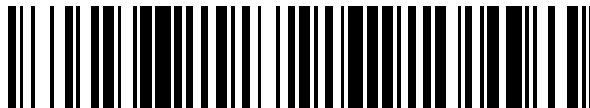


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 468 248**

51 Int. Cl.:

H05B 37/02 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

G01S 13/87 (2006.01)

G01S 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2008 E 08781814 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.03.2014 EP 2167868**

54 Título: **Procedimiento y sistema para reducir la contaminación lumínica**

30 Prioridad:

17.07.2007 US 950223 P

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

16.06.2014

73 Titular/es:

**LAUFER WIND GROUP LLC (100.0%)
270 Lafayette St., Suite 1402
New York, NY 10012, US**

72 Inventor/es:

LAUFER, ERIC DAVID

74 Agente/Representante:

FÀBREGA SABATÉ, Xavier

ES 2 468 248 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 reducir la contaminación lumínica

5 Campo de la invención

En general, la invención se refiere a sistemas y procedimientos para la reducción de la contaminación lumínica. En particular, la invención se refiere a sistemas y procedimientos para el control de las luces de advertencia en las obstrucciones, tales como turbinas de viento, para reducir la contaminación lumínica.

10

ANTECEDENTES

15 La contaminación lumínica (también conocida como foto-polución o contaminación luminosa) se refiere a la luz que es molesta, un despilfarro o perjudicial. Al igual que otras formas de contaminación (por ejemplo, la contaminación atmosférica, la contaminación acústica, la contaminación del agua, la contaminación del suelo), la contaminación lumínica puede dañar el medio ambiente y la salud humana y animal.

20 La contaminación lumínica es un término general que se refiere a múltiples problemas, que son causados por el uso ineficiente, molesto o posiblemente innecesaria de luz artificial. Las categorías especiales de la contaminación lumínica incluyen el traspaso de luz, sobre-iluminación, deslumbramiento, desorden y brillo en el cielo. A menudo, la luz molesta o derrochadora encaja en varias de estas categorías.

25 Un traspaso de luz se produce cuando luz no deseada entra en la propiedad de uno, por ejemplo, por la luz que brilla sobre la cerca de un vecino. A menudo, el traspaso de luz se produce cuando una luz fuerte entra por la ventana de la casa de uno. La luz intensa puede causar problemas tales como la falta de sueño o el bloqueo de una vista vespertina.

30 La luz es particularmente problemática para los astrónomos. La luz difusa puede limitar la capacidad de un astrónomo para observar el cielo nocturno. Por esta razón, la mayoría de los principales observatorios astronómicos ópticos están rodeados de zonas con restricciones estrictamente obligatorias sobre las emisiones de luz.

35 Un número de ciudades en los Estados Unidos han desarrollado normas sobre la iluminación al aire libre para proteger los derechos de sus ciudadanos. La Asociación Internacional Dark-Sky ha desarrollado una serie de modelos de ordenanzas de iluminación. Las agencias federales de Estados Unidos también promulgan y hacen cumplir las normas y tramitan las denuncias, dentro de sus ámbitos de competencia. Por ejemplo, la FAA promulga e impone requisitos de iluminación para las luces estroboscópicas blancas en las torres de comunicación. La FCC mantiene una base de datos de información de Registro de Estructura de Antenas, que los ciudadanos pueden utilizar para identificar las estructuras ofensivas. La FCC también proporciona un mecanismo para el procesamiento de consultas de los consumidores y las quejas.

40 Los EE. UU. consumen energía equivalente a 50 millones de barriles por día de petróleo. El Departamento de Energía de los EE.UU. señala que el 60% de la energía proviene de la energía nuclear, gas natural, hidroeléctrica y de otras fuentes no petroleras. El Departamento de Energía de EE. UU. toma nota además de que más del 30% de toda la energía consumida en los EE.UU. es consumida por los sectores comerciales, industriales y residenciales. 45 Las auditorías energéticas de los edificios existentes demuestran que luces en los edificios residenciales, comerciales e industriales consumen alrededor del 20 al 40% de toda la energía consumida en los EE. UU. Por lo tanto, la energía de iluminación equivale a unos cuatro o cinco millones de barriles de petróleo por día. Los datos de auditoría de energía demuestran que aproximadamente 30 a 60% de la energía consumida en iluminación es innecesaria o gratuita. De hecho, el exceso de iluminación (es decir, el uso excesivo de la luz) desperdicia energía 50 equivalente a dos millones de barriles de petróleo por día.

WO 2007/068254 divulga luces de advertencia en una turbina de viento que pueden ser activadas cuando un vehículo, por ejemplo un avión, está dentro de un área específica alrededor de la turbina de viento. El área alrededor de la turbina de viento (o una granja de turbinas de viento) es controlada, por ejemplo, por una unidad de radar, 55 conectada a una unidad de control central, que genera señales de control para encender la luz de advertencia en una turbina eólica cuando un vehículo entra en la zona vigilada.

US 2004/252046 divulga un sistema para evitar la colisión entre aviones y un obstáculo; el sistema comprende unidades con radar para detectar una aeronave y la comunicación entre las unidades para la activación remota de, 60 por ejemplo, advertencias de luz en unidades vecinas.

Resumen de la invención

65 Por consiguiente, el objeto de la presente invención es proporcionar una mejor prevención de la contaminación lumínica.

Este objeto se consigue mediante la invención tal como se define en las reivindicaciones 1, 13 formas de realización de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

5 El sistema incluye una unidad de radar configurada para monitorizar un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción. La al menos una obstrucción tiene una pluralidad de luces de obstrucción. El sistema también incluye una unidad maestra de procesamiento de detección de radar en comunicación con la unidad de radar. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar está configurada para procesar información de detección de radar de la unidad de radar y para determinar si un vehículo está presente en el volumen monitorizado. La unidad
10 maestra de procesamiento de detección de radar está configurada además para generar señales de control en base a la información procesada de detección de radar. El sistema también incluye una pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar está configurada además para transmitir las señales de control a través de una red de unidades de controlador de luces de obstrucción. Cada unidad de controlador de luces de obstrucción está configurada para operar una luz de obstrucción en base a las señales de control.
15

En algunas realizaciones, cada unidad de controlador de luces de obstrucción se configura (i) para encender una luz de obstrucción si las señales de control indican que el vehículo ha entrado en el volumen monitorizado o se ha producido una condición de fallo y (ii) para apagar la luz de obstrucción si las señales de control indican que el vehículo ha abandonado el volumen monitorizado y no se ha producido la condición de fallo.
20

En otras formas de realización, el sistema incluye además una segunda unidad de radar en comunicación con la unidad maestra de procesamiento de detección de radar a través de la red de unidades de controlador de luces de obstrucción. La segunda unidad de radar está configurada para transmitir información de detección de radar a la unidad maestra de procesamiento de detección de radar a través de la red.
25

En algunas formas de realización, el vehículo es un vehículo en vuelo y la unidad maestra de procesamiento de detección de radar recibe información de detección de radar de la unidad de radar; se determinan una presencia, un rango, un azimut y un ángulo de elevación del vehículo aéreo. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar puede diferenciar entre los vehículos aéreos y los terrestres. El vehículo aéreo puede incluir un pequeño avión, un avión grande, un helicóptero o un planeador.
30

En diversas realizaciones, la al menos una obstrucción incluye un molino de viento, una turbina de viento, o una torre. En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar diferencia el vehículo a partir del movimiento de los rotores de las turbinas de viento y la orientación de giro variable de las góndolas de turbina eólica.
35

En algunas formas de realización, la red de unidades de controlador de luces de obstrucción es una red inalámbrica. En otras formas de realización, la unidad de radar está situada en estrecha proximidad al volumen monitorizado. En todavía otras realizaciones, la al menos una unidad de radar está situada de forma remota desde el volumen monitorizado.
40

En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar cuenta el número de vehículos que entran en y desocupan el volumen monitorizado y transmite un mensaje de control a la pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción para activar la pluralidad de luces de obstrucción en respuesta a que la unidad maestra de procesamiento de detección de radar determine que el número de vehículos que han entrado y han abandonado el volumen monitorizado no es igual.
45

En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar monitoriza el estado operativo de la unidad de radar. En una forma de realización, la unidad de radar se monta en una turbina eólica.
50

En otro aspecto, la invención se refiere a una unidad de controlador de luces de obstrucción para la prevención de la contaminación lumínica. La unidad de controlador de luces de obstrucción incluye una unidad de comunicaciones configurada para recibir señales de control desde una unidad maestra de procesamiento de detección de radar a través de una red de unidades de controlador de luces de obstrucción. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar genera las señales de control en base a la información de detección de radar a partir de al menos una unidad de radar. La al menos una unidad de radar monitoriza un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción. La al menos una obstrucción tiene una pluralidad de luces de obstrucción.
55

La unidad de controlador de luces de obstrucción también incluye una unidad de procesamiento configurada para interpretar las señales de control que indican si un vehículo está presente en el volumen monitorizado. La unidad de procesamiento está configurada además para interpretar las señales de control que indican si se ha producido una condición de fallo. La unidad de controlador de luces de obstrucción también incluye una unidad de conmutación. La unidad de conmutación está configurada para activar una luz de obstrucción en respuesta a que la unidad de procesamiento determine que al menos un vehículo ha entrado en el volumen de control o que se ha producido una
60
65

condición de fallo. La unidad de conmutación también está configurada para apagar la luz de obstrucción en respuesta a la unidad de procesamiento de determine que todos los vehículos han abandonado el volumen monitorizado y no se ha producido la condición de fallo.

- 5 En algunas formas de realización, la unidad de comunicaciones es una unidad de comunicación inalámbrica que incluye una antena. En otras formas de realización, la unidad de conmutación es un relé normalmente cerrado (NC) o un relé de doble-banda polo-único (SPDT) con cables normalmente cerrados.

10 En otro aspecto, la invención presenta un procedimiento para la prevención de la contaminación lumínica. El procedimiento incluye la monitorización de vehículos en un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción. La al menos una obstrucción tiene por lo menos una luz de obstrucción. El procedimiento también incluye la determinación de si al menos un vehículo está presente dentro del volumen monitorizado. El procedimiento incluye además la determinación de si existe una condición de fallo. El procedimiento incluye, además, encender al menos una luz de obstrucción en respuesta a la determinación de que al menos un vehículo está presente dentro del volumen monitorizado o que existe una condición de fallo.

15 En algunas formas de realización, el procedimiento para la prevención de la contaminación lumínica incluye además de apagar la luz al menos una obstrucción en respuesta a determinar que (i) al menos un vehículo no está presente en el volumen monitorizado y (ii) no existe una condición de fallo. Determinar si existe una condición de fallo puede incluir monitorizar, a lo largo de un intervalo de tiempo regular, una señal predeterminada que indica si los elementos de un sistema de prevención de la contaminación lumínica están funcionando correctamente. El procedimiento también puede incluir encender la al menos una luz de obstrucción en respuesta a no detectar al menos, dentro de un intervalo de tiempo regular, una señal predeterminada que indica que los elementos del sistema de prevención de la contaminación lumínica están funcionando correctamente. El procedimiento puede incluir además de encender la al menos una luz de obstrucción en respuesta a la detección de una señal predeterminada que indica que los elementos del sistema de prevención de contaminación lumínica no están funcionando adecuadamente.

20 Los detalles de uno o más ejemplos se exponen en los dibujos y descripción que se acompañan. Otras características, aspectos y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la descripción, los dibujos, y las reivindicaciones.

30 Breve descripción de los dibujos

35 Los anteriores y otros objetos, características y ventajas serán evidentes a partir de la siguiente descripción más particular de las realizaciones, como se ilustra en los dibujos que se acompañan en los que caracteres de referencia se refieren a las mismas partes en todas las diferentes vistas. Los dibujos no están necesariamente a escala, estando el énfasis en ilustrar los principios de las realizaciones.

