

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 032**

51 Int. Cl.:

H05B 37/02 (2006.01)

H05B 33/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.12.2013 PCT/EP2013/075868**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.06.2014 WO14095433**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.12.2013 E 13799623 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.09.2016 EP 2936938**

54 Título: **Método, dispositivo y sistema de control de la iluminación pública**

30 Prioridad:

20.12.2012 EP 12198770

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

17.03.2017

73 Titular/es:

UNIVERSITE DE LIEGE (100.0%)

Avenue Pré-Aily 4

4031 Angleur, BE

72 Inventor/es:

DESTINE, JACQUES y

LEJEUNE, GUY

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 606 032 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método, dispositivo y sistema de control de la iluminación pública

Campo técnico

- 5 El presente método se refiere a métodos, sistemas y dispositivos para controlar la iluminación pública, así como a programas informáticos para aplicar tales métodos de control, y a sistemas de iluminación adecuados para ser controlados por tales métodos de control. Por "iluminación pública" se entiende, en el presente contexto, la iluminación de cualquier calle, carretera, camino, autopista, línea ferroviaria, túnel, río navegable, canal, o cualquier otro camino de transporte.

Antecedentes

- 10 Hoy día, las necesidades de potencia de un sistema se han convertido en un criterio clave para evaluar su funcionamiento. En efecto, un mayor consumo de energía lleva a unos mayores costos y a una complejidad añadida. Muy a menudo la generación de electricidad podría también dañar el medio ambiente por medio de por ejemplo las emisiones de gas de efecto invernadero, los desechos radioactivos u otras molestias. Estos motivos crean una fuerte demanda para reducir el consumo de energía de los sistemas de iluminación pública.

- 15 Durante la última década nuevas tecnologías de iluminación tales como los LEDs (diodos emisores de luz) han sido usados con éxito en este campo. No obstante, el alto precio de los LEDs equilibra negativamente las ventajas proporcionadas por su bajo consumo de energía.

- 20 El más bajo consumo de energía para un nivel de iluminación equivalente no es la única ventaja de la tecnología LED. En particular, su capacidad de ser conectada y desconectada casi instantáneamente, y la ausencia de cualquier tiempo muerto necesario o período de enfriamiento entre ser desconectada y conectada nuevamente la sitúa en claro contraste con otras tecnologías de iluminación tales como las lámparas de sodio. La flexibilidad adicional ofrecida por esta ventaja puede ser usada para disminuir además el consumo global de energía de los sistemas de iluminación adaptando la generación de luz más próxima a la demanda real.

- 25 Se han propuesto varios métodos y dispositivos de control de la iluminación para aprovechar esta mayor flexibilidad de algunas tecnologías de iluminación tales como la iluminación LED para disminuir el consumo global de energía de los sistemas de iluminación pública. El uso de sensores tales como bucles de inducción, sensores infrarrojos, radar, etc para detectar la presencia de usuarios de la carretera, tales métodos y dispositivos de control encienden la iluminación sólo cuando un usuario de la carretera puede necesitarlo. Por "usuario de la carretera" se entiende, en el presente contexto, cualquier persona o vehículo viajando por, o momentáneamente parado en, una vía de transporte.

- 30 Por ejemplo, en la solicitud de patente británica GB 2.444.734 A se describe un método de iluminación pública que comprende los pasos para detectar la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera en un primer tramo de carretera que emite una orden de iluminación para dicho primer tramo de carretera, y que propaga una señal que comprende dichos datos de velocidad y dirección de desplazamiento del usuario de la carretera a través de una serie de tramos contiguos que parten del primer tramo de carretera. No obstante, esta descripción no especifica cómo estos datos de velocidad y dirección de desplazamiento son después utilizados, y no proporciona medios para optimizar aún más la salida de luz en cada uno de los tramos de carretera.

- 35 En la solicitud de patente internacional WO 2011/055259 se describe un método de iluminación pública que comprende los pasos para detectar un usuario de la carretera en un primer tramo de carretera y activar la iluminación en otro tramo de carretera siguiendo una relación temporal previamente calibrada. No obstante, esta descripción no especifica cómo adaptar el método a los usuarios de la carretera con velocidades muy diferentes, o a los diferentes tipos de usuarios de la carretera tales como vehículos de motor y peatones.

- 40 En la solicitud de patente canadiense CA 2.692.187 se describe un método de iluminación pública en el que una señal que comprende datos de la velocidad y dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera se propaga a una serie de tramos de carretera contiguos partiendo del tramo de carretera del usuario a una distancia no mayor que una distancia máxima calculada como una función de dicha velocidad y dirección de desplazamiento del usuario de la carretera. No obstante, esta descripción no especifica cómo adaptar el nivel de iluminación a, por ejemplo, las condiciones de tráfico variables.

- 45 Finalmente, la publicación "Uso de irregularidad de radio para la detección de vehículos en una iluminación adaptativa de la calzada" (Horvat G. y otros), 2012, Actas de la 35ª Convención Internacional, IEEE, 21 de mayo de 2012, muestra un control de iluminación adaptativa para controlar la iluminación pública.

Compendio

50 Un primer objeto de la presente descripción es el de proporcionar un método para controlar la iluminación pública en una pluralidad de tramos de carretera interconectados con una eficiencia de la energía aumentada mediante la

capacidad de adaptar el nivel de la iluminación pública a las condiciones actuales del tráfico. Por “tramo de carretera” se entiende en el presente contexto cualquier área o longitud de calle, carretera, camino, autopista, ferrocarril, túnel, río navegable, canal, o cualquier otra vía de transporte.

Por consiguiente, en al menos una realización ilustrativa, este método comprende los pasos de:

- 5 detectar la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera en un tramo de carretera;
propagar una señal que comprende los datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera, y una identificación del tramo de carretera del usuario de la carretera mediante una serie de tramos de carretera contiguos a partir del tramo de carretera del usuario de la carretera;
- 10 asignar dinámicamente una clase de carretera a cada tramo de carretera sobre la base de, al menos, los datos del tipo de carretera almacenados asociados con cada tramo de carretera y los parámetros de tráfico determinados para cada tramo de carretera para un período de tiempo actual, en donde al menos un nivel de iluminación máximo correspondiente está asociado a cada clase de carretera;
fijar un nuevo nivel de iluminación igual a dicho nivel de iluminación máximo en cada tramo de carretera cuya distancia al usuario de la carretera no sea mayor que una primera distancia; y
- 15 comparar, para cada tramo de carretera, dicho nuevo nivel de iluminación con un nivel de iluminación actual, y cambiar el nivel de iluminación actual por el nuevo nivel de iluminación si son diferentes.
Por clase de carretera se entiende un conjunto de parámetros que corresponden a requerimientos fotométricos (tales como la distribución de la luz, la uniformidad de la luz, el nivel de potencia,...) basados en las necesidades visuales de un usuario de la carretera en un tramo de carretera, como está definido por ejemplo en la Norma Europea CEN 13201-2:2003 y el informe técnico de la Comisión de la Energía CIE 115:2010. Las clases de carretera y las clases de iluminación son consideradas equivalentes en la presente solicitud. Ejemplos de clases de carretera y de requerimientos de funcionamiento están referidos en la Norma Europea CEN 13201-2:2003.
- 20 Por tipo de carretera se supone una categoría de carretera basada en unos parámetros fijos tales como las características geométricas de la carretera (anchura, número de carriles y similares), naturaleza de sus usuarios (vehículo de motor, bicicletas, peatones y similares) y un límite de velocidad permitida.
Se supone además que los parámetros del tipo de carretera son parte del conjunto de parámetros usados para definir una clase de carretera. También se supone que una clase de carretera incluye además unos parámetros variables tales como el tráfico medio por hora, también referido como densidad de tráfico. La clase de carretera pueden además incluir uno o más de los siguientes parámetros: coeficiente de reflexión del terreno, iluminación ambiente, condiciones atmosféricas, complejidad visual, riesgo de asalto o dificultad de una tarea de navegación.
- 30 Asignando dinámicamente una clase de carretera, como está definido anteriormente y un correspondiente nivel de iluminación máximo a cada tramo de carretera, las órdenes de iluminación para cada uno de los tramos de carretera, cuando son emitidas en respuesta a un usuario de la carretera en este u otro tramo de carretera, serán adaptadas a la situación de tráfico actual en cada tramo de carretera, así como al tipo de carretera específico del tramo de carretera que ha de iluminarse. Por consiguiente, se aumentará la eficiencia de la energía en tanto que además proporciona un nivel de iluminación apropiado para cada tramo de carretera. Aparte de dicho nivel máximo de iluminación también pueden ser asociados a cada clase de carretera unos parámetros de iluminación adicionales tales como, por ejemplo, un espectro de iluminación.
- 35 Este método puede también comprender un paso de selección de un subconjunto de clases de carretera aptas para cada tramo de carretera, por ejemplo sobre la base de la información del usuario de la carretera contenida en dicha señal, antes de asignar dinámicamente a cada tramo de la carretera una clase de carretera seleccionada de dicho subconjunto sobre la base de, al menos, los datos del tipo de carretera almacenados asociados con cada tramo de carretera y los parámetros de tráfico determinados de cada tramo de carretera para un período de tiempo actual. Los parámetros de iluminación pueden así ser incluso más eficientemente optimizados para cada situación.
- 40 Los parámetros del tráfico sobre la base de qué clase de carretera se asigna a un tramo de carretera dado pueden estar relacionados al menos con la velocidad y la densidad de los usuarios de la carretera en ese tramo de carretera en dicho período de tiempo. El nivel de iluminación puede así ser adaptado al flujo de tráfico.
- 45 Dicha primera distancia puede ser calculada sobre la base de dicha velocidad y/o dirección de desplazamiento del usuario de la carretera, aunque también se pueden considerar otros parámetros, tales como por ejemplo el reconocimiento del usuario de la carretera y/o la identificación sobre la base de los datos del sensor. Por consiguiente, para un usuario de la carretera que se desplaza rápidamente, tal como un vehículo de motor, esta primera distancia puede ser significativamente mayor que para un usuario parado o lento, tal como un peatón, en particular en la dirección del desplazamiento.
- 50

Ciertamente se puede preferir tener una mayor distancia de visibilidad en la parte frontal del usuario de la carretera que detrás de él. Esta asimetría puede llegar a ser más importante con la mayor distancia de frenado a velocidades más altas. Por lo tanto, dicha primera distancia, más allá de la cual la señal que indica un usuario de la carretera ya no se propaga a posteriores tramos de la carretera puede ser mayor en un factor de asimetría en la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera que en una dirección diferente, en donde dicho factor de asimetría puede también ser calculado sobre la base de dicha velocidad del usuario de la carretera.

Con el fin de proporcionar una transición suave visualmente cómoda entre tramos de carretera iluminados y no iluminados, más allá de dicha primera distancia desde el usuario de la carretera, en cada tramo de carretera se puede fijar un nuevo nivel de iluminación que disminuye gradualmente hacia un nivel de iluminación mínimo predeterminado en una segunda distancia mayor que dicha primera distancia. Esta distancia puede ser, por ejemplo pero no necesariamente, lineal.

A medida que las señales que indican los mismos o diferentes usuarios de la carretera se propagan a través de las diferentes series de tramos de carretera contiguos, pueden al mismo tiempo alcanzar el mismo tramo de carretera, llevando potencialmente cada señal entrante al mismo tiempo a un nuevo nivel de iluminación diferente. Para evitar un conflicto, tras la recepción simultánea de una pluralidad de dichas señales en un único tramo de carretera se puede fijar un nuevo nivel de iluminación para cada señal para el que la distancia al usuario de la carretera no sea mayor que dicha segunda distancia, pero el nivel de iluminación actual para este tramo de carretera comparado solamente con el mayor de estos nuevos niveles de iluminación y cambiado a este nuevo nivel de iluminación mayor si el nuevo nivel de iluminación más alto es diferente del nivel de iluminación actual.

Naturalmente, si la iluminación se desea ante todo, y algunas características de esta iluminación, tal como el color o la posición de la luz, pueden también depender de factores medioambientales, y en particular del nivel de luz ambiente. Para tener esto en cuenta, el método de control de la iluminación pública puede también comprender el paso de determinar un parámetro medioambiental, tal como un nivel de luz ambiental, y mantener el nivel de iluminación para un tramo de carretera en un nivel de iluminación mínimo predeterminado a menos que dicho parámetro medioambiental cumpla una condición predeterminada.

Este método de control puede ser aplicado usando un ordenador u otro sistema electrónico de procesamiento de datos. Por lo tanto, la presente descripción se refiere también a un programa de ordenador para aplicar este método de control, así como a un medio de almacenamiento de datos leíble por un ordenador que contiene un conjunto de órdenes para aplicar este método de control. Tal medio de almacenamiento de datos puede comprender una memoria de estado sólido volátil o no volátil, tal como por ejemplo una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de lectura solamente (ROM), o una memoria de lectura solamente borrable programable eléctricamente (EEPROM), y/o cualquier otro soporte que pueda contener datos en una forma leíble por un ordenador, incluyendo soportes de datos magnéticos y/o ópticos.

Otro objeto de la descripción es el de proporcionar un dispositivo para controlar la iluminación pública en un tramo de carretera, el cual puede estar integrado en un sistema de control distribuido que proporciona una mayor eficiencia de energía mediante la capacidad de adaptar la iluminación pública a las condiciones del tráfico actuales en cada tramo de carretera.

