fibra de detección es normalmente relativamente barata, la fibra de detección puede desplegarse en una ubicación de una manera relativamente permanente ya que los costes de dejar la fibra in situ no son significativos. Por ejemplo, al menos partes de la fibra de detección pueden estar enterradas en el suelo junto a la vía ferroviaria.

En funcionamiento, la unidad 103 interrogadora lanza radiación electromagnética de interrogación coherente, que puede comprender, por ejemplo, una serie de pulsos ópticos que tienen un patrón de frecuencia seleccionado, en la fibra de detección. Los pulsos ópticos pueden tener un patrón de frecuencia como se describe en las publicaciones de patente GB2,442,745 o WO2012/137022, aunque también se conocen y se pueden utilizar sensores DAS que utilizan un solo pulso de interrogación o una onda modulada continuamente. Tenga en cuenta que, como se utiliza en el presente documento, el término "óptico" no se limita al espectro visible y la radiación óptica incluye radiación infrarroja y radiación ultravioleta. Por lo tanto, la unidad 103 interrogadora comprende al menos un láser 201 y al menos un modulador 202 óptico para producir la radiación de interrogación, que en una realización puede comprender una pluralidad de pulsos ópticos separados por una diferencia de frecuencia óptica conocida.

Como se describe en GB2,442,745 o WO2012/137022, el fenómeno de la retrodispersión de Rayleigh resulta en que una fracción de la entrada de luz en la fibra se dispersa de regreso a la unidad interrogadora, en la que se detecta y procesa para proporcionar una señal de medición que es representativa de las perturbaciones que actúan sobre la fibra. Como la radiación de interrogación es coherente, la retrodispersión de Rayleigh recibida en el interrogador en cualquier instante es una señal de interferencia de la retrodispersión generada dentro de la fibra desde una posición particular en la fibra. Se observará que esta retrodispersión de Rayleigh se genera por interacción entre la radiación de interrogación y los sitios de dispersión inherentes presentes dentro de la fibra óptica. Por lo tanto, la función de detección puede distribuirse eficazmente por toda la fibra de detección (aunque los retornos se procesan en intervalos de tiempo para proporcionar resultados de porciones de detección individuales de la fibra). Por lo tanto,

dicho sensor se denomina sensor distribuido o sensor intrínseco, ya que la detección se distribuye por todas partes y es intrínseca a la fibra misma. Esto contrasta con los sensores que utilizaban fibras que tenían rejillas Bragg de fibra (FBG) o sitios de reflexión extrínsecos similares introducidos deliberadamente donde la función de detección se proporciona en áreas definidas, normalmente como un sensor de punto.

La distribución de los sitios de dispersión a través de la fibra de detección es efectivamente aleatoria y, por lo tanto, la señal de interferencia de retrodispersión incluye un componente que varía aleatoriamente a lo largo de la fibra de detección. Sin embargo, en general, en ausencia de cualquier estímulo ambiental que actúe sobre la fibra de detección, las características de la retrodispersión de una porción de detección dada de la fibra serán las mismas para las interrogaciones sucesivas (suponiendo que las características de la radiación interrogación no cambien). Sin embargo, un estímulo ambiental tal como una onda acústica incidente que crea una tensión dinámica en una sección de fibra dará como resultado un cambio en la longitud efectiva de la ruta óptica para esa porción de detección con una variación resultante en las propiedades de la señal de interferencia de retrodispersión desde esa sección. Esta variación se puede detectar y utilizar para indicar el alcance de las perturbaciones que actúan sobre la fibra de detección.

Por lo tanto, la unidad 103 interrogadora también comprende al menos un fotodetector 203 dispuesto para detectar la radiación que se retrodispersa Rayleigh de los sitios de dispersión intrínseca dentro de la fibra 102. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que, aunque un sensor DAS de retrodispersión Rayleigh es muy útil en realizaciones de la presente invención, los sistemas basados en la dispersión de Brillouin o Raman también son conocidos y podrían utilizarse en algunas realizaciones de la invención.

La señal del fotodetector es procesada por el procesador 204 de señal en contenedores de tiempo correspondientes al tiempo de viaje de ida y vuelta a porciones de detección definidas de la fibra de detección. Las señales en cada intervalo de tiempo se procesan para detectar cualquier variación en las propiedades de retrodispersión y generar una señal de medición para cada porción de detección.

En algunos ejemplos, el procesador de señal demodula la señal devuelta basándose en la diferencia de frecuencia entre los pulsos ópticos de la radiación de interrogación lanzada en la fibra de detección. El interrogador puede funcionar como se describe en GB2,442,745 o WO2012/137022 por ejemplo o como se describe en WO2012/137021. En algunas realizaciones, el procesador de señal también puede aplicar un algoritmo de desenvolvimiento de fase.

En algunos ejemplos, la fase de una señal de medición se deriva de la luz retrodispersada de varias secciones de la fibra óptica. Cualquier cambio en la longitud efectiva de la ruta óptica dentro de una sección dada de fibra, como sería debido a las ondas de presión incidentes que provocan tensión en la fibra, conducirá a un cambio en la fase medida entre las interrogaciones repetidas. Por lo tanto, los cambios dinámicos que actúan sobre la fibra se pueden detectar en cada una de una pluralidad de porciones de detección de la fibra óptica.

La forma de la entrada óptica y el método de detección permiten que una única fibra óptica continua se resuelva espacialmente en porciones discretas de detección longitudinal. Es decir, la señal acústica detectada en una porción de detección puede proporcionarse de manera sustancialmente independiente de la señal detectada en una porción adyacente. La resolución espacial de las porciones de detección de fibra óptica puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 10 m, lo que para una longitud continua de fibra del orden de 40 km proporciona 4000 canales acústicos independientes o más o menos desplegados a lo largo de los 40 km de fibra. Se podrían disponer más canales en una fibra con un ancho de canal diferente.

Obsérvese que el término "acústico" significará cualquier tipo de onda de presión o perturbación mecánica que pueda dar como resultado un cambio de tensión en una fibra óptica y para evitar dudas, el término acústico debe considerarse que incluye también ondas ultrasónicas y subsónicas así como ondas sísmicas. Como se utiliza en esta especificación, el término "detección acústica distribuida" o "DAS" se entenderá como detección al interrogar ópticamente una fibra óptica para proporcionar una pluralidad de porciones discretas de detección acústica distribuidas longitudinalmente a lo largo de la fibra y el término "sensor acústico distribuido" se interpretará de acuerdo con lo anterior.

La salida de la unidad 103 interrogadora puede ser, por lo tanto, una señal de medición para cada porción de detección de la fibra de detección relevante que es indicativa de las señales acústicas o las tensiones dinámicas que actúan sobre esa porción de detección. Las porciones de detección individuales también se pueden denominar como canales del sensor DAS. La salida de la unidad 103 interrogadora se puede pasar a una unidad 104 de procesador que se puede configurar para analizar las señales de medición de los diversos canales para buscar señales características de un evento de interés.