40 La Figura 1 es una realización de un parque eólico;

La Figura 2 es una vista en perspectiva de una realización de una turbina de viento;

45 La Figura 3 es un diagrama de bloques de un sistema de solución de radar a la contaminación lumínica (RSLP), de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Figura 4 es un diagrama de bloques de una configuración de la unidad de radar para un sistema RSLP, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

50 La Figura 5 es un diagrama de bloques de una configuración de la unidad de radar para un sistema RSLP, de acuerdo con otra forma de realización ilustrativa de la invención;

La Figura 6 es un diagrama de bloques de una configuración de la unidad de radar para un sistema RSLP, de acuerdo con otra forma de realización ilustrativa de la invención;

55 La Figura 7A es un diagrama de bloques de un sistema RSLP utilizado en conjunto con un controlador de luz preexistente, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención;

La Figura 7B es un diagrama de bloques de un sistema RSLP utilizado en conjunción con un sistema de adquisición de datos y monitorización de control (SCADA), de acuerdo con otra forma de realización ilustrativa de la invención;

60 La Figura 8 es un diagrama de bloques de un sistema RSLP, de acuerdo con otra forma de realización ilustrativa de la invención;

La Figura 9 es un diagrama de bloques de una unidad de controlador de luces de obstrucción para un sistema RSLP, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención; y

65

La Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la prevención de la contaminación lumínica, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención.

Descripción detallada

5 Los Estados Unidos importan grandes cantidades de petróleo para satisfacer sus necesidades energéticas. Cada megavatio de energía producida a partir de fuentes de energía alternativa es un megavatio menos que necesita ser producido a partir de petróleo importado, que conduce directamente a un aumento de la independencia energética.

10 En los Estados Unidos, 21 estados y el Distrito de Columbia tienen actualmente normas de cartera de renovables (NCR). NCR son requisitos impuestos por el legislativo relativos a que un determinado porcentaje de energía debe ser producido a partir de fuentes renovables como la eólica. Los requisitos específicos varían de estado a estado. El Congreso de EE.UU. está considerando una RPS nacional.

15 Tal y como se muestra en la Figura 1, las plantas de energía eólica o parques eólicos 100, compuestos por aerogeneradores 120a-120n (generalmente, 120), están siendo desarrollados en los Estados Unidos para cumplir con RPS. La agricultura del viento se considera que es uno de los procedimientos más limpios de la producción de energía a escala industrial. Un único parque eólico puede producir cientos de megavatios de energía sin producir cantidades apreciables de gases de efecto invernadero, como el CO₂, que causan el calentamiento global. El Departamento de Energía de los EE.UU. informa de que, a partir de marzo de 2004, las plantas de energía eólica estarán operando en 32 estados. Los expertos gubernamentales esperan que el viento proporcione un 6% de la electricidad de la nación para el año 2020.

20 La Administración Federal de Aviación (FAA) requiere que todas las estructuras que puedan afectar el “Sistema Nacional del Espacio Aéreo” estén debidamente marcadas mediante esquemas de pintura e iluminación, de forma que son visualmente llamativos para los pilotos de vehículos aéreos. Aunque muchas turbinas eólicas instaladas en la actualidad no requieren ser encendidas con luces, las actuales y las futuras generaciones esperadas de turbinas eólicas de clase megavatio son suficientemente altas como para ser consideradas obstáculos en el espacio aéreo nacional.

25 La Figura 2 es una realización de una turbina eólica 205. La turbina eólica 205 incluye una torre 221, una góndola 223 montada encima de la torre 221, y un rotor 225 acoplado a la góndola 223. La góndola 223 típicamente incluye una caja de cambios, un generador, un motor de orientación, un controlador, y otros componentes para el funcionamiento de la turbina eólica 205. Como se ilustra en la Figura 2, las generaciones actuales y futuras de turbinas de viento alcanzan grandes alturas para poder acceder al viento sin obstáculos. Las turbinas de viento en parques eólicos generalmente se interponen entre 300 a 400 pies de altura y los parques eólicos pueden incluir más de 200 turbinas de viento en extensiones de tierra que llegan a millas (ver Figura 1). Debido a estas alturas, la Administración Federal de Aviación (FAA) requiere que los aerogeneradores puedan marcarse con luces de obstrucción para evitar las colisiones entre los vehículos aéreos y las turbinas de viento. En general, las regulaciones de la FAA requieren que las luces de advertencia del vehículo en el aire pueden instalarse en todas las torres más altas de 200 pies. La FAA prohíbe los distintos esquemas de iluminación de obstrucción necesarios para los parques eólicos en su Circular de Asesoramiento AC 70/7460-1K, Señalización e Iluminación de obstrucciones, cuya totalidad es incorporar la presente por referencia.

30 En general, las directrices de la FAA aconsejan que se pueda colocar una sola luz de obstrucción intermitente roja en las góndolas de turbinas seleccionadas de tal manera que el perímetro del parque eólico está definido por las luces de obstrucción. Las directrices de la FAA también aconsejan que no existan más de la mitad de una milla terrestre entre turbinas con luces de obstrucción. Las directrices de la FAA también requieren que las luces de obstrucción parpadeen sincronamente. La FAA evalúa esquemas de iluminación propuestos para los parques eólicos previstos caso a caso. A continuación, formula recomendaciones para la modificación hasta que le convencen o considera la ubicación o el diseño del parque eólico inaceptable en cualquier y todos los regímenes de luces de obstrucción propuestos.

35 Uno de los principales impedimentos para el desarrollo eólico de energía en los Estados Unidos se puede resumir en una palabra: “NIMBYismo: 'NIMBY es el acrónimo de No en mi patio trasero. Es el fenómeno de apoyar algo en abstracto, sino oponerse a ello si le afecta negativamente de forma personal. La 2007 Encuesta de Medio Ambiente del Centro Yale de Derecho y Política Ambiental encontró que el 90% de los estadounidenses apoya un aumento en la energía eólica. Sin embargo, convencer a las comunidades locales de que acepten el impacto de los parques eólicos a escala de utilidad en medio de ellos sigue siendo un desafío constante para los desarrolladores. Su aprobación se basa en negociaciones complicadas, lo que potencialmente implica docenas de propietarios de tierras y concejos municipales. El éxito puede a menudo descarrilar debido a una minoría de vocales.

40 Aunque la gente encuentra muchas razones para oponerse a una propuesta de parque eólico, la objeción dominante es por lo general el impacto visual negativo. Las ubicaciones ideales para los parques eólicos se encuentran a menudo en el medio rural. Los residentes de los pueblos que se encuentran en y alrededor de los sitios propuestos

para parques eólicos a menudo objetan el impacto visual de un gran número de brillantes luces de obstrucción intermitentes, que se entrometen en el carácter rural de sus comunidades. Los opositores al parque eólico han afirmado que el impacto visual disminuye los valores de propiedad y arruina el histórico y el carácter cultural de sus comunidades. Las juntas locales de la ciudad deben aprobar una propuesta de parque eólico antes de su aplicación. Uno puede estar de acuerdo personalmente o en desacuerdo con las ventajas relativas de estos argumentos, en comparación con los beneficios de un mayor desarrollo de la energía eólica, pero sin lugar a dudas prevalece en las reuniones del concejo de la ciudad. De hecho, pueden retrasar o descarrilar permanentemente proyectos de energía eólica.

El debate actual en torno a un parque eólico en el norte del estado de Nueva York es un ejemplo típico. Community Energy, un promotor eólico, está intentando desarrollar un parque eólico de 130 a 150 MW con 68 aerogeneradores en y alrededor Jordanville, NY. Una cantidad sustancial de dinero será pagado a los propietarios de tierras, los gobiernos de los condados, los gobiernos de la ciudad y los distritos escolares locales donde se colocarán los aerogeneradores. Hay comunidades, sin embargo, que no se van a beneficiar directamente económicamente de los parques eólicos, sino que serán capaces de ver las luces de obstrucción. Los residentes de la cercana Cooperstown, Nueva York han organizado un grupo llamado Otsego 2000, que está poniendo un gran esfuerzo en frustrar el proyecto. Cooperstown está a más de diez kilómetros del lugar propuesto y no se beneficiará directamente de ninguno de los incentivos financieros ofrecidos a las comunidades en las que se colocarán los aerogeneradores. Los residentes de Cooperstown, sin embargo, van a ser capaces de ver las luces de obstrucción de la FAA montadas encima de muchas de las turbinas de viento.

Otsego 2000 está apoyando actualmente un litigio que detiene con éxito el desarrollo adicional de este parque eólico y posiblemente evitar permanentemente que sea construido. Las realizaciones de una Solución de radar a la contaminación lumínica del sistema (RSLP) según la invención mitigan el impacto de las luces de obstrucción y, por lo tanto, frenan las principales objeciones a los parques eólicos.

Otra objeción comúnmente expresada a los parques eólicos es que las turbinas de viento matan a los pájaros. La presencia de luces de obstrucción se cree que es un factor importante que contribuye a las muertes de aves. Los pájaros son atraídos hacia estas luces en la noche, posiblemente confundiéndolos con estrellas y después son asesinados por los álabes de la turbina en rotación. Si las luces de obstrucción se encendiesen un porcentaje pequeño de tiempo, se podrían reducir las muertes de aves por golpes contra las turbinas.

Las formas de realización del sistema RSLP equilibran la necesidad de luces de obstrucción de la FAA y las molestias de luz para los residentes que viven cerca de los parques eólicos existentes o propuestos, al tiempo que lleva hacia la prevención del calentamiento global y la independencia energética. En algunas formas de realización, el sistema RSLP incluye una unidad de radar que escanea en busca de vehículos aéreos en un volumen especificado que rodea un parque eólico o torre. Cuando no se detectan uno o más vehículos aéreos en el volumen especificado, las luces de obstrucción de las turbinas de viento en el parque eólico se encienden. Cuando todos los vehículos aéreos abandonan el volumen especificado, las luces de obstrucción están apagadas. Aunque algunas formas de realización del sistema RSLP están diseñadas para los parques eólicos, otras realizaciones están diseñadas para todas las torres para las que la FAA requiere luces de obstrucción.

Aunque montados en las alturas las luces brillantes proporcionan la protección necesaria contra las colisiones entre vehículos aéreos y obstrucciones, son vistas como una molestia y una forma de contaminación por los residentes que viven cerca. Actualmente, estas luces se mantienen encendidas, independientemente de la presencia de un vehículo en vuelo en las proximidades. El RSLP proporciona un equilibrio superior entre las necesidades de la competencia de la FAA y los residentes locales mediante la activación de luces de obstrucción sólo cuando un vehículo aéreo está cerca de los obstáculos que tienen las luces de obstrucción.

En algunas formas de realización, el sistema RSLP incluye software y componentes hardware que se interconectan con un sistema de radar, tales como un radar Sistema de Vigilancia de Perímetro (PSR). El sistema de radar puede escanear un volumen que rodea o a un parque eólico o a una torre. Cuando el sistema de radar detecta un vehículo en vuelo dentro de una distancia predeterminada del parque eólico, el sistema RSLP enciende las luces de obstrucción asociadas al parque eólico o a la torre. Cuando el sistema de radar no detecta un vehículo en el aire a una distancia predeterminada desde el parque eólico, el sistema RSLP apaga las luces de obstrucción.