Por consiguiente, en al menos una realización ilustrativa de un dispositivo de control de acuerdo con la presente descripción, dicho dispositivo comprende una unidad de procesamiento de datos con almacenamiento de datos, unos canales primero y segundo de entrada de datos, un canal de salida de datos y un canal de salida de control. El primer canal de entrada de datos es apropiado para recibir una señal que comprende la velocidad y la dirección de los datos de desplazamiento de un usuario de la carretera en dicho tramo de la carretera, en tanto que el segundo canal de entrada de datos es apropiado para recibir desde un tramo de carretera contiguo una señal que comprende datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera en dicho tramo de carretera contiguo o en otro tramo de carretera conectado con el tramo de carretera del dispositivo de control sobre dicho tramo de carretera contiguo y los datos de identificación del tramo de carretera del usuario de la carretera. El canal de salida de datos es apropiado para transmitir a un tramo de carretera contiguo una señal que comprende datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera recibidos sobre dichos canales primero y/o segundo de entrada de datos, y los datos de identificación del tramo de carretera del usuario de la carretera, en tanto que el canal de salida de control es apropiado para la salida de una orden de iluminación a una unidad de iluminación.

Además, la unidad de procesamiento de datos está configurada para:

asignar dinámicamente una clase de carretera al tramo de carretera del dispositivo de control sobre la base de, al menos, dichos datos del tipo de carretera y los parámetros del tráfico determinados para este tramo de carretera para un período de tiempo actual, estando dicha clase de carretera asociada con un correspondiente nivel de iluminación máximo;

fijar un nivel de iluminación nuevo igual a dicho nivel de iluminación máximo para la clase de carretera asignada tras la recepción de datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera sobre dichos

canales primero y/o segundo de entrada de datos si una distancia al usuario de la carretera no es mayor que una primera distancia calculada como función de dichas velocidad y dirección de desplazamiento del usuario de la carretera; y

5 comparar dicho nuevo nivel de iluminación con un nivel de iluminación actual de la señal de orden de iluminación y cambiar el nivel de iluminación actual al nuevo nivel de iluminación si son diferentes.

10 Este dispositivo puede así controlar individualmente una unidad de iluminación para iluminar su correspondiente tramo de carretera, y al mismo tiempo estar integrado en un sistema que comprende una pluralidad de tales dispositivos que comparten información del usuario de la carretera para aplicar un método de control de iluminación con eficiencia energética en una pluralidad de tramos de carretera interconectados. Se puede fijar un nuevo nivel de iluminación no solamente tras la recepción de nuevos datos del usuario de la carretera, sino también sobre la base de los datos extrapolados después de un intervalo de tiempo dado.

15 Además, dicha unidad de procesamiento de datos puede ser configurada para fijar un nuevo nivel de iluminación entre el nivel de iluminación máximo y un nivel de iluminación mínimo para la clase de carretera asignada si dicha distancia al tramo de carretera del usuario de la carretera está entre dicha primera distancia y una segunda distancia mayor que dicha primera distancia.

20 Además, la unidad de procesamiento de datos puede también ser configurada para modificar dicha señal de orden de iluminación en respuesta a una señal de emergencia entrante. Dicha señal de emergencia puede ser recibida, por ejemplo, sobre cualquiera de dichos canales primero y segundo de entrada de datos, o sobre un canal de entrada de emergencias independiente conectado por ejemplo a un botón de emergencia. El dispositivo de control puede así responder a una emergencia cambiando los parámetros de iluminación tales como por ejemplo la intensidad, el espectro o la continuidad de iluminación, en el correspondiente tramo de carretera. Por ejemplo, puede comenzar a parpadear para señalar la emergencia a los usuarios de la carretera entrantes.

25 La presente descripción se refiere también a un sistema para controlar la iluminación pública en una pluralidad de tramos de carretera interconectados, comprendiendo tal sistema de control para cada uno de dichos tramos de carretera interconectados, estando cada uno de los dispositivos de control conectado a al menos otro de los dispositivos de control, el cual corresponde a un tramo de carretera contiguo, para la transmisión de los datos de la velocidad, la dirección de desplazamiento y de identificación del tramo de carretera entre los dispositivos de control. Tal sistema distribuido puede así asegurar un control coherente y energéticamente eficiente de la iluminación pública de la pluralidad de tramos de carretera interconectados.

30 Además, la presente descripción se extiende también a un sistema de iluminación pública que comprende un conjunto de sensores para detectar la velocidad y la dirección de desplazamiento de los usuarios de la carretera en una pluralidad de tramos de carretera interconectados y, para cada uno de dichos tramos de carretera interconectados, una unidad de iluminación y tal dispositivo de control conectado a ella, cada uno de los dispositivos de control estando también conectado a dicho conjunto de sensores y a al menos otro de dichos dispositivos de control, que corresponde a un tramo de carretera contiguo, para la transmisión de los datos de la velocidad, la dirección de desplazamiento e identificación del tramo de carretera entre los dispositivos de control. En particular, dicho conjunto de sensores puede comprender al menos una unidad de sensor conectada individualmente a uno de los dispositivos de control, para detectar al menos la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera en ese tramo de carretera del dispositivo de control. El conjunto de sensores puede así ser un conjunto de sensores distribuidos, con una unidad de sensor asociada individualmente a cada tramo de carretera y dispositivo de control, asegurando además la solidez de todo el sistema de iluminación pública.

45 El anterior compendio de algunas realizaciones como ejemplo no pretende describir cada realización descrita o cada aplicación de la invención. En particular, las características seleccionadas de cualquier realización ilustrativa dentro de esta especificación pueden ser incorporadas en una realización adicional a menos que se indique claramente lo contrario.

Breve descripción de los dibujos

La invención puede ser más completamente entendida teniendo en cuenta la siguiente descripción detallada de diversas realizaciones en conexión con los dibujos que se acompañan, en los que:

50 - la Figura 1 ilustra esquemáticamente una red de carreteras con un sistema de alumbrado público que comprende una pluralidad de farolas;

- la Figura 2 ilustra esquemáticamente una farola de la red de carreteras de la Figura 1, con un dispositivo de control de acuerdo con una realización, junto con una unidad de sensor y una unidad de iluminación;

- la Figura 3 ilustra esquemáticamente el dispositivo de control de la farola de la Figura 2;

- la Figura 4 ilustra un diagrama de estado del dispositivo de control de la Figura 3;

- la Figura 5 ilustra un diagrama de flujos correspondiente a un método de control de una farola de la Figura 2;
- la Figura 6 ilustra esquemáticamente la distribución de la luz en una serie de tramos de carretera contiguos alrededor de un usuario de la carretera lento, tal como un peatón;
- 5 - la Figura 7 ilustra esquemáticamente la distribución de la luz en una serie de tramos de carretera contiguos alrededor de un usuario de la carretera rápido, tal como un vehículo de motor;
- la Figura 8 ilustra esquemáticamente la distribución de la luz en una serie de tramos de carretera contiguos alrededor de dos usuarios de la carretera;
- las Figuras 9A-9E ilustran la red de carreteras de la Figura 1 en una primera situación de tráfico;
- la Figura 10 ilustra la red de carreteras de la Figura 1 en una segunda situación de tráfico;
- 10 - las Figuras 11A-11D ilustran la red de carreteras de la Figura 1 en una tercera situación de tráfico;
- las Figuras 12A-12B ilustran la red de carreteras de la Figura 1 en una cuarta situación de tráfico.

Mientras que la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, sus formas específicas han sido mostradas a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán con detalle. No obstante, se debe suponer que la intención no es limitar los aspectos de la invención a las realizaciones particulares descritas. Por el contrario, la intención es abarcar todas las modificaciones, equivalentes, y alternativas que caen dentro del alcance de la invención.

Descripción detallada

Para los siguientes términos definidos estas definiciones deberán ser aplicadas a menos que se dé una definición diferente en las reivindicaciones o en cualquier otra parte de esta especificación.

20 Como se ha usado en esta especificación y en las reivindicaciones anejas, las formas singulares “uno, una” y “el, la” también incluyen los referentes plurales a menos que el contexto lo indique claramente de otra manera. Como se usa en esta especificación y en las reivindicaciones anejas, el término “o” se emplea generalmente en su sentido incluyendo “y/o” a menos que el contexto lo indique claramente de otra manera.

25 La siguiente descripción detallada debería ser leída con referencia a los dibujos en los que elementos similares en diferentes dibujos están numerados de igual manera. La descripción detallada y los dibujos, que no están necesariamente a escala, representan unas realizaciones ilustrativas y no pretenden limitar el alcance de la invención. Las realizaciones ilustrativas representadas están dadas solamente a título de ejemplo. Las características seleccionadas de cualquier realización ilustrativa pueden ser incorporadas en una realización adicional a menos que se indique claramente lo contrario.

30 En la Figura 1 está ilustrado un ejemplo de una red de carreteras 100 equipada con un sistema de iluminación pública de acuerdo con una realización de la invención. Este sistema de iluminación pública comprende una pluralidad de farolas 1a a 1q distribuidas en la red de carreteras 100. Cada farola 1a a 1q está dispuesta para iluminar un correspondiente tramo de carretera 2a a 2q de dicha red de carreteras 100. La distancia entre 2 farolas es generalmente 30m. En la instalación de las farolas, se codifican al menos sus coordenadas GPS en la unidad de almacenamiento de datos, así como la distancia a sus primeras farolas vecinas. Estos tramos de carretera 2a a 2q están interconectados y forman dos uniones 100a, 100b, así como una rotonda 100c en la red de carreteras 100. En la realización ilustrada cada tramo de carretera 2a a 2q comprende una calzada 3 para vehículos y un arcén 4 para peatones. No obstante, la invención puede también ser aplicada a otras configuraciones de la red de carreteras que, por ejemplo, incluyen caminos para peatones o bicicletas, autopistas sin arcenes, etc.

40 Como está ilustrado en la Figura 2, cada farola 1a a 1q comprende una unidad de iluminación 5, un dispositivo de control 6 y una unidad 7 de sensor. Puede estar conectada a un suministro de potencia externo, eventualmente a un transformador de potencia, y/o a un suministro de potencia interna, tal como células solares, una turbina eólica, y/o baterías.

45 La unidad de iluminación 5 puede ser una unidad de iluminación basada en LEDs en donde, en el presente contexto, el término LED se entiende como que incluye cualquiera de una variedad de estructuras basadas en semiconductores configuradas para emitir luz en respuesta a la corriente, a polímeros emisores de luz, diodos orgánicos emisores de luz, tiras electroluminiscentes, y similares, sin estar limitadas a éstos. No obstante, se pueden considerar las unidades de iluminación que usan otras fuentes de luz distintas de las fuentes de luz LED, tal como por ejemplo una fuente de luz de HID (descarga de alta intensidad). La unidad de iluminación 5 puede en particular estar configurada para emitir luz en el espectro de luz visible (esto es, entre aproximadamente 400 y 700 nm de longitud de onda), pero también se pueden considerar otras longitudes de onda, tales como la infrarroja o la ultravioleta. Dentro del espectro de la luz visible la unidad de iluminación 5 puede estar configurada para emitir en un espectro amplio de longitudes de onda, para obtener una luz blanca, o dentro de uno más estrecho para obtener una luz coloreada. Por ejemplo, la unidad de iluminación 5 puede ser un modelo con referencia: la Cree XLamp XP-

G{CW/NW/WW}, que contiene 40 LEDs por unidad. La unidad de iluminación puede estar a unas alturas diferentes desde la calle, por ejemplo a una altura comprendida entre 1 y 30m, por ejemplo a una altura de 12,5m.

La unidad 7 de sensor está configurada para detectar la presencia de usuarios de la carretera en el tramo de carretera 2a-2q para ser iluminados por la unidad de iluminación 5 de las farolas 1a-1q, así como al menos su velocidad y dirección de desplazamiento, aunque también se puede captar otra información adicional tal como, por ejemplo, la posición, la aceleración o tipo de usuario de la carretera. Esta unidad 7 de sensor puede incluir uno o varios sensores tales como, por ejemplo, sensores de radar o de infrarrojos (y en particular sensores de infrarrojos pasivo, o "PIR"). Por ejemplo, la unidad 7 de sensor puede incluir un sensor PIR (sensor de infrarrojos pasivo) y un sensor de efecto Doppler. El nivel de salida del sensor se fija inicialmente para cada sensor con el fin de iniciar la detección para un usuario (peatón, ciclista, vehículo...), pero no para un animal o un destello momentáneo en el sensor.

Aunque en la realización ilustrada la unidad 7 de sensor está incorporada directamente en cada farola 1a-1q, al menos parte de la unidad 7 de sensor puede estar lejos de las farolas 1a-1q, incluyendo por ejemplo al menos un bucle de inducción en o directamente bajo la superficie del correspondiente tramo de carretera 2a-2q para detectar a los usuarios de la carretera situados en este bucle de inducción. En general, ambos sensores y elementos de iluminación para ser conectados a un dispositivo de control 6 para controlar la iluminación de un tramo de carretera dado pueden estar distribuidos en todo el tramo de carretera. Así, por ejemplo, un único dispositivo de control puede estar conectado a varias farolas, u otros dispositivos de iluminación distribuidos en ese tramo de carretera con el fin de controlarlos simultáneamente. Eventualmente, la velocidad, la dirección de desplazamiento y datos adicionales eventuales sobre los usuarios de la carretera en un tramo de carretera dado pueden incluso ser captados por al menos un conjunto de sensores parcialmente remotos y transmitidos al dispositivo de control que controla la iluminación de ese tramo de carretera, por ejemplo en una red de telecomunicaciones.