En el ejemplo ilustrado en la Figura 1, una unidad 104 de procesamiento puede estar dispuesta para procesar las señales de medición de una o más unidades 103 interrogadoras DAS, es decir, de uno o más sensores DAS, para detectar uno o más eventos de interés en La red ferroviaria. En particular, la(s) unidad(es) de procesamiento se pueden configurar para detectar señales de medición características del movimiento de un tren 105 en una sección

del ferrocarril 101. La(s) unidad(es) 104 de procesamiento también pueden estar configuradas para rastrear el movimiento del tren en la red. Por lo tanto, se puede disponer una unidad de procesamiento para implementar un rastreador, es decir, para aplicar un algoritmo de rastreo a las señales de medición del sensor o sensores DAS, para rastrear el movimiento de un objetivo, en este ejemplo un tren en la red ferroviaria. De este modo, el rastreador utiliza los datos de medición DAS disponibles para esa unidad de procesamiento.

Una unidad 104 de procesador se puede ubicar conjuntamente con una unidad 103 interrogadora o remota de la misma. Sin embargo, en la práctica, cada unidad interrogadora, en uso, generará una cantidad relativamente significativa de datos. Para evitar la carga de tener que transmitir grandes cantidades de datos alrededor de la red DAS o hacia algún nodo 107 de control, las unidades 104 de procesador pueden tender a ubicarse junto con una o más unidades interrogadoras para proporcionar un procesamiento local de las señales de medición.

Por lo tanto, las unidades 104 de procesamiento se pueden ver como nodos de rastreo de la red DAS.

En referencia a la Figura 1, la red DAS puede comprender una pluralidad de nodos 106-1 a 106-3 de rastreo distribuidos, posiblemente también con al menos un nodo 107 de control. En algunos nodos de rastreo, por ejemplo, el nodo 106-1, de rastreo la unidad 104 de procesamiento puede recibir datos solo de una única unidad 103-1 interrogadora. Sin embargo, en algunos nodos de rastreo, una unidad 104 de procesador se puede ubicar junto con dos o más unidades interrogadoras, como se ilustra por los nodos 106-2 y 106-3 de rastreo. Por lo tanto, los datos DAS disponibles para una unidad 104 de procesamiento en un nodo de rastreo pueden comprender señales de medición de una o más unidades 103 de interrogador DAS, es decir, de uno o más sensores DAS.

En general, el rastreador se implementará para operar en un conjunto sustancialmente contiguo de canales DAS que están calibrados espacialmente, es decir, se conoce la disposición espacial de los canales DAS entre sí. Por lo tanto, el rastreador implementado en el nodo 106-1 de rastreo opera para rastrear un objetivo a través de los canales de fibra 102-1 de detección. El rastreador implementado en el nodo 106-2 de rastreo opera para rastrear un objetivo a través de los canales de las fibras 102-2 y 102-3 de detección que, en este ejemplo, forman un conjunto sustancialmente continuo de canales DAS consecutivos.

Cada rastreador puede identificar y rastrear objetivos que se mueven en su sección monitorizada de la red, es decir, una zona rastreadora correspondiente a un área monitorizada por uno o más sensores DAS que suministran datos a un nodo 106 rastreador dado. Información con respecto al objetivo rastreado puede proporcionarse a un nodo 107 de control, por ejemplo, un centro de control de red de tráfico, evitando así la necesidad de transmitir los datos de medición acústica base, es decir, los datos subyacentes generados por la(s) unidad(es) de interrogador DAS.

Cada nodo de rastreo puede implementarse normalmente para mantener, para cada objetivo identificado, un conjunto de datos de rastreo de las propiedades del objetivo para el rastreo de ese objetivo. La forma exacta del conjunto de datos de rastreo variará dependiendo de la implementación del rastreador específico, pero, por ejemplo, un rastreador puede mantener un conjunto de datos para cada objetivo con valores para uno o más de: posición actual, velocidad, aceleración y tasa de cambio de aceleración. En algunas realizaciones, se puede emplear un método de rastreo más sofisticado, por ejemplo, utilizando un filtro Kalman. En este caso, el estado interno del filtro representado por el vector de estado y la matriz de covarianza puede formar al menos parte del conjunto de datos pertinente.

Independientemente de la sofisticación del rastreador, se puede implementar para operar con datos unidimensionales en el caso de un objetivo restringido, tal como un tren en una vía de ferrocarril. Para monitorizar un ferrocarril en el que se despliega una fibra de detección para correr generalmente a lo largo del camino de la vía ferroviaria, los canales DAS se pueden mapear en gran medida a la progresión a lo largo de la pista y el rastreador puede estar obligado a rastrear objetivos que se mueven a lo largo de los canales.

Sin embargo, en algunas aplicaciones, el rastreador puede operar con datos bidimensionales, por ejemplo, para rastrear un objetivo de superficie tal como un peatón o un vehículo de superficie que está menos limitado. En algunas aplicaciones, puede ser apropiado que dicho rastreador opere con datos tridimensionales. Por ejemplo, se ha propuesto DAS para determinar la ubicación en tres dimensiones de un cabezal de perforación que se utiliza para perforar un pozo y se puede implementar un rastreador para rastrear el progreso de la perforación. En dicho ejemplo, se pueden requerir datos de más de la fibra de detección DAS para proporcionar una estimación de la posición tridimensional.

Con referencia a la Figura 1, un rastreador implementado por la unidad de procesamiento del nodo 106-2 de rastreo puede, por lo tanto, rastrear el movimiento del tren 105 a lo largo de la vía ferroviaria. Sin embargo, se verá que en algún momento el tren abandonará la sección de la red ferroviaria monitorizada al detectar la fibra 102-3 y avanzará a una sección de la vía ferroviaria que es monitorizada al detectar la fibra 102-4 que es interrogada por la unidad 103-4 interrogadora que se asocia con una unidad de procesamiento diferente. Por lo tanto, se apreciará que las señales correspondientes a este objetivo, es decir, el tren, desaparecerán de los datos disponibles para el rastreador en el nodo 106-2 de rastreo y, en cambio, comenzarán a aparecer en los datos disponibles para un rastreador

separado implementado en el nodo 106-3 de rastreo) En otras palabras, el objetivo cruzará desde la zona de rastreo del nodo 106-2 de rastreo a la zona de rastreo del nodo 106-3 de rastreo.

Las realizaciones de la presente invención se refieren a métodos y aparatos para la transferencia de objetivos entre rastreadores separados de una red de sensores DAS. Por lo tanto, las realizaciones se relacionan así con la identificación cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo de rastreo y suministra datos desde el primer nodo de rastreo al segundo nodo de rastreo que mejorará la adquisición y el rastreo del objetivo por el segundo nodo de rastreo.