Las formas de realización del sistema RSLP también se pueden aplicar a los parques eólicos ubicados en un cuerpo de agua, como un lago o un océano. Las luces de obstrucción pueden ser montadas en una posición apropiada en las turbinas de viento para advertir a los vehículos de agua de la presencia de las turbinas de viento de la misma manera que un faro advierte a los vehículos acuáticos de la presencia de tierra o de aguas poco profundas. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar puede configurarse para encender luces de obstrucción posicionadas encima de las turbinas de viento en respuesta a la detección de un vehículo en vuelo dentro de un volumen predeterminado y para encender luces de obstrucción posicionadas en las turbinas de viento cerca de la superficie del agua en respuesta a la detección vehículos de agua dentro de un área de agua predeterminada.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de una solución de sistema de radar a la contaminación lumínica (RSLP) 300, de acuerdo con una forma de realización de la invención. El sistema RSLP 300 incluye una unidad de controlador de luces de obstrucción 310, que puede ser una unidad independiente que incluye un procesador de a bordo y la electrónica. El sistema RSLP 300 también incluye una unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 la ejecución de código software del sistema RSLP. El sistema RSLP 300 incluye además una unidad de radar de vigilancia perimetral 315 que se conecta con la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 utiliza la información de detección de radar de la unidad de radar 315 para controlar la luces de obstrucción 322a-322n (generalmente, 322) en los aerogeneradores 320a-320n (generalmente, 320) de un parque eólico a través de la unidad de controlador de luces de obstrucción 310. Las luces de obstrucción 322 pueden montarse en otro tipo de obstrucciones, incluyendo torres de radio y torres de agua. El sistema RSLP 300 puede ser un sistema autónomo para un parque eólico o una torre. Además, el sistema RSLP 300 puede ser incorporado en el sistema de iluminación de obstrucción de un parque eólico o de una torre (como se describe más adelante), que se incorpora en el sistema de radar de un vehículo en el aire o el agua, o se incorpora en el sistema de control de tráfico aéreo de la FAA.

La unidad de radar 315 puede ser de tipo de imagen, de pulso Doppler, un indicador de objetivo móvil, o un detector de destino móvil u otro tipo de unidad de radar que puede escanear un volumen de búsqueda o una rejilla rango-acimut con señales de radar. La unidad de radar 315 también se puede configurar para realizar exploraciones de trama para determinar la elevación destino. La unidad de radar 315 también puede tener una configuración de haces apilados para determinar la elevación de destino. Las señales de radar se reflejan en los objetos dentro del volumen y son recibidas en la unidad de radar 315. Estos objetos pueden incluir personal humano, vehículos, edificios, embarcaciones, y similares. La unidad de radar 315 puede incluir una unidad de procesamiento de señales de radar que procesa las señales de retorno de radar y genere información de detección de objetivo que incluya la presencia, rango, acimut, velocidad y altitud de un vehículo en vuelo. En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 puede procesar los retornos de radar en la información de detección del objetivo.

La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 puede diferenciar de forma fiable vehículos aéreos de vehículos terrestres y puede diferenciar de forma fiable todos los vehículos de los no-vehículos y del desorden, como una bandada de pájaros. Es decir, el sistema RSLP puede tener capacidades de reconocimiento de destino suficientes para determinar si uno o más vehículos aéreos no están presentes en el volumen monitorizado. Si se detectan vehículos aéreos dentro de un volumen predeterminado que rodea o en el parque eólico, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el software RSLP envía una señal de control a la unidad de controlador de luces de obstrucción 310 para encender las luces de obstrucción 322. Si no se detectan vehículos aéreos dentro del volumen predeterminado, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el software RSLP envía una señal de control a la unidad de controlador de luces de obstrucción 310 para apagar las luces de obstrucción 322.

En ciertas aplicaciones, la única unidad de radar 315 no puede detectar un vehículo que se mueve detrás de una gran obstrucción o de un grupo de obstrucciones. Por ejemplo, tal y como se ilustra en la Figura 4, el parque eólico 405 crea una región de sombra 424 debido a que el parque eólico 405 interfiere con una parte del haz del radar 422 emitida por la unidad de radar A 420. En consecuencia, la unidad de radar A 420 no detectará un vehículo en vuelo u otro vehículo que se mueva en la región de sombra 424. El parque eólico 405 también crea una región de sombra 414 debido a que el parque eólico 405 interfiere con una parte del haz del radar 412 emitido por unidad de radar B 410. Como resultado, la unidad de radar B 410 no detectará un vehículo en vuelo situado en la región de sombra 414.

Para corregir este problema, algunas formas de realización del sistema RSLP emplean dos o más unidades de radar, que se colocan de manera que las regiones de sombra asociadas a cada unidad de radar sean monitorizadas por otra unidad de radar. Por ejemplo, tal y como se ilustra en la Figura 4, la unidad de radar A 420 monitoriza la región de sombra 414 asociada a la unidad de radar B 410 y la unidad de radar B 410 monitoriza la región de sombra 424 asociada con la unidad de radar Un 420.

Como se muestra en la Figura 5, en algunas realizaciones, el haz de radar 512 se extiende desde una unidad de radar 510 en un ángulo dado en la dirección vertical, de modo que no es capaz de rastrear vehículos en vuelo en el volumen por encima de la unidad de radar 510. Para corregir este problema, una segunda unidad de radar 520 puede estar posicionada de forma tal que el haz de radar 522 emitido desde la unidad de radar 520 pueda controlar el volumen por encima de la unidad de radar 510.

La Figura 6 es un diagrama de bloques de una configuración de la unidad de radar 600 para un sistema RSLP, de acuerdo con otra forma de realización ilustrativa de la invención. Las unidades de radar 610, 620 están situadas en lados opuestos de un parque eólico 605. El haz de radar 622 emitido por la unidad de radar 620 barre un área que no incluye las turbinas de viento en el parque eólico 605. Del mismo modo, el haz de radar 612 emitido por la unidad de radar 610 barre un área que no incluye las turbinas de viento en el parque eólico 605.

El número y la colocación de las unidades de radar dependen de la configuración y las características de la granja de viento u otras obstrucciones y la topografía local específica. En algunas formas de realización, las unidades de radar están montadas en torres que rodean al parque eólico. En otras realizaciones, se montan las múltiples unidades de radar en las góndolas de aerogeneradores, torres meteorológicas de parques eólicos, torres de radio en las proximidades o sobre una obstrucción. La ubicación y la altura de las unidades de radar también pueden depender del tamaño y la forma del volumen en el que los pilotos de vehículos pueden ver las luces de obstrucción.

El software RSLP puede utilizar una variedad de técnicas de filtrado y de supresión de interferencia cuando sean apropiadas para minimizar la interferencia de radar causada por las propias turbinas de viento, lo que aumenta el rendimiento general de detección y reduce al mínimo las falsas alarmas. Se pueden usar filtros en sitios específicos para cada parque eólico para suprimir ecos de radar en el dominio rango-Doppler de acuerdo con las funciones derivadas de las curvas ajustadas a los datos empíricos recogidos de interferencias de radar de turbina de viento en esos sitios. La desconexión cíclica Rango-acimut también se puede emplear. La rejilla de búsqueda por radar está compuesta de celdas definidas por la resolución del radar en rango y acimut. La ubicación de un aerogenerador es fija. Una turbina de viento puede causar interferencia suficiente en su celda asociada rango-acimut de manera tal que la detección fiable de otras dianas en esa celda sea imposible. La celda o celdas que contienen las turbinas eólicas pueden ser desconectadas cíclicamente o ignoradas para incrementar el rendimiento general de detección.

En algunas formas de realización, una unidad de radar y una brújula digital están montadas en la góndola del aerogenerador. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 puede procesar los datos de la unidad de radar y la brújula digital para compensar el movimiento de giro de las turbinas de viento en la dirección del viento.

La Figura 7A es un diagrama de bloques de un sistema 700a RSLP utilizado junto con un controlador de luz 710, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. En muchos parques eólicos existentes, el regulador de la luz 710 controla las luces de obstrucción 322 en los aerogeneradores 320. El controlador de luz 710 puede realizar una variedad de funciones. En una realización, el controlador de luz 710 enciende o apaga las luces de obstrucción en función del nivel de luz ambiental detectado por una célula fotoeléctrica montada en el controlador de luz 710. En algunas formas de realización, el controlador de luz 710 genera una señal que hace que las luces de obstrucción se iluminen sincronamente o de acuerdo con otro patrón predeterminado.

El sistema RSLP utilizado junto con el controlador de luz 710 incluye una unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el código software del sistema RSLP y un módulo de interfaz 705 acoplado entre la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 y el controlador de luz 710. El sistema RSLP también incluye múltiples unidades de radar 715a-715n (en general, 715) para evitar los problemas asociados con el uso de una única unidad de radar, tal y como se describió anteriormente. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 está acoplada a las unidades de radar 715. Cada unidad de radar 715 contiene su propia unidad de procesamiento de señales de radar para la generación de información de detección de radar. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 analiza la información de detección de radar para determinar la forma de controlar las luces de obstrucción 322 utilizando el controlador de luz 710. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 transmite entonces señales de control al controlador de luz 710 a través del módulo de interfaz 705 para controlar las luces de obstrucción 322.

En algunas realizaciones, el controlador de luz 710 puede aceptar señales de control del módulo de interfaz 705 o de otra circuitería externa para proporcionar lógica adicional para controlar las luces de obstrucción 322 de una manera particular. En algunas realizaciones, el módulo de interfaz 705, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 y/o la circuitería externa envía señales a intervalos de tiempo regulares para indicar que está trabajando correctamente.

La Figura 7B es un diagrama de bloques de un sistema RSLP utilizado junto con un sistema de adquisición de datos (SCADA) de control de monitorización y, de acuerdo con otra forma de realización ilustrativa de la invención. Algunos parques eólicos contienen un sistema de Control de Monitorización y Adquisición de Datos (SCADA), que incluye un concentrador central de control 730. El Concentrador Central de Control SCADA 730 es la ubicación central desde la que se monitorizan y controlan todos los aerogeneradores de un parque eólico.

El sistema RSLP 700 incluye una unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el código del software del sistema RSLP y un módulo de interfaz 705 acoplado entre la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 y el Concentrador Central de Control SCADA 730. El sistema RSLP 700 también incluye múltiples unidades de controlador de luces de obstrucción 724a-724n (en general, 724) acopladas al Concentrador Central de Control SCADA 730. Cada unidad de controlador de luces de obstrucción 724 también está acoplada a una luz de obstrucción 322. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 está conectada con las unidades de radar 715. Cada unidad de radar 715 contiene su propia unidad de procesamiento de señales de radar para la generación de información de detección de radar. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 analiza la información de detección de radar para determinar cómo controlar cada luz de obstrucción 322a-322n en cada aerogenerador 320a-320n. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303

transmite señales de control al controlador de múltiples unidades luz de obstrucción 724a-724n a través del módulo de interfaz 705 y el Concentrador Central de Control SCADA 730.

5 Las realizaciones de la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 ejecuta el código software del sistema RSLP pueden realizar uno cualquiera de o cualquier combinación de las siguientes funciones:

10 1. Coordinar las unidades de radar múltiples 715. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 enciende las unidades de radar 715 cuando cae la noche y apaga las unidades de radar 715 cuando rompe la mañana. También controla el volumen, en términos de latitud, longitud y elevación, que cada una de las unidades analiza continuamente cuando está en funcionamiento.

15 2. Buscar y rastrear vehículos de destino (por ejemplo, vehículos transportados por el aire). Las unidades de radar 715 pueden rastrear simultáneamente múltiples vehículos. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 puede asociar las diferentes pistas de detección de las unidades de radar 715 para el vehículo objetivo común al que se refieren las pistas de detección.

20 3. Filtrar los objetos que no son objetos en movimiento (por ejemplo, automóviles, camiones, barcos, personas y aves). Las unidades de radar 715 pueden detectar todos los objetos en movimiento. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 analiza retornos de radar y la información de detección de las unidades de radar 715 para determinar si un objeto en movimiento es un objetivo. Los ecos de radar de detección e información de las unidades de radar 715 pueden incluir el ángulo de elevación, las modulaciones de las hélices en un vehículo en vuelo, velocidad, ruta de viaje y la correlación con la información de la FAA. Si la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 determina que el objeto en movimiento no es un objetivo, el objeto en movimiento puede ser ignorado.

25 4. Filtrar los aerogeneradores 320. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 lleva a cabo desconexión cíclica de rango y acimut ignorar los ecos de radar asociados a las turbinas eólicas 320. Debido a que las turbinas eólicas 320 están en ubicaciones fijas, pueden ignorarse los retornos de radar de esos lugares.