El dispositivo de control 6 está esquemáticamente ilustrado en la Figura 3. Comprende una unidad 8 de procesamiento de datos, tal como un microprocesador, un procesador de señales digitales, una conjunto de puertas de campo programable, etc, con un almacén 15 de datos que puede comprender una memoria de estado sólido volátil o no volátil, tal como por ejemplo una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de lectura solamente (ROM), o una memoria de lectura solamente borrable programable eléctricamente (EEPROM), y/o cualquier otro soporte que pueda contener datos en una forma leíble por un ordenador, incluyendo soportes de datos magnéticos y/o ópticos, o una combinación de ellos. Este almacén de datos puede en particular comprender datos del tipo de carretera del correspondiente tramo de carretera 2a-2q que pueden ser importantes para determinar un nivel de iluminación para ese tramo de carretera 2a-2q, tal como el tamaño y la categoría de la carretera. Por ejemplo, el almacén 15 de datos comprende los parámetros dependientes de la velocidad v_i , y las coordenadas GPS de la iluminación pública. El almacén de datos puede además comprender un conjunto de clases de carretera asociadas con la velocidad y densidad del tráfico y un correspondiente nivel de iluminación máximo P_{max} . La unidad 8 de procesamiento de datos comprende también al menos unos canales primero y segundo 8a, 8b de entrada de datos, un canal 8c de salida de datos y un canal 8d de salida de control.

El primer canal 8a de entrada de datos está conectado a la unidad 7 de sensor para recibir señales que comprenden datos de al menos la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera detectados por la unidad 7 de sensor en el correspondiente tramo de la carretera 2a-2q. Esta conexión puede ser digital o analógica.

El canal 8d de salida de control está conectado a la unidad de iluminación 5, posiblemente a través de una unidad de gestión de la potencia, para transmitir a esta unidad de iluminación 5 una orden de iluminación especificando un nivel de iluminación en el que el correspondiente tramo de carretera 2a-2q tiene que ser iluminado por la unidad de iluminación 5.

El dispositivo de control 6 comprende también un transceptor 9 que está conectado al menos a dicho segundo canal 8b de entrada de datos y al canal 8c de salida de datos. En el presente contexto el término "transceptor" se entiende como referido a cualquier dispositivo apropiado para transmitir y recibir información, tanto si es inalámbrica o a través de una conexión física tal como un cable eléctrico, fibra óptica o guía de ondas. El transceptor 9 de cada una de las farolas 1a-1q de la presente realización está configurado para comunicar con el transceptor 9 de al menos una farola 1a-1q vecina en un tramo de carretera 2a-2q contiguo. Cualquier protocolo apropiado puede ser usado para la transmisión de datos, tal como por ejemplo TCP/IP, Ethernet, USB, Bluetooth®, FireWire®, Zigbee®, Xbee Technology, cualquiera de los protocolos de comunicaciones inalámbricas IEEE 802.11, anillo con paso de testigo, barra de distribución con ficha circulante, conexiones en serie o en paralelo, protocolos de comunicación de línea de potencia, o cualquier otro protocolo apropiado inalámbrico o por cable.

El dispositivo de control 6 está configurado para recibir y transmitir al menos datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento a través de dicho transceptor 9. En particular, el segundo canal 8b de entrada de datos de una unidad 8 de procesamiento de datos está adaptado para recibir, a través del transceptor 9, desde un tramo de carretera 2a-2q contiguo, una señal que comprende datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera en dicho tramo de carretera 2a-2q contiguo o en otro tramo de carretera 2a-2q conectado al tramo de carretera del dispositivo de control en dicho dispositivo de control contiguo, y los datos de identificación del tramo de carretera 2a-2q en el que está situado el usuario de la carretera. El canal 8c de salida de datos, a su vez,

está adaptado a transmitir a través de dicho transceptor 9 a un tramo de carretera 2a-2q contiguo, una señal que comprende datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera recibidos a través de dichas primera y/o segunda entradas 8a, 8b de datos, y los datos de identificación del tramo de carretera 2a-2q en el que está situado el usuario de la carretera. El dispositivo de control 6 para cada tramo de carretera 2a-2q será de este modo capaz de recibir y transmitir datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera para los usuarios de la carretera detectados por la unidad 7 de sensor en el mismo tramo de carretera 2a-2q, y para los usuarios de la carretera detectados en otros tramos de carretera, y para identificar en qué tramo de carretera 2a-2q está situado el usuario de la carretera.

El dispositivo de control 6 puede también recibir desde la unidad 7 de sensor y/o a través del transceptor 9, otra información medioambiental tal como, por ejemplo, un nivel de luz ambiental, o un estado del tiempo, información que también puede ser aplicada en el control de la unidad de iluminación 5, o transmitida a otros dispositivos de control a través del transceptor 9.

Además, el dispositivo de control 6 puede también recibir y transmitir a través de dicho transceptor 9 unas reglas y actualizaciones de reglas para la unidad 8 de procesamiento de datos, en particular referente a cómo el dispositivo de control 6 controlará la unidad de iluminación 5 en respuesta a las señales entrantes, y también en qué condiciones puede transmitir datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera a los tramos de carretera contiguos.

La Figura 4 ilustra en términos generales cómo se procesa la información dentro de la unidad 8 de procesamiento de datos. Esta unidad 8 de procesamiento de datos procesa dos tipos básicos de información: la denominada "información del mundo" y otra información.

Por "información del mundo" se supone dentro de este contexto que significa cualquier tipo de datos que se refieren a la situación medioambiental alrededor de la farola 1a-1q o en su correspondiente tramo de carretera 2a-2q, o una información relativa a cualquier usuario de la carretera. Esta información puede ser proporcionada por la unidad 7 de sensor, la realimentación procedente de la unidad de iluminación 5, otro dispositivo de control 6 o cualquier otro dispositivo que pueda comunicar con este dispositivo de control 6 a través del transceptor 9. Tal información puede ser, pero no está limitada a, por ejemplo, la presencia de un usuario de la carretera (vehículo o peatón) en una posición dada, su velocidad y dirección de desplazamiento, un tiempo desde un suceso dado, etc.

La información restante puede ser cualquier tipo de información para ser usada por el dispositivo de control 6, o la parametrización de su comportamiento. Cualquier tipo de información que no es considerada como "información del mundo" puede así ser considerada como perteneciente a la categoría de "otra información". Esta "otra información" puede también ser recibida por el dispositivo de control 6 desde el dispositivo de control equivalente de otra farola 1a-1q, o desde cualquier otro dispositivo capaz de transmitir un mensaje al dispositivo de control 6, tal como por ejemplo, pero no solamente, un ordenador usado por el personal técnico. Esta "otra información" puede incluir, por ejemplo, un nivel de iluminación para una situación, información de estado, una descripción de una clase de carretera, información de monitorización dados, etc.

El dispositivo de control 6 puede cambiar su estado en respuesta a al menos dos tipos de sucesos: sucesos del sensor, y sucesos de comunicación.

Los denominados "sucesos del sensor" corresponden a la información transmitida por la unidad 7 de sensor a la unidad 8 de procesamiento de datos a través de su primer canal 8a de entrada de datos. Esta información puede ser transmitida analógicamente, por ejemplo a través de un nivel de voltaje, o digitalmente en la forma de una secuencia binaria. Esta información es procesada por la unidad 8 de procesamiento de datos en su estado 10 de "interpretar el sentido", en un conjunto de operaciones que pueden incluir, por ejemplo, una conversión de analógica a digital, un desciframiento del protocolo, una operación matemática, o cualquier combinación de los mismos. La información de los denominados "sucesos del sensor" es a continuación incorporada en un "mensaje mundial" para ser usada en un posterior estado 11 "actualizar el mundo".

La información denominada "sucesos de comunicación" recibida por la unidad 8 de procesamiento de datos a través del transceptor 9 y su segundo canal 8b de entrada de datos, la información así enviada por otro dispositivo de control o por otro dispositivo capaz de transmitir un mensaje al dispositivo de control 6. Esta información de "sucesos de comunicación" es procesada por la unidad 8 de procesamiento de datos en su estado 12 "interpretar RX", en un conjunto de operaciones que pueden incluir, por ejemplo, una conversión de analógica a digital, un desciframiento del protocolo, una operación matemática, o cualquier combinación de los mismos, y que determinará si la información de "sucesos de comunicación" entrante se refiere a "información del mundo" o a "información de reglas".

Si la información procesada "sucesos de comunicación" se refiere a "información del mundo" también es incorporada en "mensaje del mundo" para ser usada en el estado 11 "actualizar el mundo", al igual que la información "sucesos del sensor" procesada y la información de realimentación procedente de la unidad de iluminación 5. Sin embargo, si la información "sucesos de comunicación" procesada se refiere a "información de reglas", es entonces usada en el estado 13 "actualizar reglas".

En el estado 11 “actualizar el mundo” la unidad 8 de procesamiento de datos actualiza la “información del mundo” almacenada sobre la base de la “información del mundo” entrante procesada en los estados 10, 12 “interpretar sentido” e “interpretar RX” y/o la realimentación procedente de la unidad de iluminación 5, y notifica esas actualizaciones para su aplicación por la unidad 8 de procesamiento de datos en su estado 14 “estrategia”. En su estado 14 “estrategia” la unidad 8 de procesamiento de datos aplica una estrategia almacenada, actualizada en el estado 13 “actualizar reglas”, a la “información del mundo” actualizada con el fin de determinar una orden de nivel de iluminación para ser transmitida a la unidad de iluminación 5, así como qué información debe ser transmitida a los dispositivos de control 6 de las farolas 1a-1q de los tramos de carretera 2a-2q contiguos.

En este estado 12 “actualizar reglas” la unidad 8 de procesamiento de datos actualiza la estrategia almacenada sobre la base de la “información de reglas” entrante y notifica las actualizaciones para ser aplicadas por la unidad 8 de procesamiento de datos en el estado 13 “estrategia”.

La Figura 5 ilustra cómo tal estrategia es aplicada por la unidad 8 de procesamiento de datos para controlar la unidad de iluminación 5.

En un primer paso S101 la unidad 8 de procesamiento de datos determina sobre la base de la “información del mundo” entrante procedente de la unidad 7 de sensor y/o del transceptor 9 si hay un usuario de la carretera a una distancia d no mayor que una distancia d_2 desde el tramo de carretera 2a-2q del dispositivo de control 6.

Esta distancia d_2 se calcula sobre la base de al menos la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera. En particular, esta distancia d_2 puede aumentar a una velocidad mayor del usuario de la carretera y, para la misma velocidad, puede ser mayor en un factor de asimetría α para un usuario de la carretera que entra que para un usuario de la carretera que sale. El factor de asimetría α puede ser en sí mismo dependiente de la velocidad y/o del tipo de usuario de la carretera, de modo que es por ejemplo igual o solamente ligeramente mayor que 1 para un peatón u otro tipo de usuario de la carretera lento, en tanto que es significativamente mayor que 1 para un usuario de la carretera rápido, tal como un vehículo de motor. De este modo, la distancia d_2 puede ser igual a un primer parámetro p_2 dependiente de la velocidad para un usuario de la carretera que sale e igual al producto de este primer parámetro p_2 dependiente de la velocidad y dicho factor de asimetría α para un usuario de la carretera que entra. Los valores específicos para estos parámetros α y p_2 pueden ser asociados con los correspondientes intervalos de velocidad que usan las tablas de consulta. Un ejemplo está dado en la Tabla 1.

Tabla 1: parámetros α , p_1 y p_2 para los intervalos de velocidad relacionados

Velocidad (km/h)	Parámetro α	Parámetro p_1 (m)	Parámetro p_2 (m)
$V \leq 5$	1	90	175
$5 < v \leq 30$	1,2	75	121
$30 < v \leq 60$	1,5	83	118
$V > 60$	2	95	119

Si en el paso S101 se ha determinado que hay un tal usuario de la carretera dentro de dicha distancia d_2 , en el siguiente paso S102, la unidad 8 de procesamiento de datos selecciona sobre la base de la “información del mundo” entrante con respecto al usuario de la carretera, por ejemplo su velocidad y tipo, un subconjunto de clases de carretera aptas para el tramo de carretera 2a-2q de entre un conjunto de clases de carretera definidas, por ejemplo en la Norma Europea CEN 13201-1:2004 y el informe técnico de la Comisión de la Energía CIE 115:2010, y cada asociada a al menos el correspondiente nivel de iluminación máximo P_{max} , y eventualmente los parámetros de iluminación adicionales tales como un espectro de colores de iluminación. Un ejemplo de conjunto de clases de carretera está dado en la Tabla 2. Es bien sabido en la técnica cómo seleccionar una clase de iluminación y cómo obtener el nivel de iluminación máximo P_{max} . En particular, es bien sabido que el nivel de iluminación máximo depende de varios parámetros tales como el tipo de unidad de iluminación, la distancia entre 2 unidades de iluminación y la altura de la unidad de iluminación.

Tabla 2: conjunto de clases de carretera y P_{max} correspondiente (calculado sobre la base del tipo de unidad de iluminación usado en los ejemplos)

Velocidad (km/h)	Tráfico medio por hora	Clase de carretera	P_{max} (W)
$V \leq 5$		ME4	46
$5 < v \leq 30$		ME5	69
$30 < v \leq 60$	# < 292	ME4	69
	# \geq 292	ME5	104
$V > 60$		ME6	104

En el siguiente paso S103 se asigna entonces al tramo de carretera 2a-2q una dase de carretera de entre este subconjunto de clases de carretera aptas. Esta asignación dinámica en el paso S103 se hace sobre la base de los datos del tipo de carretera almacenados en el almacén 15 de datos de la unidad de procesamiento de datos junto con los parámetros de tráfico determinados para este tramo de carretera 2a-2q para un período de tiempo actual. Estos parámetros de tráfico, que pueden incluir en particular la velocidad y la densidad de usuario de la carretera en este parámetro de carretera durante el período de tiempo actual, pueden ser establecidos sobre la base de la "información del mundo" tales como las medidas entrantes procedentes de la unidad 7 de sensor y/o las predicciones basadas por ejemplo en medidas hechas en el mismo tramo de carretera 2a-2q en períodos de tiempo equivalentes, por ejemplo a la misma hora del día. La densidad de tráfico puede por ejemplo ser calculada registrando el número de usuarios de la carretera durante un período de 5 minutos.