El rendimiento de un rastreador, en términos de la precisión de la posición actual y/o la velocidad de un objetivo y/o la precisión de una predicción de velocidad/ubicación es generalmente mejor cuando un objetivo identificado ha sido rastreado durante algún tiempo, es decir solo después de que los datos históricos correspondientes a un cierto período posterior a la adquisición del objetivo estén/hayan estado disponibles para el rastreador. De acuerdo con los métodos de la presente divulgación, los datos con respecto a un objetivo se pasan de un primer nodo de rastreo a un segundo nodo de rastreo para mitigar cualquier caída en el rendimiento asociado con el segundo nodo de rastreo que tiene que adquirir y rastrear el objetivo completamente por sí mismo sin el beneficio de cualquier dato histórico, es decir, como si fuera un objetivo totalmente nuevo. Al proporcionar al menos alguna información sobre el objetivo de un nodo de rastreo a otro, por ejemplo, de una unidad de procesamiento a otra unidad de procesamiento, de una red DAS, se puede mejorar el rendimiento de rastreo en toda la red.

En un método de acuerdo con una realización, los datos que se pasan de un nodo de rastreo a otro nodo de rastreo comprenden un Descriptor de Objetivo para el objetivo relevante. El Descriptor de Objetivo puede comprender al menos parte, y posiblemente todo, del conjunto de datos que el rastreador mantiene para cada objetivo como se discutió anteriormente, por ejemplo, posición actual, velocidad, aceleración y/o tasa de cambio de aceleración. El Descriptor de Objetivos también comprende una identificación única para cada objetivo, por ejemplo, un número o código de objetivo único que es único en la red DAS. La identificación podría generarse de manera procesal, por ejemplo, con base en la hora y la ubicación de la primera detección de un nuevo objetivo, a fin de garantizar que cada nodo de rastreo pueda generar una ID única cuando sea necesario o que la próxima identificación de una lista predefinida pueda ser asignada por la unidad de procesamiento de un nodo de rastreo o recibido desde un nodo de control.

En algunas realizaciones, el Descriptor de Objetivo también puede comprender una marca de tiempo para el conjunto de datos del rastreador, es decir, una indicación de la hora en la que el conjunto de datos se actualizó/validó por última vez. Esto puede permitir hacer predicciones de rastreo con una referencia en tiempo real.

Cuando un objetivo se mueve fuera de la zona de rastreo de un nodo de rastreo, es decir, las áreas que están siendo monitorizadas por un rastreador (un "rastreador titular"), el Descriptor de Objetivo relevante para ese objetivo puede pasar al menos a un nodo de rastreo asociado con una zona de rastreo de destino probable (es decir, un posible 'rastreador sucesor'). Por lo tanto, en el ejemplo ilustrado en la Figura 1, a medida que el tren 105 se mueve desde la sección de vía monitorizada al detectar la fibra 102-3 a la sección de vía monitorizada al detectar la fibra 102-4, el rastreador titular se ejecuta en la unidad 104 de procesamiento en el nodo 106-2 de rastreo entregará el Descriptor de Objetivo relevante a un rastreador sucesor que se ejecute en la unidad 104 de procesamiento del nodo 106-3 de rastreo. El Descriptor de Objetivo se puede comunicar al rastreador sucesor poco antes de que el objetivo se mueva entre las dos corrientes de datos. El momento óptimo de este evento puede depender de los detalles de la aplicación, pero normalmente el Descriptor de Objetivo debe pasarse justo antes de que la señal del objetivo comience a aparecer en el flujo de datos del rastreador sucesor.

En algunos casos, el método puede comprender adicionalmente pasar posteriormente al menos un Descriptor de Objetivo actualizado que llevará datos más recientes. De esta forma, el rastreador sucesor recibe una alerta temprana del objetivo cuando está a punto de aparecer, pero también recibe los detalles más actualizados del conjunto de datos a medida que el objetivo pasa entre las zonas de rastreo de origen y destino. Como se mencionó anteriormente, cada Descriptor de Objetivo lleva una identificación única para el objetivo, de modo que este proceso podría repetirse varias veces sin ambigüedad si la aplicación lo exige.

Convenientemente, el rastreador titular proporciona el Descriptor de Objetivo solo a aquellos nodos de rastreo con zonas de rastreo correspondientes que son destinos probables para el objetivo relevante. En otras palabras, cuando el tren pasa de la sección de vía junto a la fibra 102-3 de detección a la sección de vía junto a la fibra 102-4 de detección, el Descriptor de Objetivo relevante se pasa a la unidad 104 de procesamiento del nodo 106-3 de rastreo, pero no al nodo 106-1 de rastreo. En algunas realizaciones, al menos la topología de la red local puede ser conocida por los nodos de rastreo individuales, es decir, un primer nodo de rastreo puede ser consciente de sus nodos de rastreo vecinos con zonas de rastreo que bordean o se superponen con la zona de rastreo del primer nodo de rastreo. Sin embargo, en algunas realizaciones, un nodo de rastreo individual puede comunicarse con un nodo 107 de control y puede ser el nodo 107 de control que identifica cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo de rastreo se está acercando a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo de rastreo. En este caso, el nodo 107 de control puede tomar medidas para garantizar que el Descriptor de Objetivo relevante se comunique desde el primer nodo de rastreo al segundo nodo de rastreo. En algunas realizaciones, el

nodo de control puede enviar una señal de control al primer nodo de rastreo indicándole que envíe el Descriptor de Objetivo relevante al segundo nodo de rastreo. Alternativamente, el nodo de control puede recibir el Descriptor de Objetivo desde el primer nodo de rastreo y reenviarlo al segundo nodo de rastreo.

Para una red ferroviaria esto sería relativamente simple. Por ejemplo, en el ejemplo que se muestra, un tren 105 que viaja como se muestra pasará inevitablemente desde la sección de vía monitorizada por la fibra 102-3 de detección a la monitorizada por la fibra 102-4 de detección. Por lo tanto, un tren que viaja en esta dirección solo puede pasar de la zona de rastreo del nodo 106-2 de rastreo a la zona de rastreo del nodo 106-3 de rastreo. Si el tren continúa viajando en la misma dirección general, a su debido tiempo pasará a la sección de vía monitorizada al detectar la fibra 102-5, pero permanecerá en la zona de rastreo del nodo 106-3 de rastreo. Sin embargo, se observará que, en este ejemplo, puede ser posible que el tren tome una derivación diferente, es decir, se monitorice al detectar la fibra 102-1 y, por lo tanto, se asocie con la zona de rastreo del nodo 106-1 de rastreo. A medida que el tren se acerca a esta derivación de la red, el Descriptor de Objetivo también se puede proporcionar al rastreador sucesor candidato asociado con el nodo 106-1 de rastreo en caso de que el tren tome la derivación. La disposición de las diversas zonas de rastreo está, por lo tanto, relativamente bien definida y es simple.

En la red ferroviaria, también se puede conocer la monitorización de la ruta prevista de un tren dado a través de la red y/o el movimiento esperado del tren dado del estado actual de las señales de control para la red. En otras palabras, se puede esperar que un tren rastreado vaya de cierta manera en un posible punto de derivación.