30 5. Realizar el análisis de "Control de Volumen". El volumen monitorizado puede incluir un espacio aéreo definido en base a las especificaciones de la FAA de luz de obstrucción y de cualquier otra especificación aplicable. Esta forma tridimensional se denomina volumen de control, porque cada vehículo en el aire que entra en el espacio aéreo definido, en general, con el tiempo abandonará el espacio aéreo, de forma análoga a la del flujo de fluidos en el análisis de control de volumen en la mecánica de fluidos. El volumen de control puede ser el volumen a escanear por el sistema de radar o una parte del volumen escaneado. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 monitoriza las entradas y salidas de vehículos aéreos hacia dentro y fuera del volumen de control. En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 sigue funcionando recontando las entradas y salidas de vehículos aéreos. Las luces de obstrucción 322 se activan cuando uno o más vehículos transportados por el aire entran en el volumen de control. Las luces de obstrucción 322 se apagan sólo cuando el número de vehículos aéreos que han salido del volumen de control son iguales al número de vehículos aéreos que han entrado en el volumen de control. Este procedimientos permite un nivel adicional de seguridad si las pistas de uno o más vehículos aéreos no se pierden en los aerogeneradores 320, si el vehículo aéreo vuela en una celda desconectada cíclicamente de rango-acimut, o si el vehículo aéreo vuela cerca o en entre las turbinas de viento de 320 a baja altura.

45 6. Determinar cuándo encender o apagar las luces de obstrucción 322. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 procesa la información de los análisis de control de volumen y determina cuándo encender o apagar las luces.

50 7. Monitorizar el estado de funcionamiento de las unidades de radar 715.

55 8. Generar mensajes de control para las unidades de controlador de luces de obstrucción 724. Por ejemplo, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 puede generar mensajes de control para las unidades de controlador de luces de obstrucción 724 que indican si un vehículo en vuelo está presente dentro de un volumen predeterminado que rodea a o que contiene un parque eólico (por ejemplo, una Señal de Presencia de Aeronave que indica que una aeronave está presente en el volumen predeterminado o un Señal de No Presencia de Aeronave que indica que un avión no está presente en el volumen predeterminado). En una forma de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el código software RSLP genera y transmite mensajes de control a las unidades de controlador de luces de obstrucción 724 que indican el estado de funcionamiento de las unidades de radar 715.

60 En algunas formas de realización, la unidad de procesamiento de señales de radar de una unidad de radar particular (por ejemplo, la unidad de radar 715A) actúa como la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 y ejecuta el software del sistema RSLP. Por ejemplo, el sistema RSLP puede emplear un sistema de radar desarrollado por las tecnologías de monitorización de detección (DMT) (Sterling, Virginia). La configuración estándar

del sistema DMT tiene dos componentes principales: el servidor de radar y el software de cliente. En el lenguaje DMT, el servidor de radar se refiere a la unidad de radar real y a un ordenador de a bordo, que se ejecuta en Windows®, y una aplicación software, el cual procesa los ecos de radar para crear los datos de detección de destino. Este ordenador de a bordo se le conoce como el servidor debido a que a los datos de detección pueden acceder de forma remota otros equipos que ejecutan el software de cliente. El software de cliente es la interfaz de usuario para el sistema de radar DMT.

Un usuario accede al servidor de radar a través del software de cliente para configurar los parámetros del sistema de radar. Una vez establecidos los parámetros del sistema de radar, el servidor radar ejecuta el software del sistema RSLP, que puede operar el sistema RSLP de forma autónoma. Por ejemplo, el servidor de radar que ejecuta el software del sistema RSLP puede coordinar la información de detección de radar recibida de otros servidores de radar (por ejemplo, las unidades de radar 715a – 715n). En algunas formas de realización, el software del sistema RSLP se ejecuta en un ordenador que también ejecuta software de cliente DMT. En otras realizaciones, el software del sistema RSLP ejecuta códigos o software de kit de desarrollo de software DMT o del interlocutor remoto del DMT.

En algunas realizaciones, los parques eólicos son sistemas SCADA para controlar y monitorizar la operación de turbinas individuales en el parque eólico y del propio parque eólico. Los sistemas SCADA tienen una infraestructura en la que un Concentrador de Control Central 730 se comunica con cada aerogenerador 320. El sistema SCADA puede incluir una infraestructura de comunicación que incluye (por ejemplo, cables de fibra óptica) cables y/o enlaces de comunicación inalámbrica que interconectan el Concentrador Central de Control 730 y las turbinas eólicas 320. A menudo, los cables de fibra óptica son conjuntos de varios hilos de fibra óptica individuales. Como se ilustra en la Figura 7B, el sistema RSLP puede utilizar la infraestructura de la comunicación SCADA (por ejemplo, los enlaces de comunicaciones con cable) para pasar señales de control entre la unidad de detección de radar principal 303 y las unidades de controlador de luz de obstrucción 724a-724n, que controlan las luces de obstrucción 322. Los sistemas SCADA también pueden incluir enlaces de comunicación inalámbrica entre algunos elementos del sistema.

En la operación, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 ejecuta el código software RSLP, que transmite señales de control a las unidades de controlador de luz de obstrucción 724a-724n sobre la infraestructura SCADA a través del módulo de interfaz 705. Como las unidades de radar 715 escanean el cielo, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 interpreta los retornos de radar de las unidades de radar 715 para determinar si debe activarse o desactivarse las luces de obstrucción 322. Si la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 determina que las luces de obstrucción 322 deben encenderse o apagarse, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 envía una señal de control a las unidades de controlador de luces de obstrucción 724a-724n a través del módulo de interfaz 705 y el SCADA 730 para encender o apagar la obstrucción ilumina 322. En respuesta a la señal de control, las unidades de controlador de luz de obstrucción 724a-724n activan o desactivan las luces de obstrucción 322 en los aerogeneradores 320a-320n.

En algunas realizaciones, cada luz de obstrucción 322 es una unidad autónoma. Cada luz de obstrucción 322 puede incluir su propia célula fotoeléctrica que controla el funcionamiento de la luz de obstrucción 322 en base a la luz ambiental. Cada luz de obstrucción 322 también puede contener un receptor GPS para que todas las luces de un parque eólico puedan parpadear sincrónicamente en base a la codificación de tiempo GPS. De acuerdo con una forma de realización, una única unidad de controlador de luces de obstrucción 310 se conecta a un grupo de luces de obstrucción.

La Figura 8 es un sistema RSLP 800 incluyendo múltiples unidades de controlador de luces de obstrucción 824a-824e (en general, 824) en una red inalámbrica, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. El sistema RSLP 800 incluye una pluralidad de turbinas de viento 820a-820e (en general, 820), una pluralidad de luces de obstrucción 822a-822e (en general, 822), una pluralidad de unidades de radar 815a-815b (en general, 815), y una unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303. Las unidades de radar 815 monitorizan un volumen que contiene los aerogeneradores 820. Cada aerogenerador 820 incluye una luz de obstrucción 822 y una unidad de controlador de luces de obstrucción 824 que están acopladas eléctricamente entre sí. Cada unidad de controlador de luces de obstrucción 824 incluye un relé (por ejemplo, el relé NC/SPDT 918 de la Figura 9) configurado para apagar o encender la luz de obstrucción 822. En algunas realizaciones, la turbina eólica 820 u otra obstrucción incluye una pluralidad de luces de obstrucción eléctricamente acopladas a una única unidad de controlador de luces de obstrucción 824.

Tal y como se muestra en la Figura 8, la pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción 824 se comunican mediante enlaces de comunicación inalámbrica 826a-826g (en general, 826). En diversas realizaciones, las unidades de controlador de luces de obstrucción 824 pueden comunicarse en multi-hop ad hoc o con una topología de red de malla inalámbrica. En otras realizaciones, las unidades de controlador de luces de obstrucción 824 se comunican en un punto a punto, punto a punto, o punto de topología de red multipunto. En una realización que incorpora una topología de red en malla inalámbrica, cada unidad de controlador de luces de obstrucción 824 recibe, interpreta y retransmite mensajes de control de relés para unidades de controlador de luces de obstrucción

824 vecinas que, a su vez, reciben, interpretan y retransmiten los mismos mensajes de control. Los nodos de la unidad de controlador de múltiples luces de obstrucción 824 forman una red inalámbrica para que los mensajes de control puedan llegar a cada unidad de controlador de luces de obstrucción 824.

5 La red inalámbrica también ofrece la infraestructura de comunicación para la coordinación de las unidades de radar 815 y para la coordinación de la información de detección generada por la unidad de procesamiento de señales de radar de cada unidad de radar. Por ejemplo, la unidad de radar 815a puede transmitir un mensaje con información de detección de radar para la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 a través de enlaces de cable 816a, 816b y la red inalámbrica de las unidades de controlador de luces de obstrucción 824. En algunas formas de realización, los enlaces de cable 816a, 816b son enlaces inalámbricos.

15 En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 es un ordenador en un emplazamiento común con la unidad de radar 815b. La unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 y las unidades de radar 815 pueden estar ubicadas en las proximidades del volumen monitorizado o ser localizadas de forma remota desde el volumen monitorizado. Todos o una parte de los enlaces de comunicación entre elementos del sistema RSLP pueden ser enlaces de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, cualquiera de los siguientes enlaces de comunicación pueden ser enlaces de comunicación inalámbrica:

- 20 1. Los enlaces de comunicación entre las Unidades de Controlador de Luces de obstrucción 824;
2. Los enlaces de comunicación entre la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el software RSLP y las Unidades de Controlador de Luces de obstrucción 824;
- 25 3. Los enlaces de comunicación entre las unidades de radar 815;
4. Los enlaces de comunicación entre las unidades de radar 815 y las Unidades de Controlador de Luces de obstrucción 824; y
- 30 5. Los enlaces de comunicación entre las unidades de radar 815 y la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 que ejecuta el software RSLP.

A través del proceso de reinstalación, un mensaje, tal como un paquete de datos inalámbricos, encuentra su camino a varios destinos en el sistema RSLP, pasando a través de nodos intermedios con enlaces de comunicación fiables. Al igual que el Internet y otras redes basadas en enrutadores punto a punto, una red en malla ofrece múltiples vías de comunicación redundantes por toda la red. Si un enlace falla por cualquier motivo (incluyendo la introducción de interferencias de RF intensas), la red enruta automáticamente los mensajes por caminos alternativos. Por ejemplo, el controlador de luces de obstrucción unidad 824a puede desear enviar información de detección de radar de la unidad de radar 815a a la unidad controladora de luces de obstrucción 824e. Si el enlace de comunicación 826g no es fiable ya que, por ejemplo, el módulo inalámbrico (por ejemplo, el módulo inalámbrico 914 de la Figura 9) a la unidad de controlador de luces de obstrucción 824d está funcionando mal, entonces la unidad de controlador de luces de obstrucción 824a puede transmitir un mensaje de control 825 a la unidad de controlador de luces de obstrucción 824e mediante los enlaces de comunicación 826c y 826e. En consecuencia, la forma de realización de la red de malla del sistema RSLP se auto-repara porque la intervención humana no es necesaria para el re-enrutamiento de mensajes de control. Por lo tanto, la pérdida de una o más unidades de controlador de luces de obstrucción 824 no afecta necesariamente al funcionamiento de la red.

50 En una topología de red en malla, la distancia entre las unidades de controlador de luces de obstrucción 824 se puede acortar para aumentar dramáticamente la calidad del enlace de comunicación 826. Por ejemplo, las unidades adicionales de controlador de luces de obstrucción 824 pueden añadirse a los aerogeneradores en un parque eólico para llenar lagunas importantes en la red. Si la distancia entre las unidades de controlador de luces de obstrucción 824 se reduce en un factor dos, la señal resultante es al menos cuatro veces más potente en la antena de recepción (por ejemplo, la antena 915 de la Figura 9). Esto hace que el enlace de comunicaciones 826 sea más fiable sin aumentar la potencia del transmisor en unidades de controlador de luces de obstrucción individuales 824. Mediante la adición de más unidades de controlador de luces de obstrucción 824 a un parque eólico y mediante el uso de una topología de red en malla, se puede extender el alcance, añadir la redundancia y mejorar la fiabilidad general de la red. Como resultado, la topología de red de malla puede hacer el sistema RSLP robusto y fiable.