En el siguiente paso S104 la distancia d al usuario de la carretera se compara con otra distancia d_1 , menor que la anteriormente mencionada d_2 . Al igual que dicha distancia d_2 , esta distancia d_1 puede ser mayor en dicho factor de asimetría α para un usuario de la carretera entrante que para un usuario de la carretera que sale. Por consiguiente, la distancia d_1 puede ser igual a otro parámetro p_1 dependiente de la velocidad para un usuario de la carretera que sale, e igual al producto de este otro parámetro p_1 dependiente de la velocidad y dicho factor de asimetría α para un usuario de la carretera que entra. Al igual que los parámetros α y p_2 , el valor del parámetro p_1 puede ser determinado sobre la base de las tablas de consulta que asocian valores predeterminados con intervalos de velocidad específicos, como por ejemplo los dados en la Tabla 1. Aunque en la realización ilustrada el mismo factor α de asimetría se usa para las distancias d_1 y d_2 , alternativamente pueden usarse unos factores de asimetría diferentes α_1 y α_2 para cada una de las distancias d_1 y d_2 .

Si en el paso S104 se ha determinado que la distancia d al usuario de la carretera no es mayor que dicha distancia d_1 , en el siguiente paso S105 la unidad 8 de procesamiento de datos fijará un nuevo nivel de iluminación P_{new} igual al nivel de iluminación máximo P_{max} para su dase de carretera asignada. No obstante, si se ha determinado que la distancia d al usuario de la carretera es mayor que la distancia d_1 , pero no mayor que la distancia d_2 , la unidad 8 de procesamiento de datos fijará en el paso alternativo S106 un nuevo nivel de iluminación P_{new} mayor que un nivel de iluminación mínimo P_{min} , pero menor que el nivel de iluminación máximo P_{max} para su clase de carretera.

El nivel de iluminación mínimo P_{min} puede ser un nivel de seguridad arbitrario. Cuando la norma no especifica un nivel de iluminación mínimo, puede ser por ejemplo la potencia de iluminación más baja permitida por la unidad de iluminación. También puede ser cero.

Este nivel de iluminación P_{new} puede ser calculador para ofrecer una reducción progresiva del nivel de iluminación desde la distancia d_1 a la distancia d_2 . Por ejemplo, en el paso S106 este nuevo nivel de iluminación P_{new} puede ser calculado de acuerdo con la fórmula lineal $P_{new} = P_{max} - (d - d_1)(P_{max} - P_{min}) / (d_2 - d_1)$.

Se debe advertir que en el paso S101 la unidad 8 de procesamiento de datos puede haber determinado que hay una pluralidad de usuarios de la carretera en unas distancias d no mayores que sus correspondientes distancias mayores d_2 . En ese caso, los pasos S102 a S106 pueden ser realizados separadamente para cada uno de una pluralidad de usuarios de la carretera, y ser fijado un nivel de iluminación P_{new} alternativo sobre la base de cada uno de ellos.

No obstante, si en dicho primer paso S101 la unidad 8 de procesamiento de datos determina que no hay usuario de la carretera alguno dentro de tal distancia correspondiente d_2 , en el paso S107 se fijará el nuevo nivel de iluminación P_{new} igual al nivel de iluminación mínimo predeterminado P_{min} , el cual puede ser cero.

Después de cada uno de dichos pasos S105, S106 o S107 la unidad 8 de procesamiento de datos compara en el paso S108 el nivel de iluminación actual $P_{current}$ de la orden de iluminación emitida por el dispositivo de control 6 con la unidad de iluminación 5 con el nuevo nivel de iluminación P_{new} o, si se ha calculado una pluralidad de nuevos niveles de iluminación alternativos P_{new} , con el más alto de estos niveles de iluminación alternativos P_{new} . Si dicho nuevo nivel de iluminación o nuevo nivel de iluminación más alto P_{new} es diferente del nivel de iluminación actual $P_{current}$, la unidad 8 de procesamiento de datos procede a continuación a actualizar dicho nivel de iluminación actual $P_{current}$ en el paso S109 cambiando dicho nivel de iluminación actual $P_{current}$ al nivel de iluminación nuevo (o nuevo más alto) P_{new} . Por consiguiente, cambia la orden de iluminación emitida por el dispositivo de control 6 a la unidad de iluminación 5, y cambia en consecuencia el nivel de iluminación en el que el correspondiente tramo de carretera 2a-2q es iluminado.

El proceso ilustrado en la Figura 5 puede ser repetido con una alta frecuencia, por ejemplo cada pocos milisegundos. Cada vez, la posición del usuario de la carretera puede ser calculada de nuevo, eventualmente sobre la base de los nuevos datos de "información del mundo" entrantes, pero principalmente por extrapolación de los datos de "información del mundo" previamente recibidos. Dicha posición puede ser una posición aproximada, basada solamente en la identificación del tramo de carretera en el que el usuario de la carretera es detectado, o una posición más precisa basada en los datos de posición captados por el conjunto de sensores y propagados a través de los tramos de carretera junto con los datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento, y eventualmente extrapolados a partir de tales datos de posición después de un intervalo de tiempo dado, usando dichos datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento.

Por consiguiente, este método, aplicado a cada farola en cada tramo de carretera de una red de carreteras formada por una pluralidad de tramos de carretera interconectados, asegura que las farolas iluminen los tramos de carretera alrededor de cada usuario de la carretera, moviéndose el área iluminada con cada usuario de la carretera de un modo para ahorrar energía. Las Figuras 6 y 7 ilustran la serie de tramos de carretera contiguos iluminados alrededor de dos usuarios de la carretera de diferentes tipos en una carretera recta. En la Figura 6 un peatón 20 está caminando por la carretera. Como este usuario de la carretera es reconocido como un peatón por la unidad de sensor que monitoriza el tramo de carretera en el que el usuario de la carretera está situado, por ejemplo debido a su baja velocidad, el factor de asimetría α se fija igual a 1, y los parámetros p_1 y p_2 se fijan en unos niveles relativamente bajos. Como puede verse en la Figura 8, esto da lugar a que la información relativa a este peatón 20 sea propagada en solamente una corta serie de tramos de carretera en cada dirección, estando la carretera por lo tanto iluminada en la misma corta distancia al frente y hacia atrás del peatón 20.

En la Figura 7 un vehículo de motor 21 se desplaza a lo largo de esta carretera a una velocidad significativa. Como consecuencia, el factor de asimetría α se fija significativamente mayor que 1, de modo que la información relativa a este vehículo de la carretera se transmite a una serie significativamente mayor de tramos de carretera contiguos, y la carretera es iluminada en una distancia significativamente mayor al frente de este vehículo 21 de la carretera que detrás de él. Una pluralidad de usuarios de la carretera diferentes pueden compartir las mismas carreteras. La Figura 8 ilustra un caso en el que en la misma carretera recta un vehículo de motor 21 se aproxima a un peatón 20 desde detrás. En tal caso el nivel de iluminación para cada tramo de la carretera normalmente debería ser fijado no menor de lo que sería fijado para cada uno de estos usuarios de la carretera 20, 21. La Figura 8 ilustra cómo dos áreas iluminadas se funden en una única en el punto C.

Las Figuras 9A a 9E ilustran un primer caso en el que un único usuario de la carretera, un vehículo de motor 21, se desplaza a través de la red de carreteras 100 de la Figura 1, en donde el nivel de iluminación mínimo P_{\min} para cada tramo de carretera 2a-2q es 11,3W. Como se ve en la Figura 9A, el vehículo de motor 21 entra en el área ilustrada a través del tramo de carretera 2a. Su velocidad y dirección de desplazamiento son detectadas por una unidad 8 del sensor de la correspondiente farola 1a y una señal que comprende estos datos, junto con los datos de identificación del tramo de carretera 2a, se propaga a través de una serie de farolas contiguas. En respuesta a esta señal las farolas 1b, 1c y 1d, que están dentro de una distancia d_2 del primer tramo 2a de carretera, iluminan junto con la primera farola 1a. Las farolas 1a, 1b y 1c iluminan con el nivel de iluminación máximo P_{\max} que corresponde a su clase de carretera asignada, en tanto que la farola 1d, que está más allá de una distancia menor d_1 del primer tramo de carretera 2a, ilumina con un nivel de iluminación más bajo.

Como se ve en la Figura 9B, cuando el vehículo de motor 21 avanza a través de los tramos de carretera 2b y 2c, y es detectado por las unidades de sensor de las correspondientes farolas 1b y 1c, más farolas se encienden en la parte frontal del vehículo de motor 21, y en aquéllas que están inicialmente encendidas en unos niveles de iluminación inferiores que su nivel de iluminación máximo asignado P_{\max} se aumenta progresivamente su potencia a medida que se aproxima el vehículo de motor 21. A medida que el vehículo de motor 21 se aproxima a la bifurcación más allá del tramo de carretera 2e, en el primer cruce de carreteras 100a, se van encendiendo las farolas 1f y 1h en ambos ramales de esta bifurcación. Al mismo tiempo las farolas detrás del vehículo de motor 21 son gradualmente apagadas de nuevo, comenzando con la primera farola 1a. Las señales procedentes de los sucesivos tramos de carretera por los que se desplaza el vehículo de motor 21 actualizan no sólo la posición del vehículo de motor 21 sino también su velocidad. Esto permite así los ajustes de las distancias d_1 y d_2 , ambas al frente y detrás del vehículo de motor 21 en respuesta, a estas actualizaciones, para adaptar mejor el nivel de iluminación de cada una de las farolas.

Una vez que el vehículo de motor 21 ya ha pasado el primer cruce 100a, a través del tramo de carretera 2h y más allá, como está ilustrado en la Figura 9C, se aproxima a la rotonda 100c por el tramo de carretera 2k. Las farolas detrás del vehículo de motor 21, que incluyen las que están en los ramales que no tomó, son sucesivamente apagadas. En el frente del vehículo de motor 21, por otra parte, las farolas en la rotonda 100c son sucesivamente encendidas, incluyendo las de sus salidas, como la farola 1m.

Cuando el vehículo de motor 21 marcha rodeando la rotonda 100c, pasadas las salidas primera y segunda, hacia el tramo de carretera 2n, como está ilustrado en la Figura 9D, las farolas detrás de él, que incluyen las de las salidas que no tomó, son sucesivamente apagadas, en tanto que se encienden las farolas a las que se acerca, incluidas las de las salidas inmediatas en el frente del vehículo de motor 21.

Finalmente, cuando el vehículo de motor 21 toma la tercera salida, yendo por el tramo de carretera 1q, como está ilustrado en la Figura 9E, las farolas en la rotonda 100c se apagan sucesivamente y se encienden las de la carretera en el frente del vehículo de motor 21.

La Figura 10 ilustra un segundo caso en el que un único usuario de la carretera, un vehículo pesado de motor 22, se desplaza a través de la red de carreteras 100 de la Figura 1 a lo largo de una ruta usada frecuentemente. En este caso este vehículo pesado de motor 22, o sea un camión, se desplaza desde la rotonda 100c a través del tramo de carretera 2k, y gira en el cruce de carreteras 100b hacia la fábrica F a su izquierda. A esta hora del día esta ruta determinada se usa frecuentemente, lo que da como resultado que a los tramos de carretera 2k y 2i les sean asignados una clase de carretera que corresponde a un nivel de iluminación más alto P_{\max} mayor que el de los

tramos de carretera vecinos. Por consiguiente, incluso aunque la farola 1h puede también ser encendida con su nivel de iluminación máximo P_{max} cuando el vehículo de motor 22 se aproxima a la bifurcación en el tramo de carretera 2i, este nivel de iluminación máximo P_{max} del tramo de carretera 2h será menor que los de los tramos de carretera 2k y 2l, lo que refleja el hecho de que se ha asignado una clase de carretera de una prioridad inferior, ya que se espera que el vehículo pesado de motor 22 siga la ruta actualmente más frecuentemente usada y gire a la izquierda en la bifurcación, preferiblemente a que siga marchando recto.

Las Figuras 11A a 11D ilustran un tercer caso con tres usuarios de la carretera diferentes, los vehículos de motor 21a, 21b y 21c en la red de carreteras 100 de la Figura 1. Como está ilustrado en la Figura 11A, el primer vehículo de motor 21a marcha a través del tramo de carretera 2a en la dirección del tramo de carretera 2b. Simultáneamente, el segundo vehículo de motor 21b está parado en el tramo de carretera 2i, por ejemplo debido a una avería mecánica, en tanto que el tercer vehículo de motor 21c está también parado en el tramo de carretera 2e, esperando que pase el primer vehículo de motor 21a, el cual tiene preferencia de paso. Las farolas 1b, 1c y 1d iluminan el frente del primer vehículo de motor 21a, como en el caso ilustrado en la Figura 9A. Al mismo tiempo las farolas alrededor de los vehículos de motor segundo y tercero 21b y 21c están también encendidas. No obstante, como estos vehículos de motor segundo y tercero 21b y 21c están parados, menos tramos de carretera alrededor de ellos, y en particular al frente de ellos, están iluminados. En el caso ilustrado solamente el tramo de carretera 2i está iluminado en su nivel de iluminación máximo asignado P_{max} para el segundo vehículo de motor 21b, en tanto que los tramos de carretera contiguos 2h y 2k están iluminados con unos niveles de iluminación inferiores a sus niveles de iluminación máximos asignados P_{max} . Alrededor del tercer vehículo 21c solamente está iluminado el tramo de carretera 2e con su nivel de iluminación máximo P_{max} , en tanto que los tramos de carretera contiguos 2d, 2f y 2h están iluminados con unos niveles de iluminación inferiores.