Para otras aplicaciones, por ejemplo, un sistema de protección de fronteras a gran escala, que puede ser necesario para rastrear el movimiento de personal y/o vehículos que son libres de moverse de una manera menos restringida y/o en el que puede haber múltiples fibras de detección diferentes que proporcionan zonas de rastreo que se traslapan al menos parcialmente, la determinación del posible rastreador sucesor candidato puede ser más compleja y el Descriptor de Objetivo puede proporcionarse a varios rastreadores sucesores candidatos, es decir, los nodos de rastreo de varias posibles zonas de rastreo de destino, con base en la mejor estimación de la posición objetivo y trayectoria.

En algunas realizaciones, un rastreador titular puede incluir un campo, por ejemplo, una bandera, en el Descriptor de Objetivo que indica que actualmente es el rastreador responsable de un objetivo particular. En este caso, un rastreador sucesor puede utilizar el conjunto de datos objetivo para ayudar en la adquisición del objetivo, pero puede no comenzar a informar los parámetros objetivo, por ejemplo, a un control 207 central. De esta manera, el rastreador sucesor no proporciona un informe objetivo mientras el objetivo está aún está siendo rastreado por el rastreador titular, que a su vez proporcionará informes de objetivos. Cuando el rastreador titular pierde el objetivo o pierde suficiente confianza en el rastreo del objetivo, se puede proporcionar un Descriptor de Objetivo actualizado al rastreador sucesor con el restablecimiento del indicador correspondiente para que el rastreador sucesor se pueda convertir en el nuevo rastreador titular y comenzar a informar los parámetros del objetivo. Adicionalmente o alternativamente, el rastreador sucesor puede estar dispuesto para utilizar el Descriptor de Objetivo para ayudar en la adquisición del objetivo. Si el rastreador sucesor adquiere el objetivo con buena confianza, puede indicarle al rastreador titular que el objetivo ha sido adquirido y en ese momento el rastreador sucesor puede convertirse en el nuevo rastreador titular y asumir la responsabilidad de informar.

Sin embargo, en algunas realizaciones se pueden disponer múltiples rastreadores para cada rastreo e informar el mismo objetivo. Por lo tanto, un rastreador titular y un rastreador sucesor pueden proporcionar informes de objetivos siempre que ambos puedan rastrear el objetivo. Siempre que la identificación única para el objetivo, que se compartirá con los rastreadores, se incluya en el informe, no habrá ambigüedad en la presentación de informes y el informe múltiple puede ser útil para algún nodo de control con propósitos de confianza o redundancia.

De acuerdo con los métodos de acuerdo con la presente divulgación, un objetivo puede ser rastreado continuamente a través de una red arbitraria que tiene una cobertura DAS esencialmente contigua sin que el objetivo tenga que ser adquirido más de una vez.

Como se mencionó anteriormente en la aplicación particular a la red ferroviaria que monitorea la ruta prevista de los objetivos, es decir, los trenes, puede conocerse y/o puede conocerse el estado de las señales que controlan el movimiento del tráfico en la red. Por lo tanto, las técnicas de rastreo de objetivos se pueden utilizar para confirmar que los objetivos se mueven de acuerdo con la señalización. Esto puede ser un requisito para algunos tipos de sistemas de rastreo, por ejemplo, un requisito para un sistema de Integración de Seguridad de Nivel 4 (SIL-4) puede ser que el objetivo pase entre sensores como se predijo. Por lo tanto, el control de rastreo y el control de señalización pueden estar en comunicación entre sí para garantizar que el movimiento del tráfico sea el previsto y que los sensores funcionen correctamente.

En algunas realizaciones para optimizar el rendimiento general del sistema, es deseable utilizar como entrada al rastreador, un detector de objetivo que está diseñado para maximizar la SNR para el objetivo particular.

Se ha apreciado que, en determinadas circunstancias, un objetivo puede generar una señal relativamente coherente y distintiva en los datos DAS. Por ejemplo, considere un vehículo que se mueve a lo largo de una red de transporte

que está siendo detectado por un sensor DAS con una fibra de detección enterrada en el suelo para correr generalmente a lo largo de la ruta de una parte de la red de transporte. Las señales acústicas generadas por el vehículo a medida que se mueve a lo largo de la pista pueden ser razonablemente consistentes. El acoplamiento de estas señales al sensor DAS también puede ser razonablemente consistente. Dado que el sensor DAS se ejecuta continuamente junto con la red de transporte, es posible desarrollar una cantidad razonable de datos consistentes sobre el movimiento del objetivo, lo que sería difícil de obtener con otros tipos de sensores.

Se ha apreciado que en tal caso puede ser posible generar un filtro coincidente para el objetivo particular. Un filtro coincidente es la técnica de procesamiento de señal lineal que discrimina efectivamente para una señal característica particular y, por lo tanto, proporciona una buena relación señal/ruido (SNR) para la señal de interés.

Se ha encontrado que esta técnica es altamente aplicable para rastrear el movimiento de vehículos ferroviarios en una red ferroviaria ya que la suavidad de los rieles significa que la señal DAS está dominada por el espaciado de las ruedas y la distribución de carga que permanecen consistentes durante el movimiento del vehículo. Por el contrario, el movimiento de un vehículo tal como un camión sobre una superficie relativamente rugosa, por ejemplo, una carretera sin pavimentar o similar, puede dar lugar a una señal DAS generalmente inconsistente debido a la rugosidad de la superficie y baches, etc.

Por lo tanto, en algunas realizaciones, un rastreador individual se puede configurar para derivar un filtro coincidente para un objetivo identificado o al menos determinar si se puede derivar un filtro coincidente que mejore la SNR. Una plantilla para el filtro coincidente se puede derivar de varios canales de datos DAS durante un período de tiempo, que en algunos casos puede ser relativamente corto, por ejemplo, durante los primeros segundos posteriores a la adquisición del objetivo con un detector generalizado (es decir, antes de un filtro coincidente) Esté aplicado). Una vez que el filtro coincidente esté en funcionamiento, proporcionará una mejora significativa en la SNR para el objetivo particular. Esto también mejorará la precisión de la posición y velocidad del objetivo informadas y puede proporcionar un cierto grado de inmunidad a señales extrañas que de otra manera diluirían el rendimiento del rastreo. El uso del filtro coincidente también puede proporcionar la capacidad de continuar un rastreo preciso por debajo del nivel de señal necesario para adquirir de manera confiable con un detector generalizado.