60 En algunas realizaciones, la arquitectura de red de malla de un sistema RSLP también se auto-organiza y no requiere configuración manual. Debido a esto, la adición de una nueva unidad de controlador de luces de obstrucción 824 o la reubicación de una unidad de controlador de luces de obstrucción existente 824 es tan sencilla como conectarlo y encenderlo. La red descubre la nueva unidad de controlador de luces de obstrucción 824 y automáticamente la incorpora en el sistema existente. Por lo tanto, el sistema RSLP es altamente adaptable.

65 La forma de realización del sistema RSLP el empleo de una topología de red de malla también es escalable y puede manejar cientos de unidades de controlador de luces de obstrucción 824 instaladas en turbinas de viento 820 en un

parque eólico porque el funcionamiento de la red no depende de un punto de control central. Por lo tanto, un sistema RSLP empleando una red de malla es inherentemente fiable, se adapta fácilmente a las restricciones ambientales o arquitectónicas y se puede escalar para manejar cientos de unidades de controlador de luces de obstrucción 824.

5 En diversas formas de realización, el sistema RSLP puede emplear otras topologías de red, incluyendo una red ad hoc inalámbrica, una combinación híbrida de red de malla y red inalámbrica ad hoc, un híbrido red inalámbrica/cableada. En estas formas de realización, una única unidad de controlador de luces de obstrucción 824 funciona como un nodo de red, intérprete de lógica y controlador de relé de las luces de obstrucción. Las múltiples unidades de control luz de obstrucción 824, con la posible adición de otros nodos de enrutamiento, constituyen en conjunto la parte hardware del sistema RSLP. Por lo tanto, las realizaciones del sistema RSLP pueden enviar mensajes de controlador de luces de obstrucción a múltiples unidades de controlador de luces de obstrucción 824 en muchos lugares sobre grandes áreas geográficas con topografía potencial variada y con distancias de nodo a nodo que van desde unos pocos cientos de metros a varios kilómetros.

15 En diversas realizaciones, las unidades de controlador de luces de obstrucción pueden comunicarse con otros controladores de luces de obstrucción a través de una red por cable o de una red híbrida cableada/inalámbrica. Además, las unidades de radar se pueden comunicar con la unidad maestra de procesamiento de detección de radar a través de una red por cable o una red híbrida cableada/inalámbrica.

20 En algunas realizaciones, no todas las turbinas tienen que ser encendidas cuando se erige un parque eólico. Los requisitos varían de un parque eólico a otro en base al diseño. En el parque eólico Jordanville mencionado con anterioridad, sólo se encienden 32 de las 68 turbinas totales necesarias. En otras realizaciones, se necesitaría que se enciendan todas las turbinas para proporcionar una mayor visibilidad que los esquemas regulatorios actuales de la FAA.

25 La Figura 9 es un diagrama de bloques de una unidad de controlador de luces de obstrucción 824 para un sistema RSLP, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 incluye una antena 915, un módulo inalámbrico 914, un microcontrolador 916, una unidad de conmutación 918, y circuitería de apoyo 912. La unidad de conmutación 918 puede incluir un relé normalmente cerrado (NC) o un relé de doble-banda polo-único (SPDT) retransmitirá con cables normalmente cerrados. La circuitería de soporte 912 puede incluir, por ejemplo, circuitos de alimentación que proporciona energía regulada a la unidad de controlador de luces de obstrucción 824. La circuitería de soporte 912 también puede incluir chips de CI, osciladores, resistencias, condensadores, diodos, LEDs, y reguladores de tensión para soportar la funcionalidad básica de los componentes de la unidad de controlador de luces de obstrucción 824. El módulo inalámbrico 914 se ocupa de todas las tareas de comunicación y de los protocolos de red necesarios. En la realización SCADA que se ha descrito con anterioridad, la antena 915 y el módulo inalámbrico 914 se sustituyen por un hardware de comunicaciones configurado para recibir señales de comunicación por cable.

40 En algunas formas de realización, la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 está montada encima de la góndola de un aerogenerador del parque eólico, tal y como se muestra en la Figura 8. Las luces de obstrucción de las turbinas de viento son forzadas por la FAA a parpadear a una velocidad especificada. La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 puede incluir la capacidad de controlar el momento de la intermitencia de las luces de obstrucción.

45 La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 sirve como interfaz entre la unidad de detección de radar principal (por ejemplo, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 de la Figura 8) que ejecuta el código software RSLP y las luces de obstrucción (por ejemplo, las luces de obstrucción 822 de la Figura 8). En una forma de realización, la antena 915 y el módulo inalámbrico 914 están configurados para recibir mensajes de control transmitidos desde un transmisor inalámbrico (no mostrado) conectado a la unidad maestra de procesamiento de detección de radar que ejecuta el código software RSLP. La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 interpreta las señales de control a través del microcontrolador 916 y acciona su relé 918 para encender una luz de obstrucción asociada en base a información de detección de radar que indica que uno o más vehículos aéreos no han entrado en el volumen monitorizado por una unidad de radar (por ejemplo, las unidades de radar 815a, 815b de la Figura 8) o en base a la ocurrencia de una condición de fallo. La condición de fallo puede incluir fallos en la unidad de radar causados por la pérdida de corriente o por un fallo de comunicaciones causado por las señales de interferencia o por un enlace de comunicaciones roto. La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 interpreta las señales de control y las unidades de su relé 918 para apagar una luz de obstrucción asociada en base a información de detección de radar de que no todos los vehículos aéreos han abandonado el volumen monitorizado por la unidad de radar. La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 retransmite señales de control a otros controladores de luz de obstrucción 824, en los que se repite el proceso de interpretación y de reinstalación.

60 Por lo tanto, la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 recibe e interpreta las señales de la unidad maestra de procesamiento de detección de radar, que puede estar en el mismo emplazamiento de la unidad de radar 815b, para determinar cuándo encender o apagar una luz de obstrucción. Por ejemplo, la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 se puede configurar para recibir e interpretar las señales que indican si una

aeronave está presente dentro del volumen monitorizado (por ejemplo, señales de presencia y no presencia de aeronaves). La unidad de controlador de luces de obstrucción 824 también se puede configurar para recibir e interpretar las señales que indican si la totalidad o una parte del sistema RSLP ha fallado o está funcionando mal. Por ejemplo, si los componentes del sistema RSLP están funcionando adecuadamente, los nodos de controlador de

5 luces de obstrucción 824 pueden recibir e interpretar una señal de que está funcionando enviada desde un equipo que ejecuta el código software del sistema RSLP en intervalos de tiempo regulares. De lo contrario, los nodos de controlador de luces de obstrucción 824 pueden recibir e interpretar una señal de modo de error enviada desde un equipo que ejecuta el código software del sistema RSLP.

10 En una forma de realización, el microcontrolador 916 en cada unidad de controlador de luces de obstrucción 824 puede controlar las luces de obstrucción correspondientes en base a las señales recibidas desde la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 y de acuerdo con la siguiente lógica:

	<i>Está funcionando</i>	<i>Modo de error</i>
<i>Aeronave Presente</i>	Luces encendidas	Luces encendidas
<i>Aeronave no Presente</i>	Luces apagadas	Luces encendidas

15 El sistema RSLP está diseñado para ser a prueba de fallos. En una realización, si las unidades de radar (por ejemplo, las unidades de radar 815a, 815b de la Figura 8), el software del sistema RSLP, el software de la unidad de radar, o cualquier otra parte del sistema RSLP fallan por alguna razón, el sistema RSLP volverá a encender las luces de obstrucción hasta que se resuelva la condición de fallo. En una realización, la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 proporciona una capa de protección en el caso de fallo de radar, fallo software o de una necesidad de reiniciar el equipo que ejecuta el componente de software. Por ejemplo, la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 puede configurarse para interpretar la falta de una señal esperada como una indicación de que la totalidad o una parte del sistema RSLP ha fallado o está funcionando mal. En una realización, la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 controla si la señal Está Funcionando se ha recibido a partir del código software del sistema RSLP. Si esta señal no se encuentra dentro de un intervalo de tiempo esperado, se asumirá que se ha recibido una señal de control para encender una luz de obstrucción del código software del sistema RSLP y encenderá las luces de obstrucción. En algunas formas de realización, el código software del sistema RSLP o una unidad de controlador de luces de obstrucción alerta a un operador de que hay un fallo presente en el sistema RSLP.

20 En algunas formas de realización, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 puede determinar si las unidades de radar están funcionando correctamente al operar las unidades de radar para encontrar las turbinas de viento en sus ubicaciones conocidas. Además, si la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 detecta un fallo de una unidad de controlador de luces de obstrucción 824, puede generar un mensaje de fallo y transmitir una señal de error para los componentes del sistema RSLP. Las indicaciones de fallo pueden ser provocadas por la falta de una señal de reconocimiento desde una unidad de controlador de luces de obstrucción 824.

25 Cada unidad de controlador de luces de obstrucción 824 puede incluir un temporizador. Si una unidad de controlador de luces de obstrucción 824 recibe una señal Está Funcionando, el temporizador se restablece. Si no se recibe una señal Está Funcionando dentro de un período de tiempo previsto o se recibe una señal No Está Funcionando, la unidad hardware entra modo de error. En modo de error, la unidad de controlador de luces de obstrucción activa automáticamente la luz de obstrucción asociada. Una señal Está Funcionando saca la unidad controladora de luces de obstrucción 824 del modo de error y hace que el temporizador se restablezca.

30 La Figura 10 es un diagrama de flujo de un procedimiento para la prevención de la contaminación lumínica, de acuerdo con una realización ilustrativa de la invención. Después de iniciar 1001, se monitoriza 1002 un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción (por ejemplo, por las unidades de radar 815a, 815b de la Figura 8). A continuación, se determina si un vehículo en vuelo está presente en el volumen monitorizado 1004 (por ejemplo, por la unidad maestra de procesamiento de detección de radar 303 de la Figura 8). Si un vehículo aéreo está presente en el volumen monitorizado, encender 1008 (por ejemplo, por la unidad de controlador de luces de obstrucción 824 de la Figura 8) una luz de obstrucción (por ejemplo, las luces de obstrucción 822 de la Figura 8) y el monitorizar los alrededores o que contienen la al menos una obstrucción continua 1002. De lo contrario, se determina si existe una condición de fallo 1006. Si existe una condición de fallo, la luz de obstrucción está encendida 1008 y 1002 el seguimiento continúa. Si una condición de fallo no existe, se apaga 1010 la luz de obstrucción y 1002 la monitorización continúa.

35 Los sistemas y procedimientos descritos anteriormente se pueden implementar en circuitos electrónicos digitales, en hardware, firmware y/o software. La aplicación puede ser como un producto de programa de ordenador (es decir, un programa de ordenador incorporado de manera tangible en un soporte de información). La aplicación puede, por ejemplo, estar en un dispositivo de almacenamiento legible por máquina y/o en una señal propagada, para su ejecución por, o para controlar el funcionamiento de, un aparato de procesamiento de datos. La aplicación puede,

por ejemplo, ser un procesador programable, un ordenador y/o múltiples ordenadores.

Un programa de ordenador puede estar escrito en cualquier forma de lenguaje de programación, incluyendo lenguajes compilados y/o interpretados, y el programa de ordenador se puede implementar en cualquier forma, incluyendo como un programa independiente o como una subrutina, elemento y/u otra unidad adecuada para su uso en un entorno informático. Un programa de computadora puede desplegarse para ser ejecutado en un equipo o en varios equipos en un solo sitio.

Las etapas del procedimiento pueden ser realizadas por uno o más procesadores programables que ejecutan un programa de ordenador para llevar a cabo las funciones de la invención operando sobre datos de entrada y generando la salida. Las etapas del procedimiento también pueden ser realizadas por un aparato y pueden implementarse como circuitos lógicos de propósito especial. La circuitería puede, por ejemplo, ser una FPGA (matriz de puertas programable) y/o un ASIC (circuito integrado de aplicación específica). Los módulos, subrutinas, y los agentes de software pueden hacer referencia a partes del programa de ordenador, el procesador, el sistema de circuitos especial, el software y/o hardware que implementa dicha funcionalidad.