Como se ve en la Figura 11B, cuando el vehículo de motor 21a avanza a través de los tramos de carretera 2b y 2c y es detectado por las unidades de sensor de las correspondientes farolas 1b y 1c, las luces enfrente del cual fueron inicialmente encendidas con niveles de iluminación más bajos que su nivel de iluminación máximo P_{max} , su potencia es aumentada progresivamente hacia el nivel de iluminación máximo P_{max} cuando el vehículo de motor 21a se aproxima. La farola 1d recibe señales indicando la cercana presencia del tercer vehículo de motor 21c parado y la rápida aproximación del primer vehículo de motor 21a. Responderá adoptando el más alto de los niveles de iluminación que corresponderían a estos dos usuarios de la carretera. Por lo tanto, permanecerá en el mismo nivel de iluminación que en la Figura 11A hasta que el primer vehículo de motor 21a llegue tan cerca que requiera un nivel de iluminación más alto. Por lo tanto, en la situación ilustrada en la Figura 11B el nivel de iluminación en el tramo de carretera 1d ha aumentado hasta su nivel de iluminación máxima asignado P_{max} , ya que el primer vehículo de motor 21a está ya dentro de la segunda distancia d_2 antes mencionada desde este tramo de carretera 1d. La situación alrededor del segundo vehículo de motor 21b permanece sin cambiar.

En la Figura 11C el primer vehículo de motor 21a ha pasado por delante del tercer vehículo de motor 21c y se aproxima al segundo vehículo de motor 21b, inmovilizado en el tramo de carretera 2i. Cada farola puede ser equipada con una entrada manual que permita a los usuarios de la carretera averiados, tal como al conductor de dicho segundo vehículo de motor 21b indicar tal emergencia. En tal caso, a medida que el primer vehículo de motor 21a se acerca a una distancia dada, por ejemplo, cualquiera de dichas distancias d_1 o d_2 , desde el tramo de carretera 2i en el que el segundo vehículo de motor 21b está averiado, la correspondiente farola 1i puede indicar la presencia de tal peligro en la carretera, por ejemplo, parpadeando o cambiando el color de la luz.

Finalmente, en la Figura 11D, el primer vehículo de motor 21a también ha dejado el segundo vehículo de motor 21b detrás de él. La farola 1i por lo tanto ha vuelto a su estado inicial, iluminando el tramo de carretera 2i con el nivel de iluminación máximo P_{max} asociado a su clase de carretera asignada en tanto que el segundo vehículo de motor 21b permanece averiado en él. Simultáneamente, el tercer vehículo de motor 21c finalmente ha arrancado y ha girado a la derecha. Por consiguiente, el área iluminada alrededor de este tercer vehículo de motor 21c, y en particular en su dirección de desplazamiento, ha aumentado a medida que lo ha hecho la velocidad de este tercer vehículo de motor, llevando a un correspondiente aumento de las distancias d_1 y d_2 asociadas con este tercer vehículo de motor 21c, en particular en su dirección de desplazamiento.

Las Figuras 12A y 12B ilustran un cuarto caso con respectivamente un primer y un segundo usuarios peatones, 31a y 31b, respectivamente debajo de la farola 1a y 1d en la red de carreteras 100 de la Figura 1. Dos farolas consecutivas están separadas una distancia de 30m. Las farolas contienen la unidad de iluminación 5, el sensor 7 de la Figura 2 y el dispositivo de control 6 de la Figura 3. La unidad 7 de sensor incluye un sensor PIR y un sensor de efecto Doppler. Las farolas están inicialmente en el nivel de iluminación mínimo, en este ejemplo 11,3 W, con el fin de consumir la mínima cantidad de energía.

Como está ilustrado en la Figura 12A, el primer peatón 31a está caminando a través del tramo de carretera 2a en la dirección del tramo de carretera 2b. Su presencia, más particularmente su emisión infrarroja, es detectada por la unidad del sensor PIR de la farola 1a. El dispositivo de control 6 de la farola 1a detecta un cambio en la frecuencia de ondas obtenido con el sensor de efecto Doppler y deduce la velocidad del usuario, así como su dirección. Las señales procedentes de ambos sensores son a continuación transmitidas a la unidad 8 de procesamiento de datos de la farola 1a a través del canal 8a de entrada de datos.

5 Sobre la base de la información entrante procedente de la unidad de sensor la unidad de procesamiento de datos recupera la información de su unidad 15 de almacenamiento de datos, en particular los parámetros dependientes de la velocidad α , p_1 y p_2 . En este caso la velocidad medida es 5 km/h, α es 1, $p_1 = 90\text{m}$ y $p_2 = 175\text{m}$ de acuerdo con la Tabla 1. La unidad de procesamiento de datos recupera además del almacén de datos la densidad media de tráfico que ha sido observada en el tramo 2a durante los 5 minutos pasados. Con la información de la velocidad y la densidad del tráfico selecciona una clase de carretera en la Tabla 2, aquí la clase ME4, y una P_{max} correspondiente de 46W. El dispositivo de control 6 da una orden a la unidad de iluminación 5 por medio del canal 8d de salida de control y fija el nivel requerido en 46W.

10 Los datos se procesan para el transceptor 9 a por medio del canal 8c de salida de datos. El transceptor a continuación transmite la información (velocidad y dirección del usuario junto con un dato de identificación del tramo de carretera 2a) al dispositivo de control 6 de la farola vecina 1b.

15 El transceptor 9 de la farola 1b recibe información de la farola 1a sobre el usuario de la carretera presente en el correspondiente tramo de carretera 2a. La información se procesa para la unidad 8 de procesamiento de datos a través del canal 8b de salida de datos. La unidad de procesamiento de datos no ha recibido todavía información de su sensor, lo que significa que en ese momento no hay un usuario presente en el correspondiente tramo de carretera 2b. Como previamente se ha descrito, la unidad de procesamiento de datos recupera información procedente de su almacén de datos y evalúa si la distancia al tramo de carretera 2a es menor que la distancia d_1 . Como 30m es menor que 90m, la farola 1b fija su nuevo nivel de iluminación en P_{max} , que en este caso es 46W.

20 La farola 1b transmite también el mensaje al dispositivo de control de la farola 1c. La farola 1c está todavía dentro de la distancia d_1 , y por lo tanto ilumina también la carretera con un nivel P_{max} y transmite el mensaje a la farola 1d. No obstante, la farola 1d está a 92m del usuario, que es mayor que d_1 pero inferior que d_2 de acuerdo con la Tabla 1. La farola 1d iluminará por lo tanto la carretera con un nivel P_{new} calculado como sigue:

$$P_{\text{new}} = P_{\text{max}}(d-d_1)(P_{\text{max}}P_{\text{min}})/(d_2-d_1)$$

25 en donde d es la distancia entre el peatón y la farola 1d. En este ejemplo P_{new} es 45,2W. Finalmente, la farola 1h recibe el mensaje, pero está más allá de la distancia d_2 de 175m en este ejemplo, y por lo tanto continúa aplicando P_{min} , aquí 11,3W, y no transmite mensaje alguno.

30 Si el usuario de la carretera continúa caminando y va debajo de la farola 1b, se repetirá la misma situación: cada farola comparará su distancia al peatón con d_1 y d_2 , calculará una P_{new} como se ha explicado antes, y transmitirá el mensaje, si es necesario. La farola 1a estará entonces detrás del usuario y continuará iluminando con P_{max} en tanto esté dentro de una distancia d_1 .

35 La Figura 12B ilustra el caso de un segundo peatón, 31b, y que viene debajo de la farola 1d. El peatón 31a está en el tramo de carretera 2a, debajo de la farola 1a. Usando el mismo plan que anteriormente, las farolas 1c, 1b, 1e, 1f, 1g y 1h iluminan con P_{max} . En este caso de varios usuarios algunas farolas reciben una información contradictoria. Por ejemplo, 1d y 1a reciben una información contradictoria: para el peatón 31b, la farola 1a debería iluminar con P_{new} , pero con P_{max} para el peatón 31a; en tanto que la farola 1d debería iluminar con P_{new} para el peatón 31a y P_{max} para el peatón 31b. Con el fin de dar siempre la cantidad justa de iluminación de acuerdo con la clase de carretera de cada usuario, las dos farolas 1a y 1d seleccionan el nivel máximo de todos sus usuarios conocidos, seleccionando en este caso P_{max} .

40 Los expertos en la técnica reconocerán que la presente invención puede ser manifestada en una variedad de formas distintas de las realizaciones específicas aquí descritas y contempladas.

REVINDICACIONES

1. Un método para controlar la iluminación pública en una pluralidad de tramos de carretera (2a-2q) interconectados, que comprende los pasos de:
- 5 detectar la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) en un tramo de carretera (2a-2q);
- propagar una señal que comprende datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c), y una identificación del tramo de carretera (2a-2q) del usuario de la carretera a través de una serie de tramos de carretera (2a-2q) contiguos que parten del tramo de carretera (2a-2q) del usuario de la carretera;
- 10 asignar dinámicamente una clase de carretera y un nivel de iluminación máximo correspondiente (P_{max}) a cada tramo de carretera (2a-2q), representando dicha clase de carretera unos requerimientos fotométricos basados en las necesidades visuales del usuario de la carretera en el tramo de carretera y estando dicha clase de carretera seleccionada sobre la base de al menos los datos del tipo de carretera almacenados asociados con cada tramo de carretera, y los parámetros de tráfico determinados para cada tramo de carretera (2a-2q) para un período de tiempo actual, comprendiendo dichos datos del tipo de carretera al menos las características geométricas del tramo de carretera y un límite de velocidad permitida;
- 15 fijar un nuevo nivel de iluminación (P_{new}) igual a dicho nivel de iluminación máximo (P_{max}) en cada tramo de carretera (2a-2q) cuya distancia (d) al usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) no sea mayor que una primera distancia (d_1); y
- 20 comparar, para cada tramo de carretera (2a-2q), dicho nuevo nivel de iluminación (P_{new}) con un nivel de iluminación actual ($P_{current}$), y cambiar el nivel de iluminación actual ($P_{current}$) por el nuevo nivel de iluminación (P_{new}) si son diferentes;
- caracterizado por que dicha distancia (d_1) se calcula sobre la base de dicha velocidad y dirección de desplazamiento del usuario de la carretera.
- 25
2. El método de la reivindicación 1, en donde dichos parámetros de tráfico se refieren al menos a la velocidad y la densidad de usuarios de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) en ese tramo de carretera (2a-2q) en dicho período de tiempo actual.
3. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, que comprende un paso de seleccionar un subconjunto de clases de carretera aptas para cada tramo de carretera sobre la base de la información del usuario de la carretera contenida en dicha señal, antes de asignar dinámicamente a cada tramo de carretera una clase de carretera seleccionada de dicho subconjunto al menos sobre la base de los datos del tipo de carretera almacenados asociados con cada tramo de carretera y los parámetros de tráfico determinados para cada tramo de carretera (2a-2q) durante un período de tiempo actual.
- 30
4. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicha primera distancia (d_1) es mayor en un factor de asimetría (α) en la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) que en una dirección diferente.
- 35
5. El método de la reivindicación 4, en donde dicho factor de asimetría se calcula sobre la base de dicha velocidad del usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c).
- 40
6. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, en donde, más allá de dicha primera distancia (d_1) desde el usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c), para cada tramo de carretera (2a-2q) se fija un nuevo nivel de iluminación (P_{new}) que gradualmente disminuye hacia un nivel de iluminación mínimo predeterminado (P_{min}) en una segunda distancia (d_2) mayor que dicha primera distancia (d_1).
- 45
7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en donde, tras la recepción simultánea de una pluralidad de dichas señales en un tramo de carretera (2a-2q), se fija un nuevo nivel de iluminación (P_{new}) para cada señal en donde la distancia al tramo de carretera (2a-2q) del usuario de la carretera no es mayor que dicha segunda distancia (d_2), siendo comparado el nivel de iluminación actual ($P_{current}$) para este tramo de carretera (2a-2q) con el nuevo nivel de iluminación más alto (P_{new}) y cambiado a este nuevo nivel de iluminación más alto (P_{new}) si el nuevo nivel de iluminación más alto (P_{new}) es diferente del nivel de iluminación actual ($P_{current}$).
- 50
8. El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones previas, que además comprende un paso de determinar un parámetro medioambiental tal como un nivel de luz ambiente, y en donde el nivel de iluminación actual ($P_{current}$) se mantiene en un nivel de iluminación mínimo predeterminado (P_{min}) a menos que dicho parámetro medioambiental cumpla una condición predeterminada.