En uso mientras se rastrea un objetivo, la plantilla de filtro coincidente se puede ajustar automáticamente según la velocidad para garantizar que se mantenga la coincidencia. En algunas realizaciones en uso mientras se rastrea un objetivo, la plantilla de filtro coincidente se puede adaptar utilizando técnicas de filtro adaptativo para asegurar que se mantenga un rendimiento óptimo si el entorno varía. Por ejemplo, en la aplicación para rastrear vehículos ferroviarios, un cambio en la densidad del balasto del balasto para la vía ferroviaria o variaciones en la distancia entre la fibra de detección y la vía ferroviaria puede dar como resultado que el filtro combinado óptimo cambie lentamente con el tiempo. Las técnicas de adaptación mantienen así un buen rendimiento con los beneficios asociados descritos anteriormente.

En algunas circunstancias, puede ser beneficioso derivar y utilizar más de una plantilla de filtro coincidente para cada objetivo rastreado. Por ejemplo, al rastrear un tren largo, que podría tener varios cientos de metros o incluso kilómetros de longitud, puede ser ventajoso mantener filtros coincidentes para secciones relativamente cortas (por ejemplo, 100 m) en cada extremo del tren. En otras palabras, puede haber un filtro coincidente para la parte delantera del tren y otro para la parte trasera del tren. Dos filtros separados probablemente ofrecerán un mejor rendimiento al proporcionar una ubicación de la parte delantera y trasera del tren, lo que puede ser de gran importancia si la red de sensores DAS es parte de un sistema de control automático del tren. Un filtro coincidente único aplicado a todo el tren en esta circunstancia puede perder coherencia ya que los acoplamientos entre vagones del tren son relativamente conformes y, por lo tanto, partes del tren pueden sufrir cambios de longitud acumulados que afectan la precisión del filtro. Un rastreador con dos filtros coincidentes separados sintonizados para la parte delantera y trasera del tren, respectivamente, podría rastrear las posiciones de la parte delantera y trasera del tren con alta precisión, lo que se podría utilizar para informar la posición del tren y la detección de coches perdidos.

La naturaleza de la red de sensores DAS facilita la capacidad de derivar y utilizar filtros coincidentes de esta manera, especialmente en el rastreo de vehículos ferroviarios, y el uso de filtros coincidentes con datos de sensores DAS para rastrear vehículos ferroviarios es un aspecto novedoso de la presente divulgación. Al igual que con el rastreo mencionado anteriormente, sin embargo, el uso de filtros coincidentes requiere una cierta cantidad de datos históricos para funcionar correctamente, que se perderían cuando el objetivo pase de un rastreador titular a un rastreador sucesor.

Por lo tanto, en algunas realizaciones, el Descriptor de Objetivo que se puede pasar del rastreador titular a un rastreador sucesor puede incluir una plantilla de filtro coincidente para el objetivo particular. Pasar la plantilla de filtro coincidente asociada con un objetivo entre los rastreadores como la transición relevante del objetivo entre las áreas monitorizadas por el rastreador respectivo ayuda a mantener un rendimiento de rastreo óptimo a medida que los objetivos se mueven por la red de sensores DAS. Los datos de medición de los sensores DAS son generalmente muy consistentes de un sensor a otro y, por lo tanto, la plantilla de filtro coincidente puede ser utilizada directamente por el rastreador sucesor en los datos disponibles. La disponibilidad del filtro coincidente para el rastreador sucesor mejorará significativamente la capacidad del rastreador sucesor para identificar el objetivo, lo que puede mejorar la

confiabilidad de la transferencia del objetivo entre los dos rastreadores, especialmente si es ruidosa la región fronteriza entre las áreas monitorizadas por los respectivos rastreadores.

Las realizaciones de la presente invención se refieren, por lo tanto, a métodos y aparatos de rastreo de objetivos a través de una red DAS que tiene una pluralidad de sensores DAS y, en particular, para objetivos de rastreo a través de zonas de rastreo monitorizadas por diferentes sensores DAS que mantienen un buen rendimiento de rastreo. Los rastreadores se pueden implementar en diferentes partes de la red de sensores, es decir, en nodos de rastreo distribuidos, para evitar la transferencia de grandes cantidades de datos de medición alrededor de la red. Las realizaciones se relacionan con el traspaso de objetivos entre diferentes nodos de rastreo.

La Figura 3 ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo de un método.

En la etapa 301, un nuevo objetivo se puede identificar por un rastreador que se ejecuta en una unidad de procesamiento de un nodo de rastreo de la red DAS. Un nuevo objetivo es uno que es nuevo en la red DAS, al menos dentro de una determinada escala de tiempo y, por lo tanto, un nuevo objetivo no es uno que se transfiere desde otro nodo de rastreo. Un nuevo objetivo puede ser un objetivo que ingresa al área monitorizada por la red DAS desde fuera del área monitorizada. Un nuevo objetivo también puede ser un objetivo que se active dentro del área monitorizada por la red DAS. Por ejemplo, al monitorizar una red ferroviaria, un objetivo puede identificarse como un tren activo. En ocasiones, un tren puede estar inactivo, por ejemplo, durante la noche, un tren puede estacionarse efectivamente en un lugar conocido. La ubicación del tren puede ser conocida por un controlador de red ferroviaria, especialmente si está estacionado en una parte controlada de la red ferroviaria, pero no puede clasificarse como un objetivo activo y si está parado y sin alimentación no generará ninguna señal acústica para ser detectado por la red DAS. Cuando el tren se pone en marcha y comienza a moverse, puede ser detectado por un sensor DAS y, por lo tanto, clasificado como un nuevo objetivo activo. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que un tren activo puede detenerse de vez en cuando, por ejemplo, en una estación o en alguna señal de control, pero permanecer clasificado como un objetivo activo.

Si se detecta un objetivo que es nuevo en la red DAS, se le asignará una ID única. Esto puede ser generado procesalmente por el nodo de rastreo que detecta el nuevo objetivo de tal manera que cada ID de objetivo sea único o el nodo de rastreo simplemente puede asignar un código de una lista predefinida, donde cada nodo de rastreo tiene una lista de entradas únicas. Alternativamente, en cualquier nueva detección de objetivos, el nodo de rastreo relevante podría señalar la detección a algún nodo de control que asigne la ID única.

En algunas realizaciones después de la adquisición de un objetivo, se puede derivar una plantilla de filtro coincidente 302. Se puede recopilar una cierta cantidad de datos después de la adquisición del objetivo y utilizarla para derivar la plantilla de filtro coincidente. Un experto en la técnica entendería cómo se puede derivar una plantilla de filtro coincidente a partir de datos históricos.

Después de cualquier nueva detección de objetivo, el nodo de rastreo rastreará 303 el objetivo y también mantendrá un conjunto de datos de rastreo para el rastreador. Como se describió anteriormente, el conjunto de datos de rastreo dependerá de la implementación particular del algoritmo de rastreo utilizado, pero contiene información útil para el algoritmo de rastreo, tal como posición, velocidad, aceleración, etc.