Los procesadores adecuados para la ejecución de un programa de ordenador incluyen, a modo de ejemplo, tanto microprocesadores de propósito general como especial, y cualquier uno o más procesadores de cualquier tipo de ordenador digital. Generalmente, un procesador recibe instrucciones y datos desde una memoria de sólo lectura o una memoria de acceso aleatorio o ambas. Los elementos esenciales de un ordenador son un procesador para ejecutar instrucciones y uno o más dispositivos de memoria para almacenar instrucciones y datos. Generalmente, un ordenador puede incluir, puede estar operativamente acoplado para recibir datos desde y/o la transferencia de datos a uno o más dispositivos de almacenamiento masivo para almacenar datos (por ejemplo, discos magnéticos, magneto-ópticos o discos ópticos).

La transmisión de datos y las instrucciones también pueden ocurrir en más de una red de comunicaciones. Los soportes de información adecuados para encarnar las instrucciones y los datos del programa de computación comprenden todas las formas de memoria no volátil, incluyendo a modo de ejemplo, dispositivos semiconductores de memoria. Los portadores de información pueden ser, por ejemplo, EPROM, EEPROM, dispositivos de memoria flash, discos magnéticos, discos duros internos, discos extraíbles, discos magneto-ópticos, CD-ROM y/o discos de DVD-ROM. El procesador y la memoria se pueden complementar con y/o incorporarse en los circuitos lógicos de propósito especial.

Para proporcionar la interacción con un usuario, las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un ordenador que tenga un dispositivo de visualización. El dispositivo de visualización puede, por ejemplo, ser un tubo de rayos catódicos (CRT) y/o una pantalla de cristal líquido (LCD). La interacción con un usuario puede, por ejemplo, ser una pantalla de información para el usuario y un teclado y un dispositivo señalador (por ejemplo, un ratón o una bola de seguimiento) mediante el cual el usuario puede proporcionar entrada a la computadora (por ejemplo, interactuar con un elemento de la interfaz de usuario). Otros tipos de dispositivos pueden utilizarse para proporcionar interacción con un usuario. Otros dispositivos pueden, por ejemplo, ser retroalimentación proporcionada al usuario en cualquier tipo de retroalimentación sensorial (por ejemplo, información visual, retroalimentación auditiva o táctil). La entrada desde el usuario puede, por ejemplo, ser recibida en cualquier forma, incluyendo acústica, habla y/o una entrada táctil.

Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un sistema de computación distribuida que incluye un componente de soporte. El componente de soporte puede, por ejemplo, ser un servidor de datos, un componente middleware y/o un servidor de aplicaciones. Las técnicas descritas anteriormente se pueden implementar en un sistema informático de distribución que incluye un componente interfaz. El componente interfaz puede, por ejemplo, ser un ordenador cliente que tenga una interfaz gráfica de usuario, un navegador web a través del cual un usuario puede interactuar con una implementación de ejemplo y/u otras interfaces gráficas de usuario para un dispositivo de transmisión. Los componentes del sistema pueden estar interconectados por cualquier forma o medio de comunicación de datos digitales (por ejemplo, una red de comunicación). Los ejemplos de redes de comunicación incluyen una red de área local (LAN), una red de área amplia (WAN), Internet, redes de cable y/o redes inalámbricas.

El sistema puede incluir clientes y servidores. Un cliente y un servidor están generalmente a una distancia uno de otro y por lo general interactúan a través de una red de comunicación. La relación entre el cliente y el servidor se presenta en virtud de los programas de ordenador que se ejecutan en los equipos respectivos y tienen una relación cliente-servidor.

Las redes basadas en paquetes pueden incluir, por ejemplo, Internet, un protocolo de portadora de Internet de red (IP) (por ejemplo, red de área local (LAN), red de área amplia (WAN), red de área de campus (CAN), red de área metropolitana (MAN), red de área local (HAN)), una red IP privada, una central telefónica privada IP (IPBX), una red inalámbrica (por ejemplo, una red de radio acceso (RAN), 802. 11, 802. 16 de red, una red de servicio de radio por paquetes (GPRS), HiperLAN y/u otras redes basadas en paquetes. Las redes basadas en circuitos pueden incluir,

por ejemplo, la red telefónica pública conmutada (PSTN), una centralita privada (PBX), una red inalámbrica (por ejemplo, RAN, Bluetooth, una red de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), una red de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), una red de sistema global de comunicaciones móviles (GSM)) y / u otras redes basadas en circuitos.

5 El dispositivo de transmisión puede incluir, por ejemplo, un ordenador, un ordenador con un dispositivo de navegador, un teléfono, un teléfono IP, un dispositivo móvil (por ejemplo, un teléfono celular, un asistente digital personal (PDA), una computadora portátil, un dispositivo de correo electrónico) y / u otros dispositivos de comunicación. El dispositivo de navegador incluye, por ejemplo, un ordenador (por ejemplo, ordenador de sobremesa, ordenador portátil) con un navegador web en todo el mundo (por ejemplo, Microsoft® Internet Explorer® de Microsoft Corporation, Mozilla Firefox® disponible de Mozilla Corporation). El dispositivo de computación móvil incluye, por ejemplo, una Blackberry®.

10
15 Comprende, incluye, y/o las formas plurales de cada uno son de composición abierta e incluyen los elementos de la lista y pueden incluir partes adicionales que no figuren. Y/o es abierta e incluye una o más de las partes y combinaciones enumeradas de los elementos de la lista.

20 Un experto en la técnica se dará cuenta de que la invención puede realizarse de otras formas específicas sin alejarse del espíritu o características esenciales de la misma. Las realizaciones anteriores son, por tanto, para ser consideradas en todos los aspectos ilustrativas en lugar de limitantes de la invención descrita en el presente documento. El ámbito de aplicación de la invención está por lo tanto indicado por las reivindicaciones adjuntas, más que por la descripción anterior, y por lo tanto todos los cambios que entren dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones están destinados a ser abarcados por las mismas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (300) para la prevención de la contaminación lumínica, que comprende:
 - 5 una unidad de radar (315) configurada para monitorizar un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción, teniendo la al menos una obstrucción (320) una o más luces de obstrucción (322);

una unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) en comunicación con la unidad de radar (315), la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) configurada para procesar la información de detección de radar de la unidad de radar (315) y para determinar si un vehículo está presente en el volumen monitorizado, la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) configurada además para generar una o más señales de control en base a la información de detección de radar procesada; y

una pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción (310, 724, 824), la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) configurado además para transmitir la una o más señales de control a través de una red de unidades de controlador de luces de obstrucción (724, 824), cada unidad de controlador de luz de obstrucción configurada para (i) encender una luz de obstrucción (327) si al menos una de las una o más señales de control indica que el vehículo ha entrado en el volumen monitorizado y para (ii) apagar la luz de obstrucción si al menos una de las una o más señales de control indica que el vehículo ha abandonado el volumen monitorizado

caracterizado por que

la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) está adaptada, además, para contar el número de vehículos que entran y salen del volumen monitorizado y transmitir un mensaje de control a al menos una de la pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción (310, 724, 824) para encender al menos una de las una o más luces de obstrucción en respuesta a que la unidad maestra de procesamiento de detección de radar determine que el número de vehículos que han entrado y han abandonado el volumen monitorizado no es igual.
 2. El sistema según la reivindicación 1, que comprende además una pluralidad de unidades de radar (715) en comunicación con la unidad maestra de procesamiento de detección de radar a través de la red de unidades de controlador de luces de obstrucción, la pluralidad de unidades de radar que incluye la unidad de radar y configurada para transmitir información de detección de radar a la unidad maestra de procesamiento de detección de radar a través de la red.
 3. El sistema según la reivindicación 1, en el que el vehículo es un vehículo en vuelo y la unidad maestra de procesamiento de detección de radar recibe información de detección de radar de la unidad de radar y determina una presencia, un rango, un azimut y una elevación del vehículo aéreo.
 4. El sistema según la reivindicación 3, en el que la unidad maestra de procesamiento de detección de radar diferencia entre vehículos aéreos y vehículos terrestres.
 - 45 5. El sistema según la reivindicación 3, en el que el vehículo en vuelo incluye un pequeño avión, un avión grande, un helicóptero o un planeador.
 6. El sistema según la reivindicación 1, en el que la al menos una obstrucción incluye una molino de viento, una turbina de viento, o una torre.
 - 50 7. El sistema según la reivindicación 6, en el que la unidad maestra de procesamiento de detección de radar diferencia el vehículo a partir del movimiento de los rotores de las turbinas de viento y la orientación de giro variable de las góndolas de turbina eólica.
 - 55 8. El sistema según la reivindicación 1, en el que la red de unidades de controlador de luces de obstrucción es una red inalámbrica (826).
 9. El sistema según la reivindicación 1, en el que la unidad de radar está situada en estrecha proximidad con el volumen monitorizado.
 - 60 10. El sistema según la reivindicación 1, en el que la unidad de radar está situada de forma remota desde el volumen monitorizado.
 - 65 11. El sistema según la reivindicación 1, en el que la unidad maestra de procesamiento de detección de radar monitoriza el estado operativo de la unidad de radar y transmite señales de control para encender una luz de

obstrucción si se han producido una o más condiciones de fallo.

12. El sistema según la reivindicación 1, en el que la unidad de radar se monta en una turbina eólica (320).
- 5 13. Una unidad de controlador de luces de obstrucción (724, 824) para un sistema de prevención de la contaminación lumínica de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende:
- 10 una unidad de comunicaciones (914) configurada para recibir una o más señales de control desde una unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) a través de una red de unidades de controlador de luces de obstrucción, generando la unidad maestra de procesamiento de detección de radar las una o más señales de control en base a la detección por radar de información de por lo menos una unidad de radar (715, 815), monitorizando la al menos una unidad de radar un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción (320) que tiene una pluralidad de luces de obstrucción (322);
- 15 una unidad de procesamiento (916) configurada para interpretar las señales de control recibidas desde la unidad maestra de procesamiento de detección de radar; y
- 20 una unidad de conmutación (918) configurada para activar una luz de obstrucción en respuesta a que la unidad de procesamiento (916) interprete a partir de una señal de control recibida desde la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) que el número de vehículos que han entrado y han abandonado el volumen monitorizado no es igual.
- 25 14. La unidad de controlador de luces de obstrucción según la reivindicación 13, en el que la unidad de comunicaciones es una unidad de comunicación inalámbrica que incluye una antena (915).
15. La unidad de controlador de luces de obstrucción según la reivindicación 13, en donde la unidad de conmutación es un relé normalmente cerrado (NC) o un relé de doble-banda polo-único (SPDT) con cables normalmente cerrados.
- 30 16. Un procedimiento para evitar la contaminación lumínica, que comprende:
- 35 monitorizar con una o más unidades de radar (315; 317) un volumen que rodea o que contiene al menos una obstrucción (320), teniendo la al menos una obstrucción (320) una o más luces de obstrucción (322);
- 40 determinar con una unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) en comunicación con la una o más unidades de radar (315 317) si un vehículo está presente en el volumen monitorizado,
- 45 generar en la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) una o más señales de control sobre la base de información de las una o más unidades de radar; y
- transmitir la una o más señales de control a una pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción (310, 724, 824);
- (i) encender una luz de obstrucción si al menos una de las una o más señales de control indica que el vehículo ha entrado en el volumen monitorizado y (ii) apagar la luz de obstrucción si al menos una de las una o más señales de control indica que el vehículo ha abandonado el volumen monitorizado
- estando el procedimiento caracterizado por
- 50 contar, además, en la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303), el número de vehículos que entran y salen del volumen monitorizado y
- 55 transmitir un mensaje de control a al menos una de la pluralidad de unidades de controlador de luces de obstrucción para activar al menos uno de los uno o más luces de obstrucción en respuesta a que la unidad maestra de procesamiento de detección de radar (303) determine que el número de vehículos que han entrado y han abandonado el volumen monitorizado no es igual.
- 60 17. El procedimiento según la reivindicación 16, que comprende además
- determinar si existe una condición de fallo, incluyendo monitorizar, dentro de un intervalo de tiempo regular, una señal predeterminada que indica si los elementos de un sistema de prevención de la contaminación lumínica están funcionando correctamente.
- 65 18. El procedimiento según la reivindicación 17, que comprende además encender al menos una luz de obstrucción en respuesta al no detectar, dentro del intervalo de tiempo regular, una señal predeterminada que

indica que los elementos del sistema de prevención de la contaminación lumínica están funcionando correctamente.