9. Un dispositivo (6) para controlar la iluminación pública en un tramo de carretera (2a-2q), en donde dicho dispositivo (6) comprende una unidad (8) de procesamiento de datos con:

un almacén (15) de datos para almacenar datos del tipo de carretera de dicho tramo de carretera (2a-2q), comprendiendo dichos datos del tipo de carretera unas características geométricas de la carretera y un límite de velocidad permitida;

un primer canal (8a) de entrada de datos para recibir una señal que comprende la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) en dicho tramo de carretera (2a-2q);

un segundo canal (8b) de entrada de datos para recibir desde un tramo de carretera (2a-2q) contiguo una señal que comprende la velocidad y la dirección de los datos de desplazamiento de un usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) en dicho tramo de carretera (2a-2q) contiguo o en otro tramo de carretera (2a-2q) contiguo conectado con el tramo de carretera (2a-2q) del dispositivo de control en dicho tramo de carretera (2a-2q) contiguo, y los datos de identificación del tramo de carretera (2a-2q) del usuario de la carretera;

un canal (8c) de salida de datos para transmitir a un tramo de carretera (2a-2q) contiguo una señal que comprende datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera recibidos en dichos canales (8a, 8b) de entrada de datos primero y/o segundo, y los datos de identificación del tramo de carretera (2a-2q) del usuario;

un canal de salida de control (8d) para la salida de una señal de orden de iluminación a una unidad de iluminación (5);

estando dicha unidad de procesamiento (8) configurada para:

asignar dinámicamente una clase de carretera, que representa los requerimientos fotométricos basados en las necesidades visuales del usuario de la carretera en el tramo de carretera, al tramo de carretera (2a-2q) del dispositivo de control sobre la base de, al menos, dichos datos del tipo de carretera y los parámetros de tráfico determinados para este tramo de carretera (2a-2q) para un período de tiempo actual, estando dicha clase de carretera asociada con un correspondiente nivel de iluminación máximo (P_{max});

fijar un nuevo nivel de iluminación (P_{new}) igual a dicho nivel de iluminación máximo (P_{max}) para la clase de carretera asignada tras la recepción de los datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento del usuario de la carretera por dichos canales (8a, 8b) primero y/o segundo de entrada de datos si la distancia (d) al usuario de la carretera no es mayor que una primera distancia (d_1) calculada sobre la base de una velocidad y dirección de desplazamiento del usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c); y

comparar dicho nuevo nivel de iluminación (P_{new}) con un nivel de iluminación actual ($P_{current}$) de la señal de mando de iluminación, y cambiar el nivel de iluminación actual ($P_{current}$) al nuevo nivel de iluminación (P_{new}) si son diferentes.

10. Un dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 9, en donde la unidad (8) de procesamiento de datos también está configurada para modificar dicha señal de orden de iluminación en respuesta a una señal de emergencia entrante.

11. Un sistema para controlar la iluminación pública en una pluralidad de tramos de carretera interconectados, comprendiendo dicho sistema de control un dispositivo de control (6) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 y 10 para cada uno de dichos tramos de carretera (2a-2q) interconectados, estando cada uno de los dispositivos de control (6) conectado con al menos otro de los dispositivos de control (6), que corresponde a un tramo de carretera (2a-2q) contiguo, para la transmisión de los datos de velocidad, dirección de desplazamiento y la identificación del tramo de carretera entre los dispositivos de control (6).

12. Un sistema de iluminación pública que comprende un conjunto de sensores para detectar la velocidad y la dirección de desplazamiento de los usuarios de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) en una pluralidad de tramos de carretera (2a-2q) interconectados y, para cada uno de dichos tramos de carretera (2a-2q) interconectados, una unidad de iluminación (5) y un dispositivo de control (6) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 o 10 conectado a la misma, estando cada uno de los dispositivos de control (6) conectado también a dicho conjunto de sensores y a al menos otro de los dispositivos de control (6), que corresponde a un tramo de carretera (2a-2q) contiguo, para la transmisión de los datos de la velocidad y la dirección de desplazamiento y la identificación del tramo de carretera entre los dispositivos de control (6).

13. El sistema de iluminación pública de acuerdo con la reivindicación 11, en donde dicho conjunto de sensores comprende al menos una unidad de sensor (5) conectada individualmente a uno de los dispositivos de control (6) para detectar al menos la velocidad y la dirección de desplazamiento de un usuario de la carretera (20, 21, 22, 21a-21c) en ese tramo de carretera (2a-2q) del dispositivo de control.