En algunas realizaciones, el nodo de rastreo puede determinar, en la etapa 304, si es un rastreador titular para ese objetivo, es decir, un rastreador de la red DAS responsable de rastrear e informar sobre ese objetivo. Si es así, el nodo de rastreo informará los parámetros del objetivo en la etapa 305. La notificación de los parámetros del objetivo puede comprender informar la posición actual y la ID del objetivo, posiblemente junto con parámetros tales como rumbo, velocidad, aceleración, etc. y/o suministrar datos a alguna pantalla de visualización adecuada. Los parámetros objetivo se pueden reportar a algún controlador de red DAS, por ejemplo, algún nodo de control y/o transmitirse a una o más entidades predeterminadas dependiendo de la aplicación. Por ejemplo, en la aplicación de la monitorización ferroviaria, los parámetros objetivo se pueden proporcionar a una o más estaciones de control de la red ferroviaria para uso en la monitorización y/o control de la red ferroviaria.

Para una detección de objetivo totalmente nueva que es detectada por un solo nodo de rastreo, ese nodo de rastreo será el rastreador titular. En algunas realizaciones, cualquier nodo de rastreo que rastrea un objetivo puede ser un rastreador titular tan pronto como sea capaz de rastrear un objetivo y, por lo tanto, puede haber, en algunos momentos, múltiples rastreadores titulares para un solo objetivo. Si hay múltiples nodos de rastreo, cada uno de los cuales es un rastreador titular para un objetivo dado, entonces un nodo de control puede recibir parámetros de objetivo relevantes para ese objetivo de cada uno de los nodos de rastreo. Como los parámetros del objetivo pueden incluir la ID del objetivo, el control central podrá determinar que los parámetros del objetivo recibidos se relacionan con el mismo objetivo y procesar los datos de acuerdo con lo anterior, por ejemplo, al seleccionar un conjunto o combinar los datos.

Sin embargo, en algunas realizaciones, la red DAS puede estar dispuesta de modo que un nodo de rastreo capaz de rastrear un objetivo no sea el rastreador titular para ese objetivo. En cuyo caso, el rastreador no titular puede rastrear el objetivo, pero puede no informar los parámetros del objetivo.

En algunas realizaciones, en las que se utiliza una plantilla de filtro coincidente, la plantilla puede adaptarse 306 en uso a medida que el objetivo se rastrea a través de la red.

5 En la etapa 307 se determina si el objetivo que se está rastreando se está acercando a otra zona de rastreo, es decir, parte del área que está siendo monitorizada por la red DAS en la que las señales del objetivo pueden ser detectadas por otro rastreador de la red DAS. En las redes DAS en las que existe un grado limitado de superposición entre la cobertura de los sensores DAS individuales, el objetivo puede tender a acercarse a otra zona de rastreo a medida que se acerca al límite de la zona de rastreo apropiada para el rastreador titular o, en
10 aplicaciones tales como la monitorización de trenes en los que el movimiento del objetivo es relativamente limitado, un posible punto de derivación en el que una de las derivaciones posibles se asocia con otro nodo de rastreo. Sin embargo, en algunas redes de sensores DAS puede haber partes de la red con un grado razonable de superposición de zonas de rastreo, en cuyo caso el objetivo puede estar simplemente acercándose a dicha área de superposición.

15 Si el objetivo no se está acercando a otra zona de rastreo, el rastreador titular puede simplemente rastrear el objetivo, actualizar el conjunto de datos de rastreo e informar los parámetros del objetivo como se indicó anteriormente. Sin embargo, si el objetivo se acerca a otra zona de rastreo, en la etapa 308 se suministra un Descriptor de Objetivo para ese objetivo a los nodos de rastreo sucesores candidatos. Como se discutió
20 anteriormente, el Descriptor de Objetivo incluirá la ID del objetivo y al menos parte del conjunto de datos de rastreo relevante para el objetivo. El Descriptor de Objetivo también puede incluir la plantilla de filtro coincidente, si está disponible.

25 Las etapas 307 y/o 308 se pueden realizar por un rastreador individual de la red de sensores DAS, o al menos la unidad de procesamiento que implementa el rastreador. Sin embargo, en algunas realizaciones, un nodo de control de red DAS puede recibir los datos objetivo y determinar si se está acercando a otra zona de rastreo. Si es así, el nodo de control de red DAS puede reenviar un Descriptor de Objetivo recibido desde el rastreador titular hasta los nodos de rastreo sucesor candidato o puede indicar al rastreador titular que envíe el Descriptor de Objetivo a los
30 nodos de rastreo sucesor candidato identificados.

35 En algunas realizaciones, especialmente en las que más de un nodo de rastreo puede ser un rastreador titular, el rastreador titular original puede continuar para rastrear el objetivo hasta que se pierda del flujo de datos de entrada de ese rastreador. El objetivo también será adquirido y rastreado por un nuevo rastreador titular en la zona de rastreo relevante. El nuevo rastreador utilizará el Descriptor de Objetivo para ayudar en la adquisición y el rastreo del objetivo. Sin embargo, en al menos algunas realizaciones se puede determinar en la etapa 309 si el objetivo cumple una condición fuera de zona para ese nodo de rastreo. La condición de fuera de zona puede ser que el objetivo haya desaparecido de los datos de entrada para el rastreador relevante o que el objetivo haya alcanzado un área predeterminada en la que el rastreador titular original aún pueda rastrearlo, pero se puede lograr un mejor
40 rendimiento de rastreo. El rastreador sucesor. Si el objetivo no cumple con la condición de fuera de zona, el rastreador titular puede continuar rastreando 310 y, en algunas realizaciones, puede proporcionar un Descriptor de Objetivo actualizado al o los rastreadores sucesores.

45 Una vez que se alcanza la condición de fuera de zona, se puede suministrar un Descriptor de Objetivo final al nodo de rastreo sucesor que incluye un restablecimiento de la bandera del rastreador titular para indicar que el nodo del rastreador sucesor es ahora el rastreador titular.

50 Se debe observar que las realizaciones mencionadas anteriormente ilustran en lugar de limitar la invención, y que aquellos expertos en la técnica podrán diseñar muchas realizaciones alternativas sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas. Las características de diversas realizaciones se pueden combinar y utilizar juntas excepto donde se indique expresamente lo contrario. La palabra "que comprende" no excluye la presencia de elementos o etapas distintas de aquellas enumeradas en una reivindicación, "un" o "una" no excluye una pluralidad, y una sola característica u otra unidad puede cumplir las funciones de varias unidades mencionadas en las reivindicaciones. Cualesquier números de referencia o etiquetas en las reivindicaciones no se interpretarán de manera que limiten su
55 alcance.