- 5 19. El procedimiento según la reivindicación 17, que comprende además de encender al menos una luz de obstrucción en respuesta a detectar una señal predeterminada que indica que los elementos del sistema de prevención de la contaminación lumínica no están funcionando adecuadamente.



FIG. 1

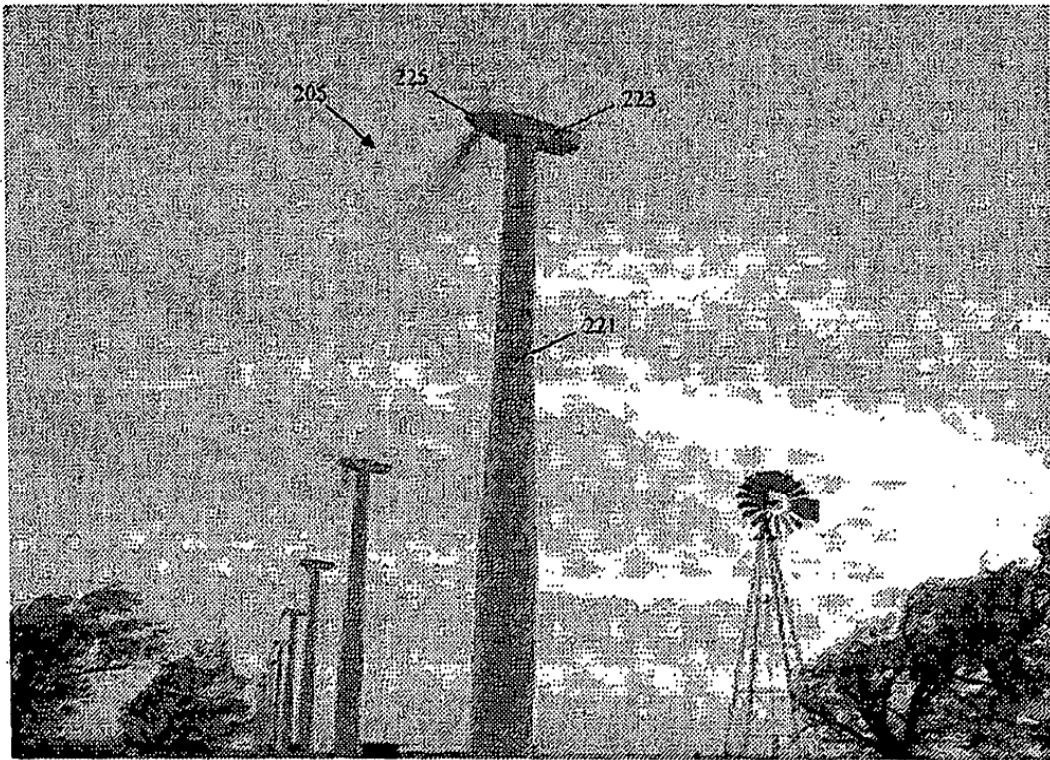


FIG. 2

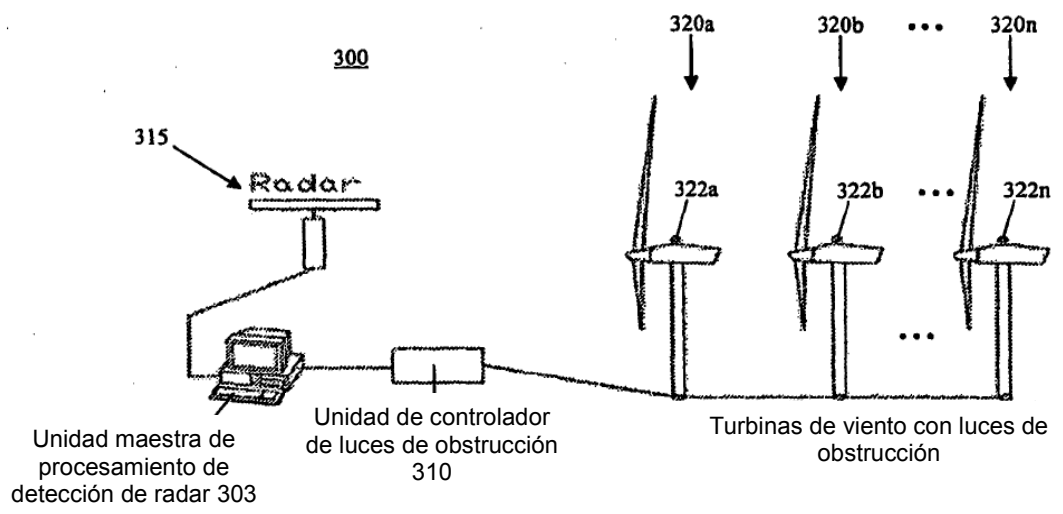


FIG. 3

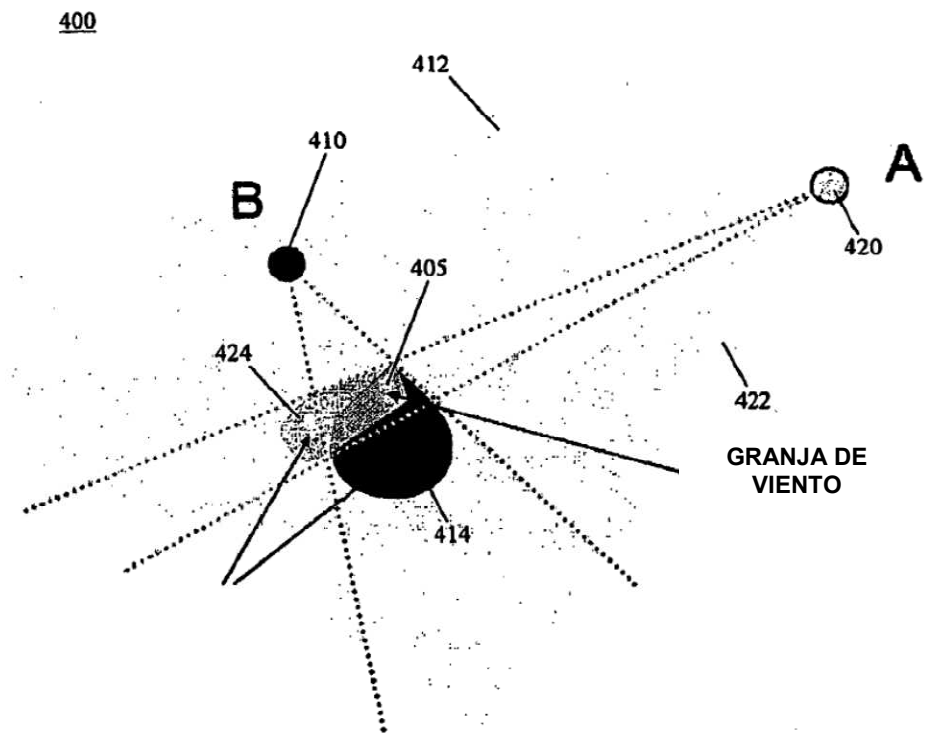