14. Un programa de ordenador para aplicar el método de control de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

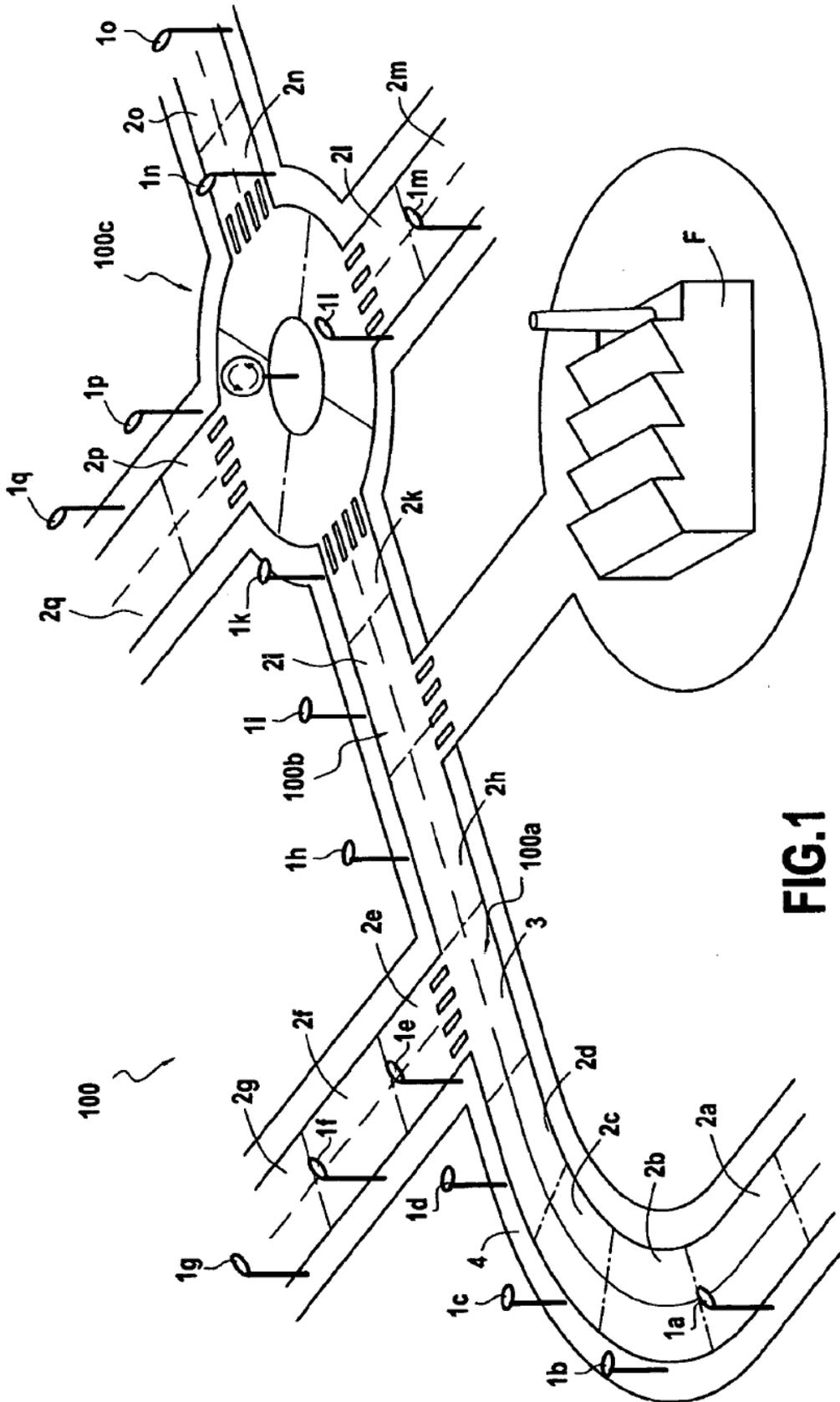


FIG.1

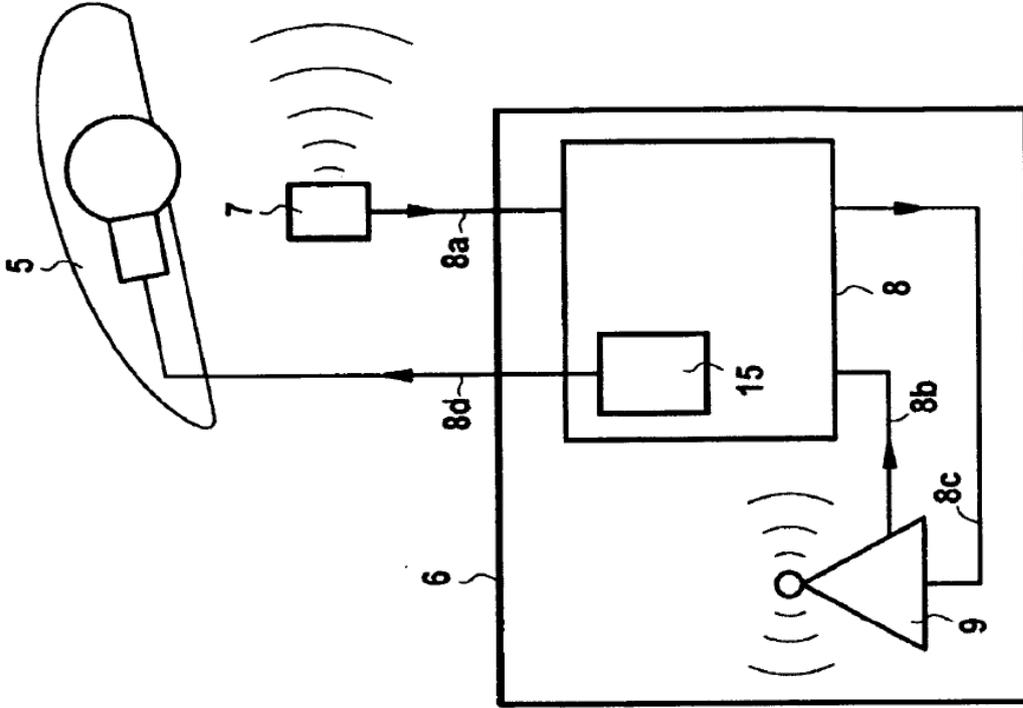


FIG.3

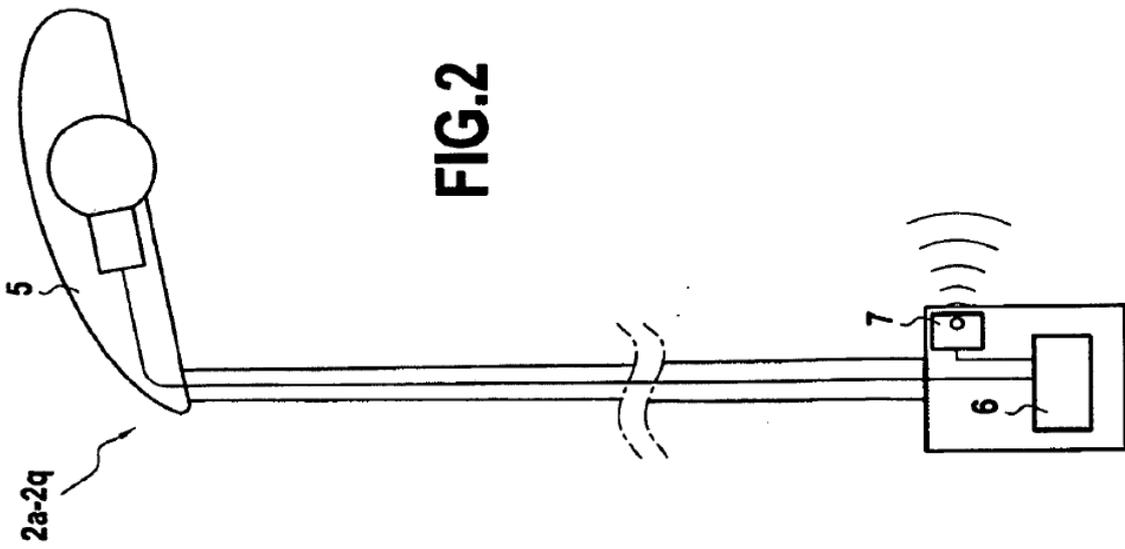


FIG.2

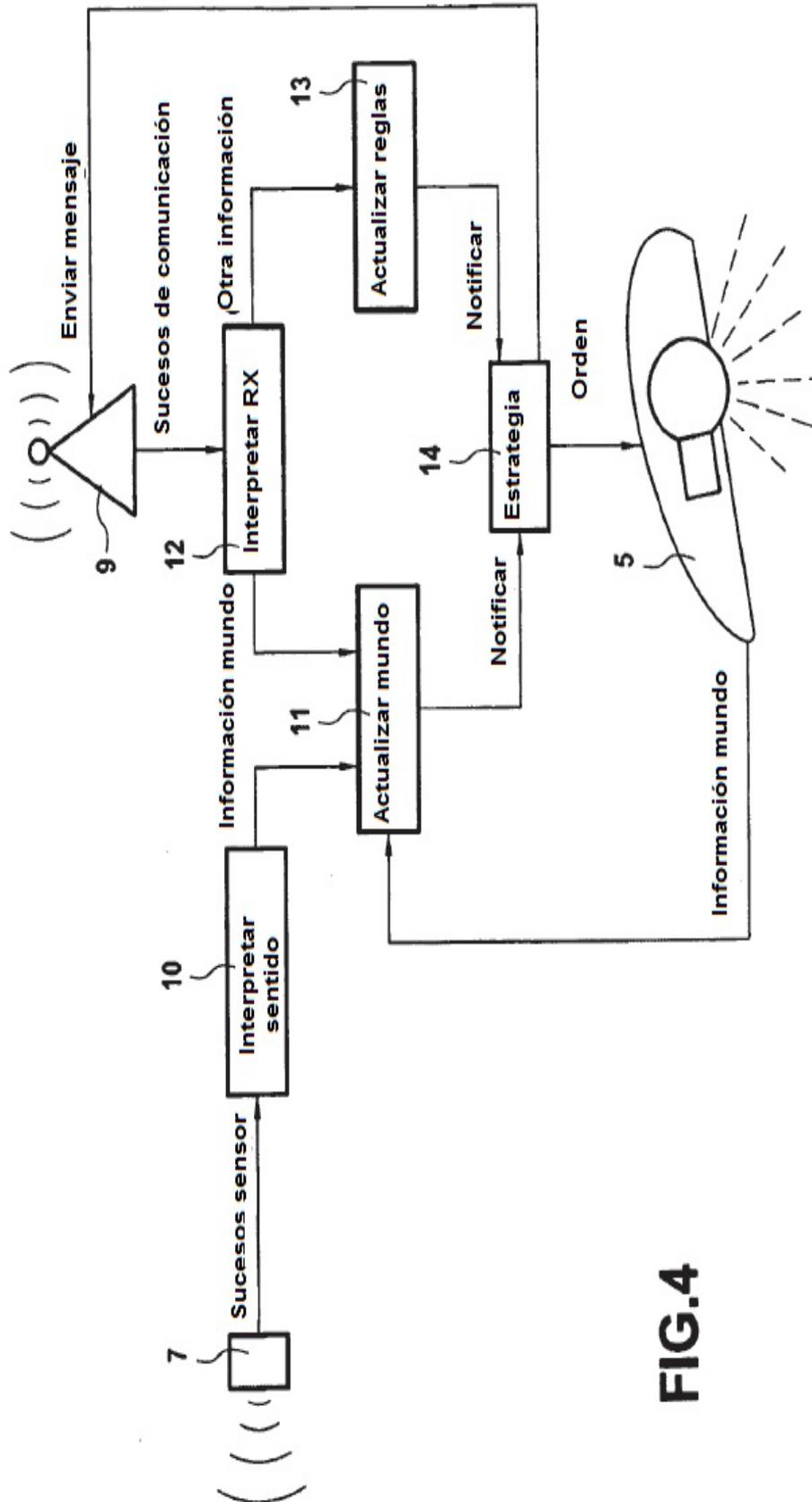


FIG.4

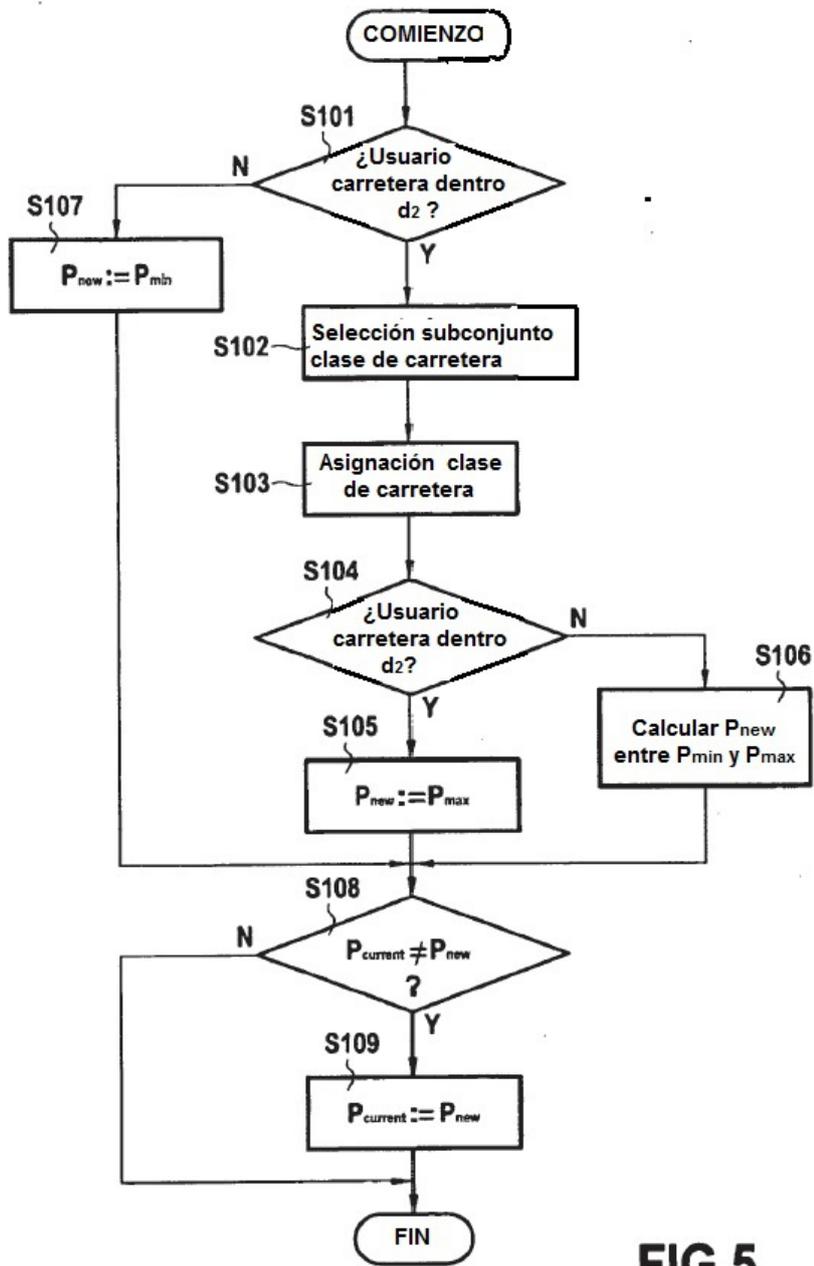
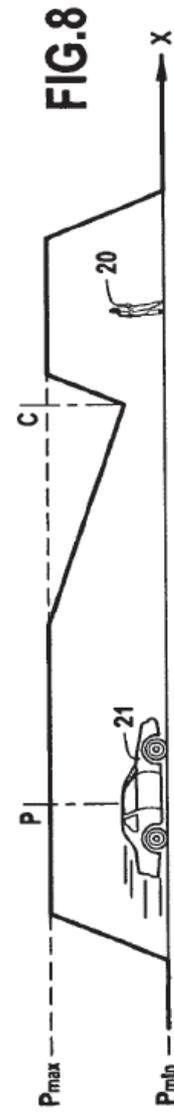
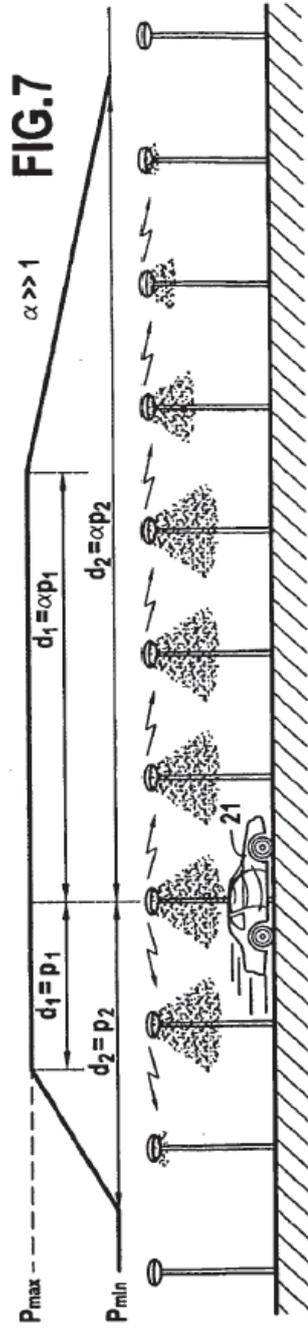
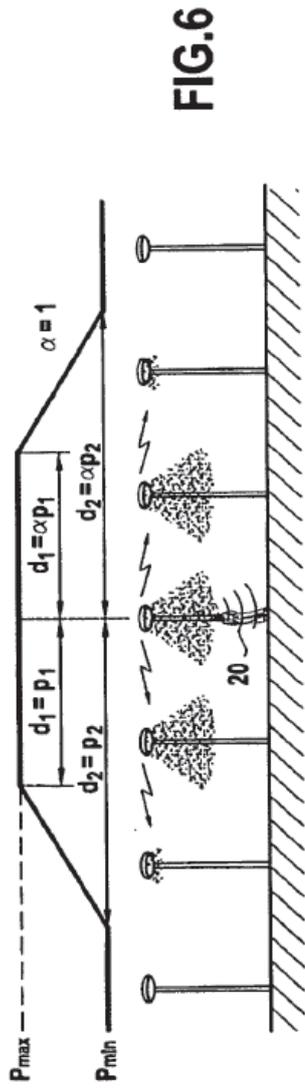