REIVINDICACIONES

1. Un método de rastreo de objetivos en una red (100) de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

5 rastrear objetivos en cada una de una pluralidad de nodos (106) de rastreo de la red DAS, en la que cada nodo de rastreo:

10 recibe señales de medición desde uno o más sensores (102, 103) DAS;

aplica un algoritmo de rastreo a dichas señales de medición para rastrear cualesquier objetivos (105) en una zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS; y

15 mantiene, para cada objetivo, un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear ese objetivo;

el método comprende adicionalmente:

20 identificar cuando un primer objetivo (105) en una primera zona de rastreo de un primer nodo (106-2) de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo (106-3) de rastreo y suministrar desde el primer nodo de rastreo hasta el segundo nodo de rastreo un Descriptor de Objetivo para el primer objetivo en el que el Descriptor de Objetivo comprende al menos alguno del conjunto de datos de rastreo para el primer objetivo; y

25 utilizar el Descriptor de Objetivo en el segundo nodo de rastreo para rastrear cualquier entrada del primer objetivo en la segunda zona de rastreo.

2. Un método como se reivindica en la reivindicación 1 en el que el Descriptor de Objetivo comprende al menos uno de: una identificación para el primer objetivo que es único a través de la red DAS; y una marca de tiempo que indica la última vez que el conjunto de datos de rastreo se actualiza o valida.

3. Un método como se reivindica en la reivindicación 1 o reivindicación 2 en el que el conjunto de datos de rastreo comprende al menos uno de: posición actual, velocidad, aceleración y tasa de cambio de aceleración.

35 4. Un método como se reivindica en la reivindicación 1 o reivindicación 2 en el que el conjunto de datos de rastreo comprende un vector de estado y matriz de covarianza para un filtro Kalman.

5. Un método como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que la etapa de identificar cuando un primer objetivo (105) en una primera zona de rastreo de un primer nodo (106-2) de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo (106-3) de rastreo se realiza por el primer nodo (106-2) de rastreo.

40 6. Un método como se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 en el que la etapa de identificar cuando un primer objetivo (105) en una primera zona de rastreo de un primer nodo (106-2) de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo (106-3) de rastreo se realiza por un nodo (107) de red de control que recibe información acerca de objetivos que se van a rastrear por cada uno los nodos de rastreo y cuando el nodo (107) de control identifica cuando un primer objetivo en una primera zona de rastreo de un primer nodo (106-2) de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo de un segundo nodo (106-3) de rastreo genera una señal de control para el primer nodo (106-2) de rastreo dándole instrucciones para transmitir el Descriptor de Objetivo relevante.

50 7. Un método como se reivindica en la reivindicación 6 cuando la señal de control instruye al primer nodo (106-2) de rastreo para enviar el Descriptor de Objetivo relevante al segundo nodo (106-3) de rastreo.

8. Un método como se reivindica en la reivindicación 6 cuando el nodo (107) de control recibe el Descriptor de Objetivo relevante y lo reenvía al segundo nodo (106-3) de rastreo.

55 9. Un método como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que el Descriptor de Objetivo comprende un primer campo que indica que el nodo de rastreo es responsable del primer objetivo y en el que el primer nodo (106-2) de rastreo proporciona al menos un Descriptor de Objetivo al segundo nodo (106-3) de rastreo con el primer conjunto de campo para indicar que el primer nodo de rastreo es responsable del primer objetivo y posteriormente proporciona un Descriptor de Objetivo actualizado al segundo nodo de rastreo con el primer conjunto de campo para indicar que el primer nodo de rastreo ya no es responsable del primer objetivo.

60 10. Un método como se reivindica en cualquier reivindicación precedente en el que cada nodo de rastreo (106) se configura para, al menos algunos objetivos que se van a rastrear, mantener al menos una plantilla de filtro coincidente para dicho objetivo y para rastrear dicho objetivo utilizar dicho al menos un filtro coincidente.

11. Un método como se reivindica en la reivindicación 10 en el que dicho Descriptor de Objetivo comprende al menos una plantilla de filtro coincidente mantenido por el primer nodo de rastreo para el primer objetivo y en el que el segundo nodo de rastreo utiliza al menos una plantilla de filtro coincidente desde el Descriptor de Objetivo para adquirir y rastrear el primer objetivo en la segunda zona de rastreo.

12. Un nodo (106-2) de rastreo para una red (100) de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

un procesador (104) configurado para, en uso:

recibir señales de medición desde uno o más sensores (102, 103) DAS; y

aplicar un algoritmo de rastreo a dichas señales de medición para rastrear cualesquier objetivos (105) en una primera zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS;

en el que el algoritmo de rastreo se configura para mantener, cualquier dicho objetivo, un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear ese objetivo;

en el que el procesador se configura de tal manera que, cuando un primer objetivo alcanza una segunda zona de rastreo de otro nodo (106-3) de rastreo de la red DAS, el procesador transmite un Descriptor de Objetivo para ese primer objetivo al nodo de rastreo apropiado para dicha segunda zona de rastreo,

en el que dicho Descriptor de Objetivo comprende al menos parte de dicho conjunto de datos de rastreo.

13. Un nodo de rastreo como se reivindica en la reivindicación 12 en el que el procesador (104) se configura adicionalmente para:

recibir un Descriptor de Objetivo para un segundo objetivo, en el que el Descriptor de Objetivo para el segundo objetivo corresponde a datos a cerca de un objetivo en una zona de rastreo de otro nodo de rastreo de la red de sensor DAS que se acerca a la primera zona de rastreo, y

el procesador se configura para utilizar dicho Descriptor de Objetivo para rastrear cualquier entrada del segundo objetivo en la primera zona de rastreo.

14. Un nodo (106-3) de rastreo para una red (100) de sensores de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

un procesador (104) configurado para, en uso:

recibir señales de medición desde uno o más sensores (102, 103) DAS; y

aplicar un algoritmo de rastreo a dichas señales de medición para rastrear cualesquier objetivos en una primera zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS;

en el que el algoritmo de rastreo se configura para mantener, para cualquier dicho objetivo, un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear ese objetivo;

en el que el procesador se configura para recibir un Descriptor de Objetivo para un primer objetivo, en el que el Descriptor de Objetivo para el primer objetivo corresponde a datos a cerca de un objetivo (105) en una segunda zona de rastreo de otro nodo (106-2) de rastreo de la red de sensor DAS que se acerca a la primera zona de rastreo, y

el procesador se configura para utilizar dicho Descriptor de Objetivo para rastrear cualquier entrada del primer objetivo en la primera zona de rastreo.

15. Un nodo (107) de control para una red (100) de sensores de detección acústica distribuida de fibra óptica (DAS) que comprende:

un controlador configurado para recibir parámetros objetivo desde una pluralidad de nodos (106) de rastreo, cada nodo de rastreo comprende uno o más sensores (102, 103) DAS y un procesador (104) configurado para aplicar un algoritmo de rastreo para rastrear cualesquier objetivos en una primera zona de rastreo que corresponde a un área monitorizada por dicho uno o más sensores DAS;

en el que el controlador se configura para determinar cuando un primer objetivo (105) en una primera zona de rastreo se acerca a una segunda zona de rastreo y para controlar la transferencia de un Descriptor de Objetivo desde el nodo (106-2) de rastreo asociado con la primera zona de rastreo al nodo (106-3) de rastreo asociado con la

segunda zona de rastreo, en la que el Descriptor de Objetivo comprende al menos parte de un conjunto de datos de rastreo de propiedades de objetivos para rastrear el primer objetivo.