FIG. 4

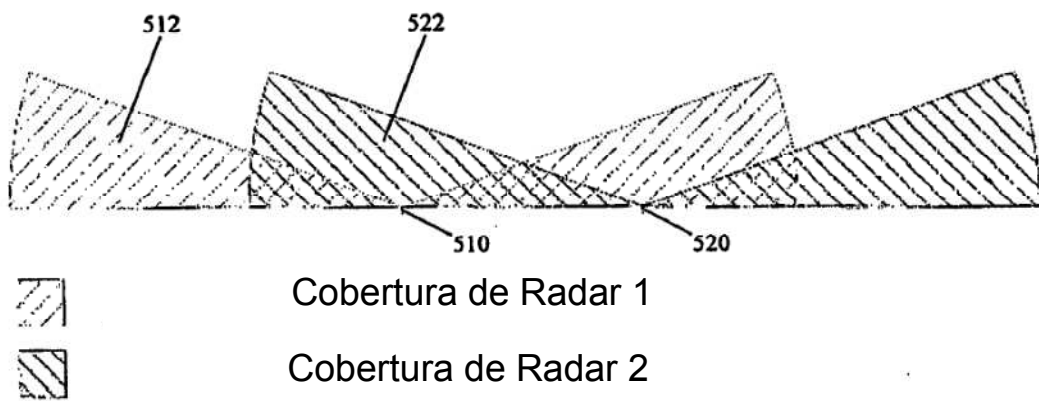


FIG. 5

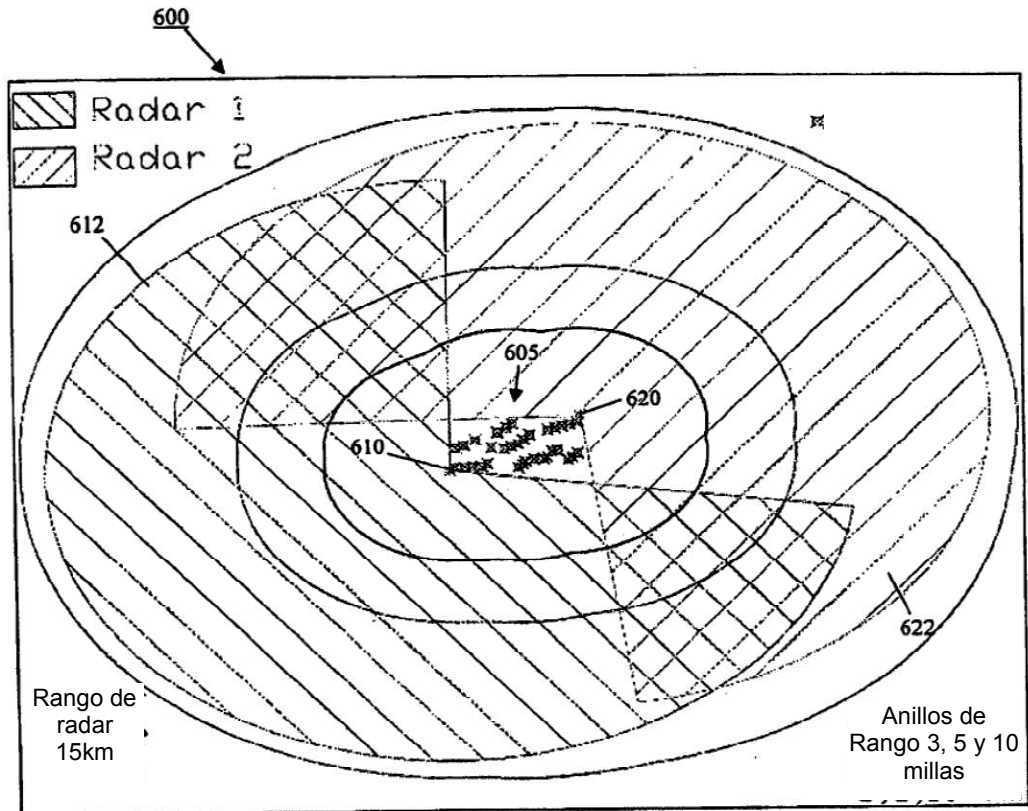


FIG. 6

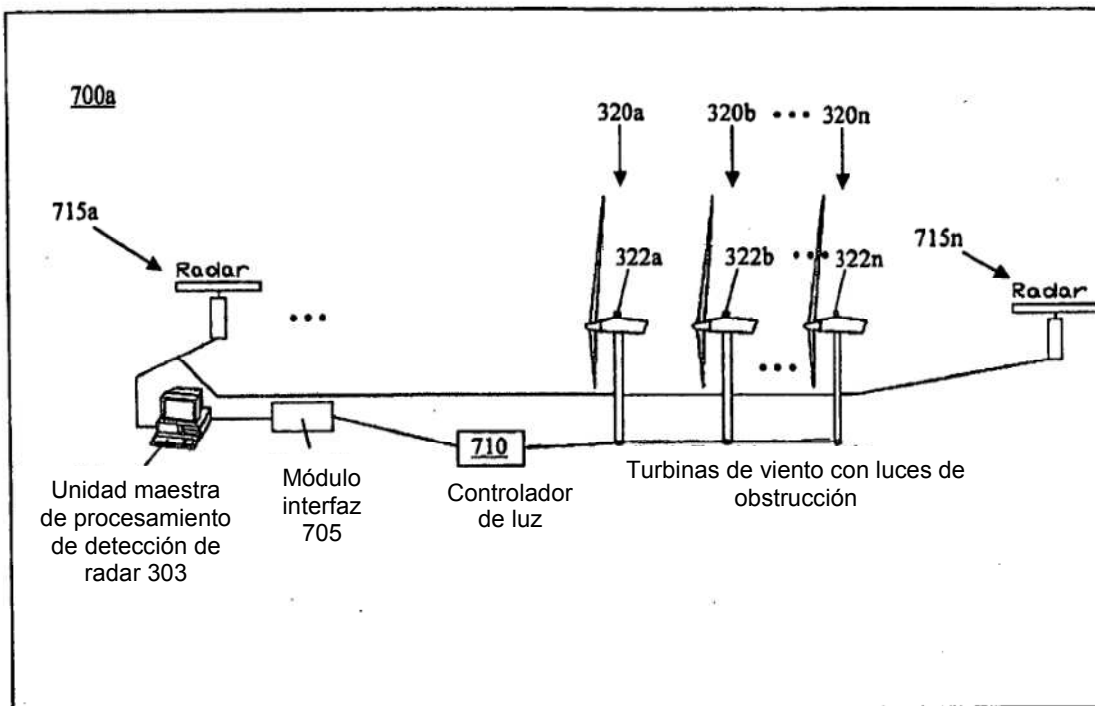


FIG. 7A

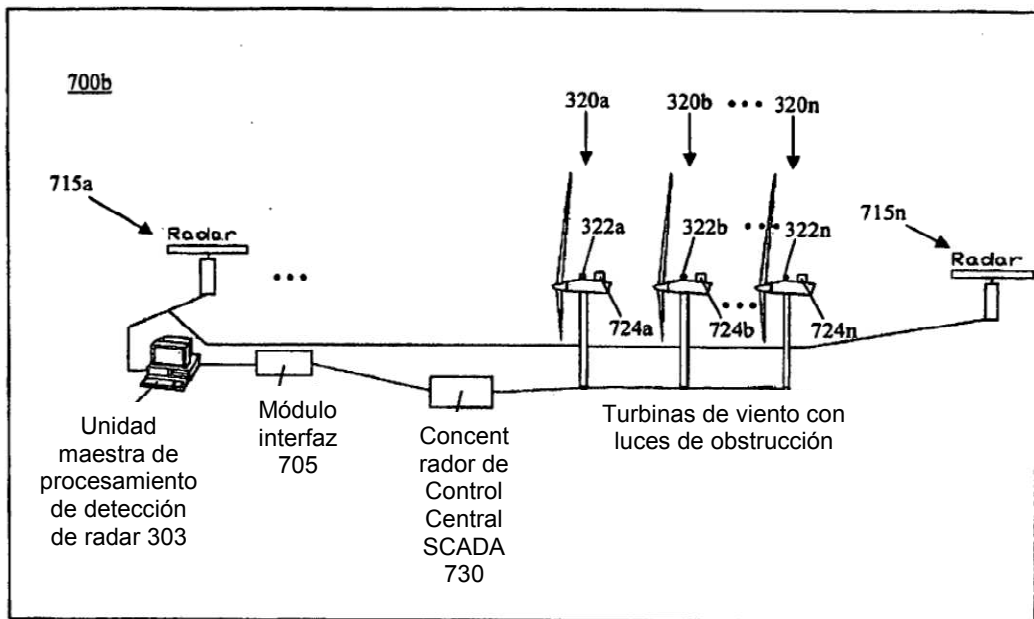


FIG. 7B

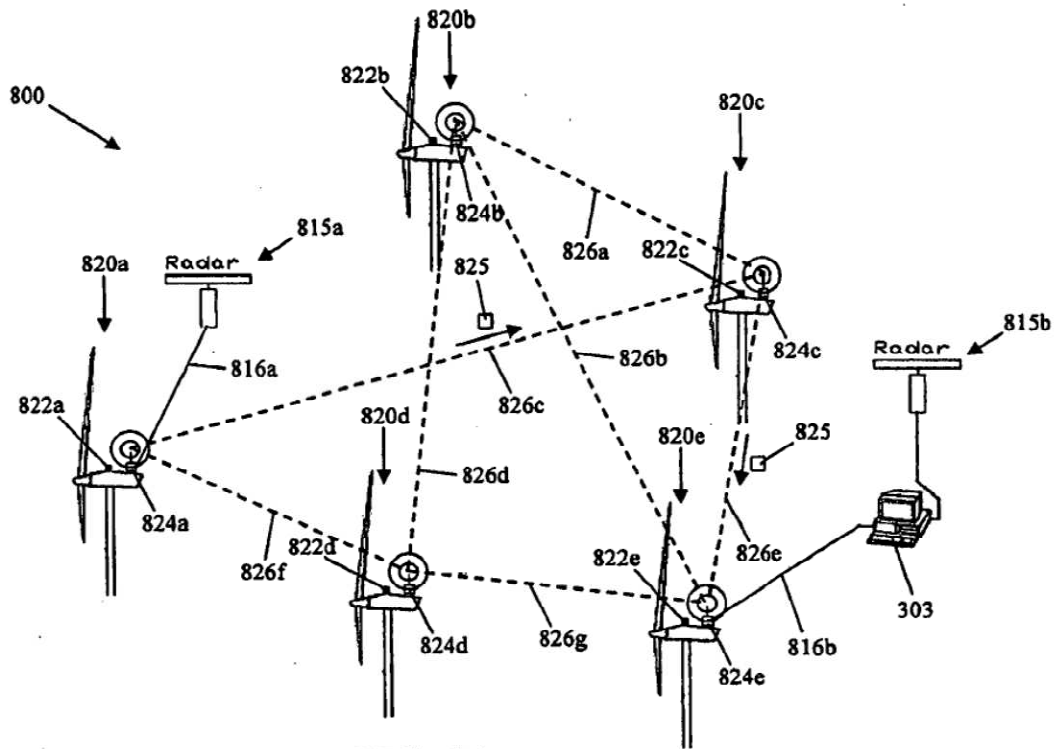


FIG. 8A

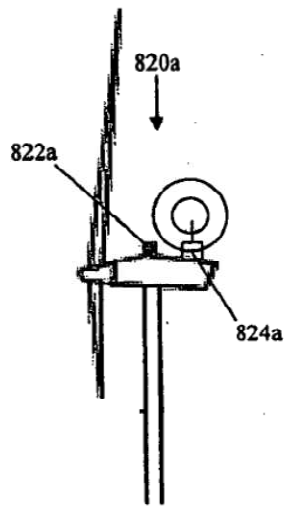


FIG. 8B

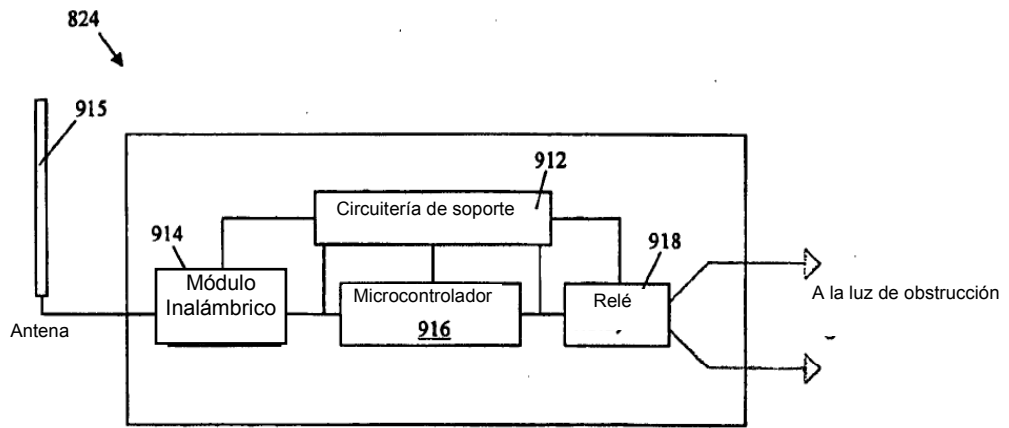


FIG. 9

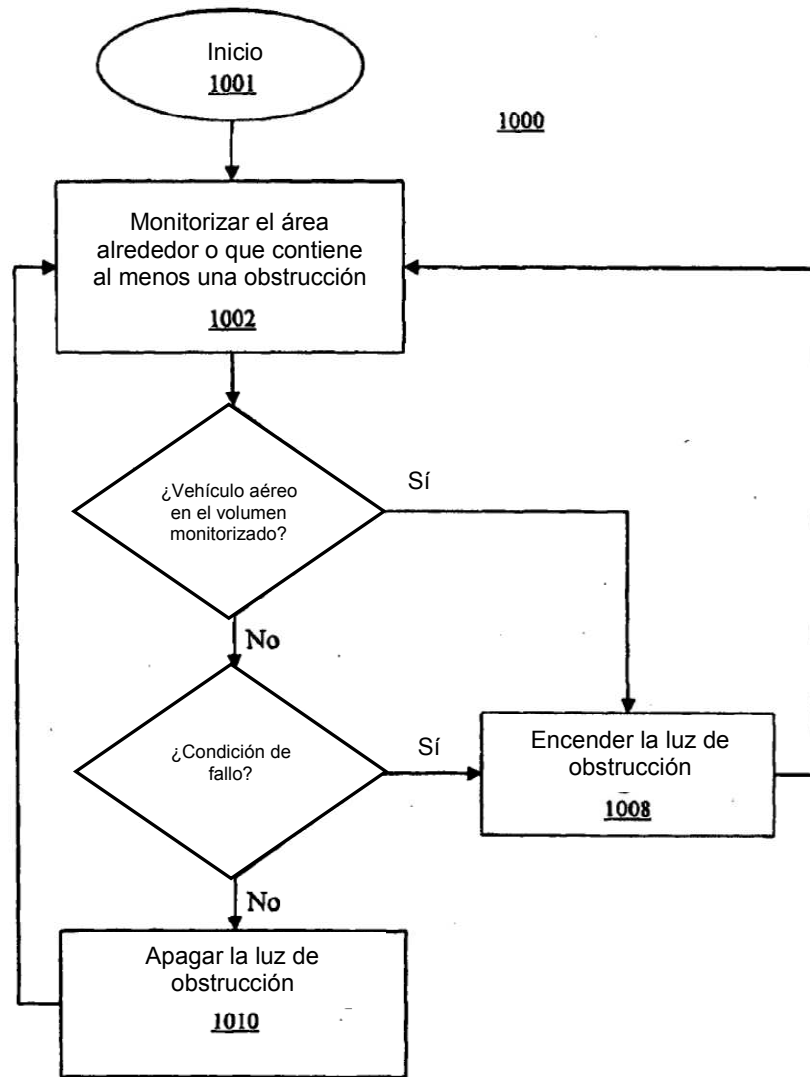


FIG. 10