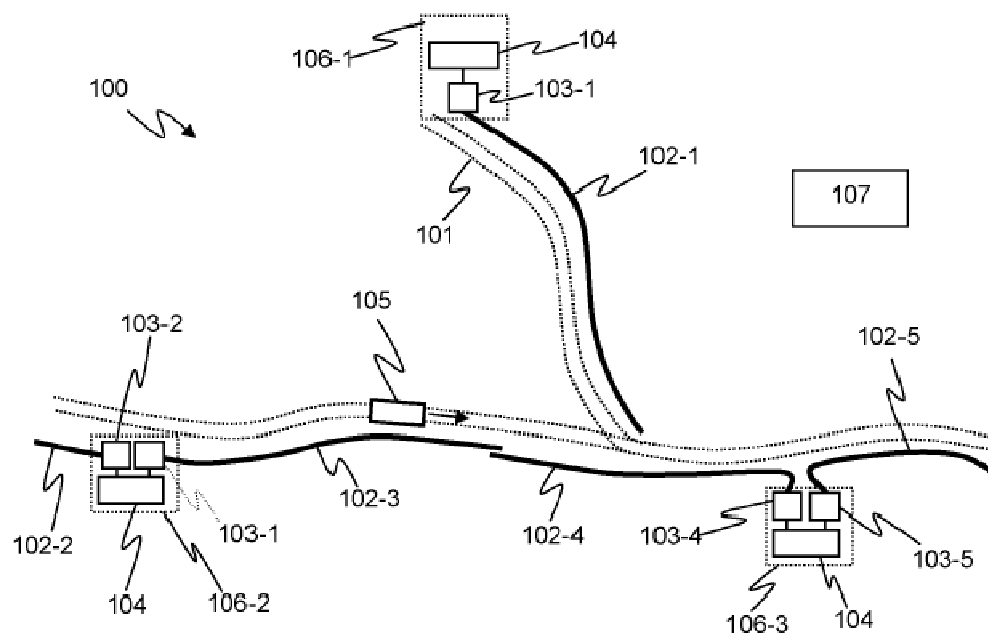


Figura 1

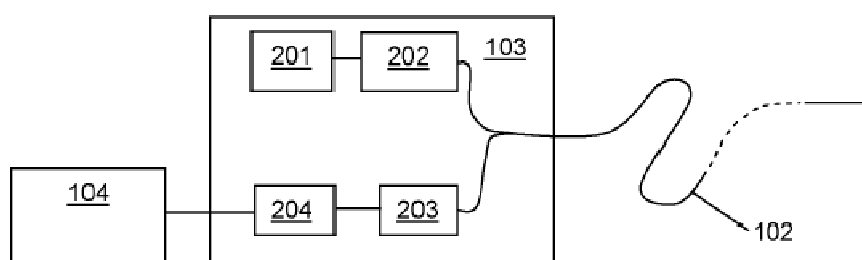


Figura 2

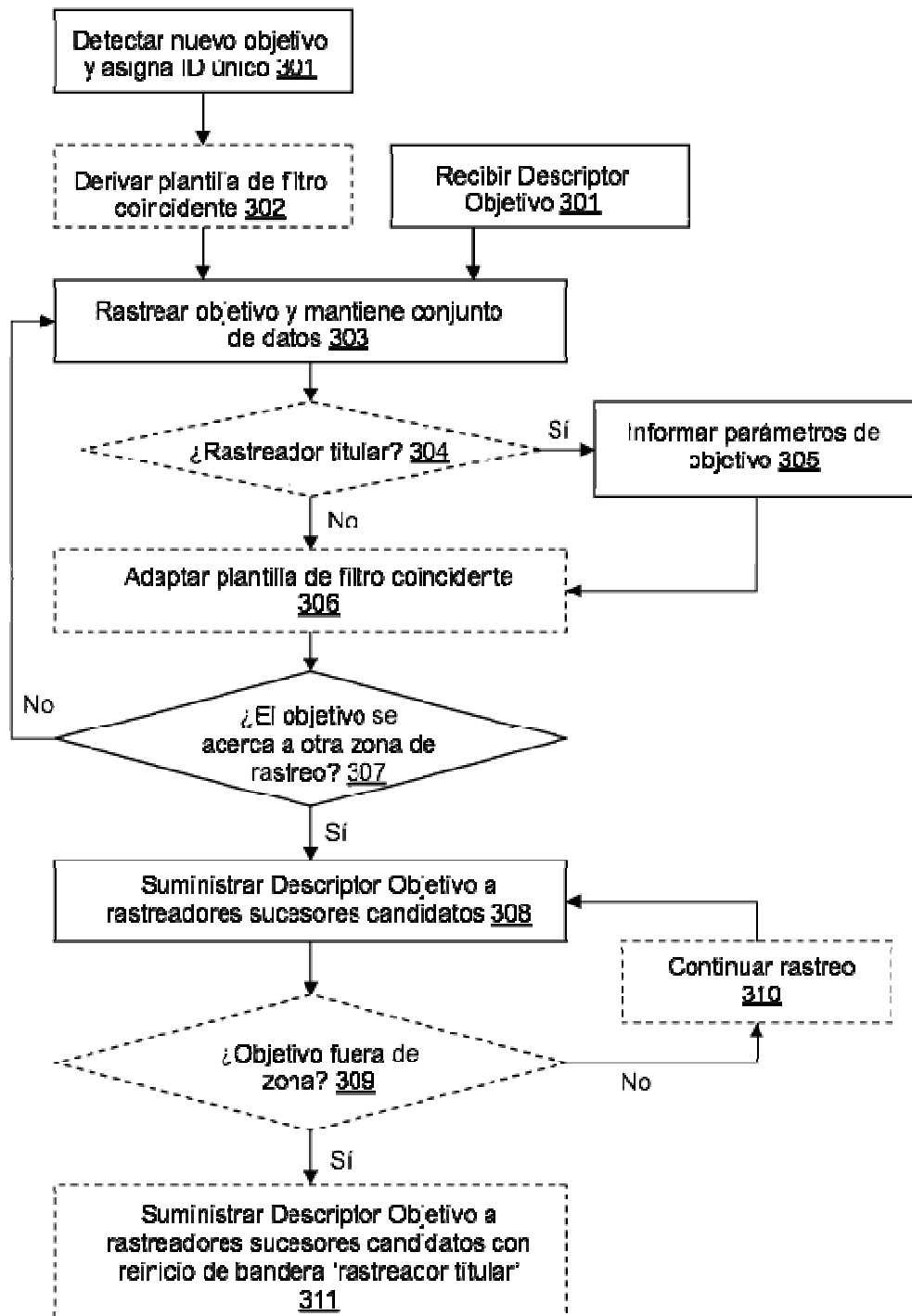


Figura 3