FIG.5



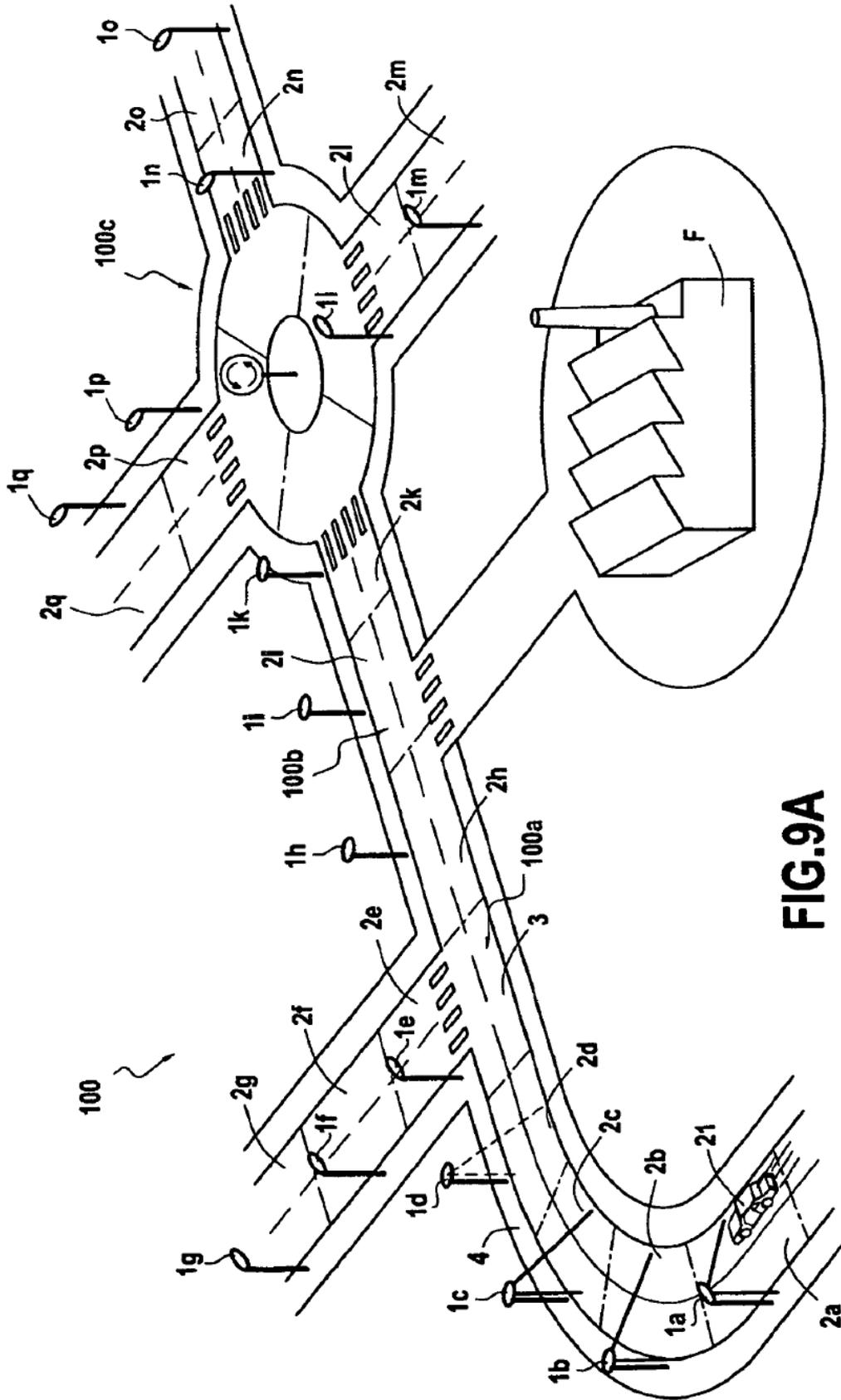


FIG. 9A

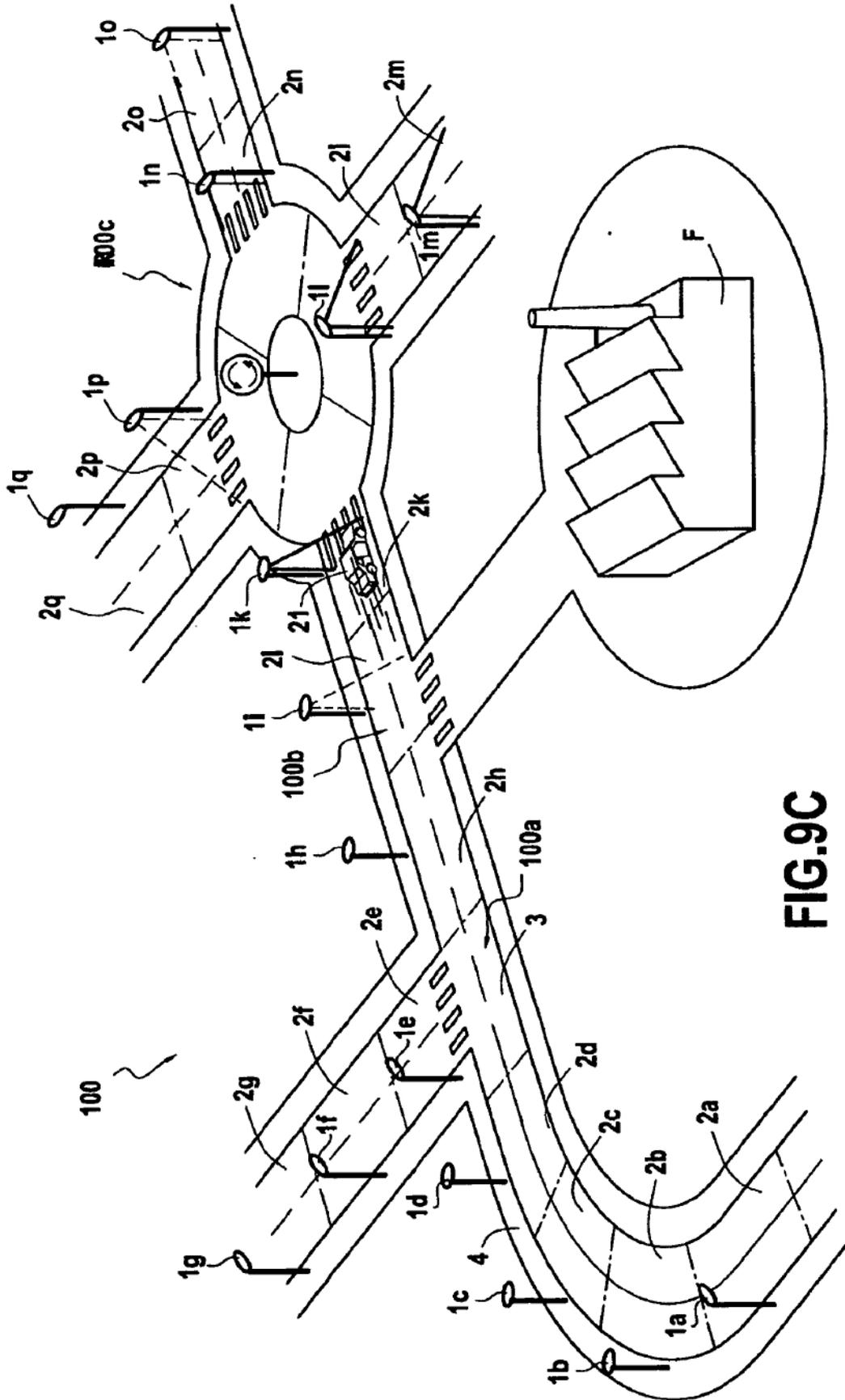


FIG.9C

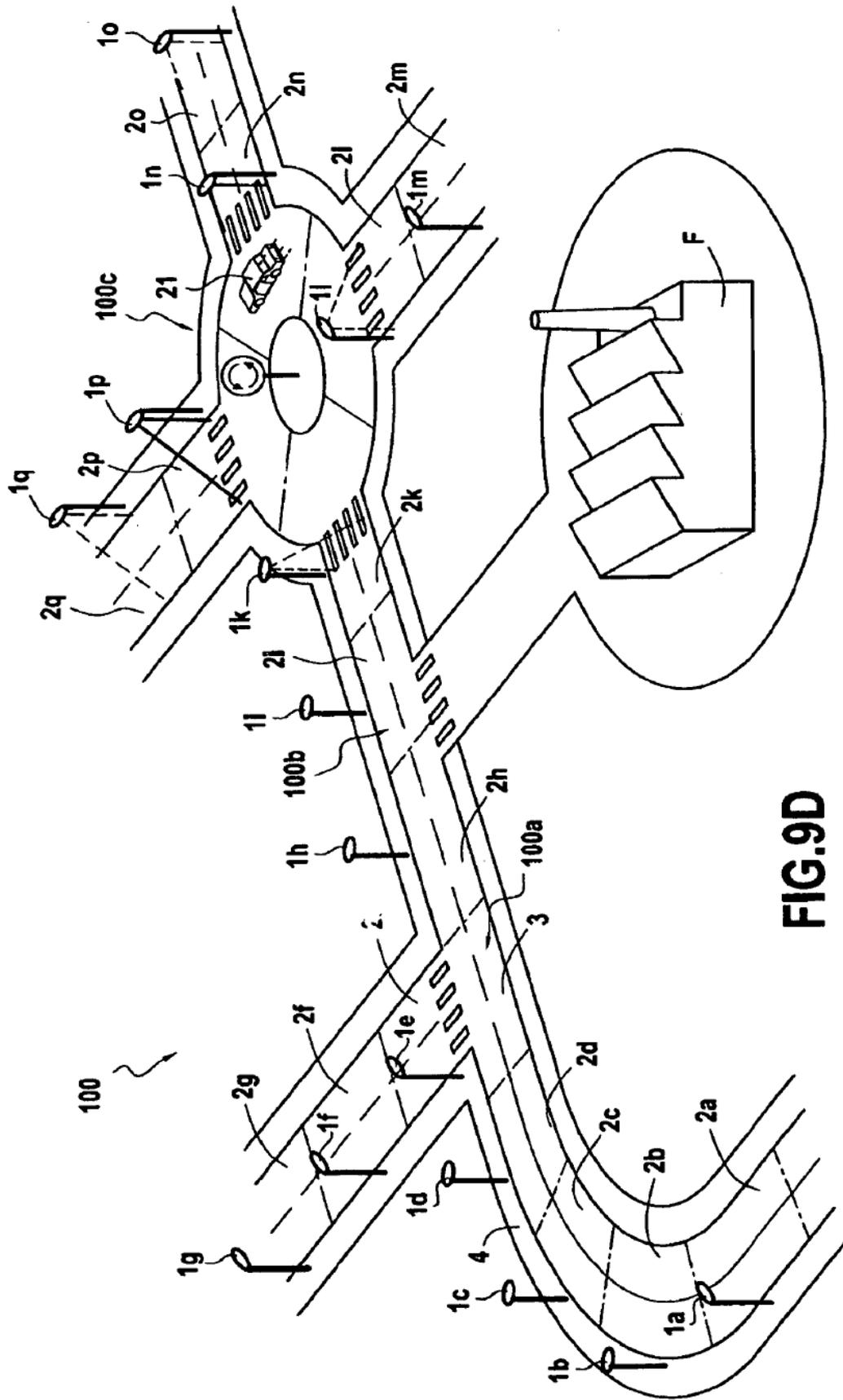


FIG.9D

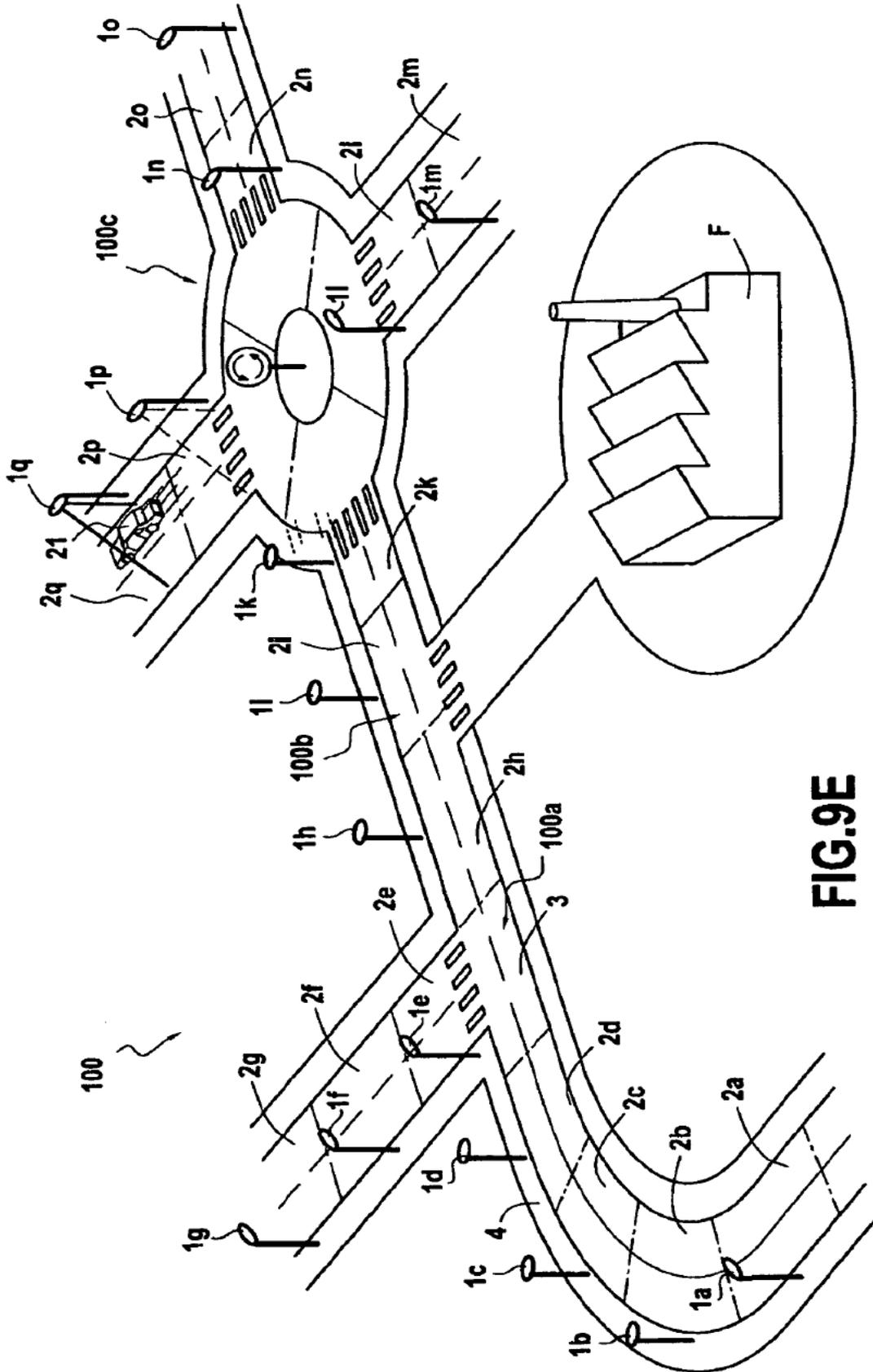


FIG.9E

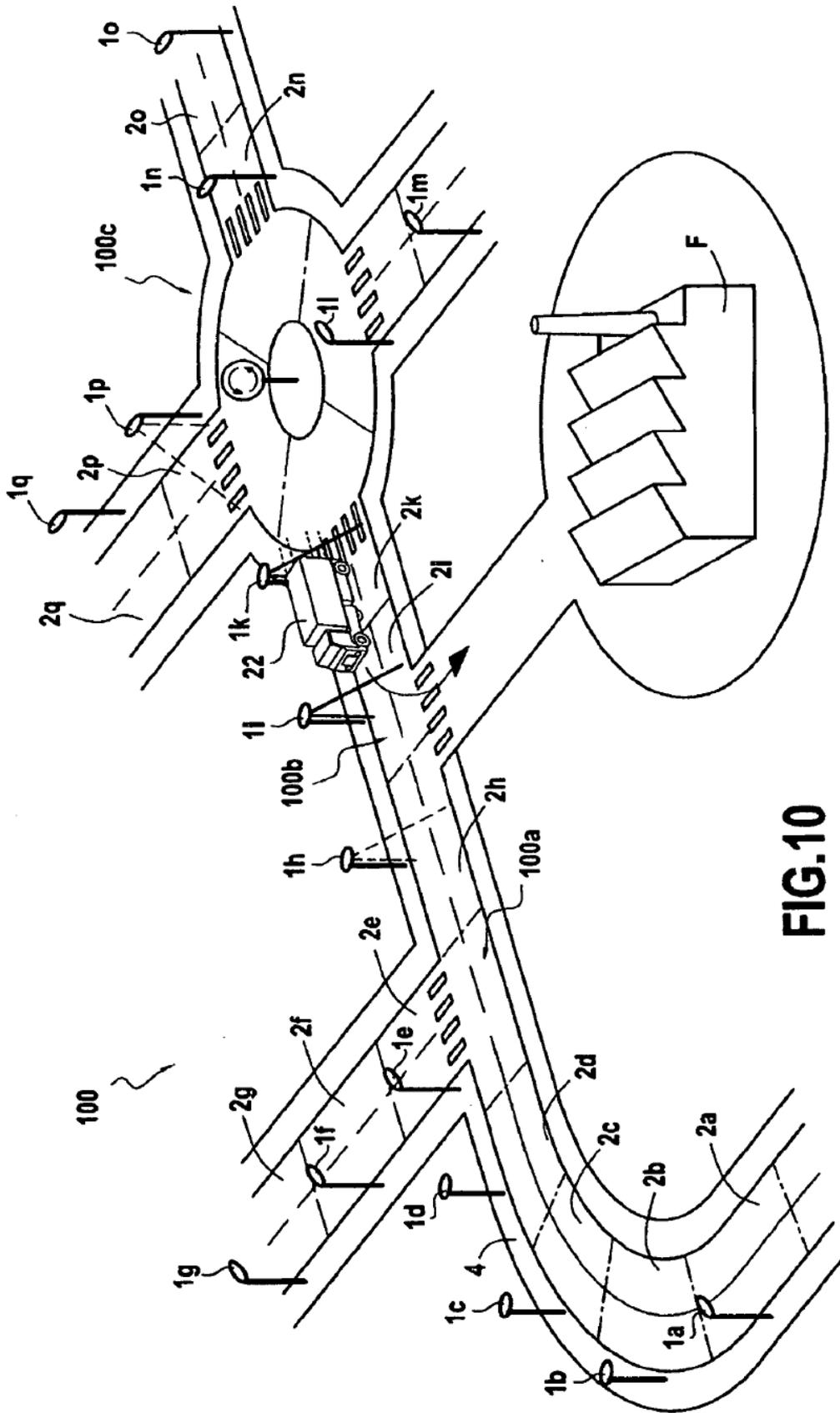


FIG.10

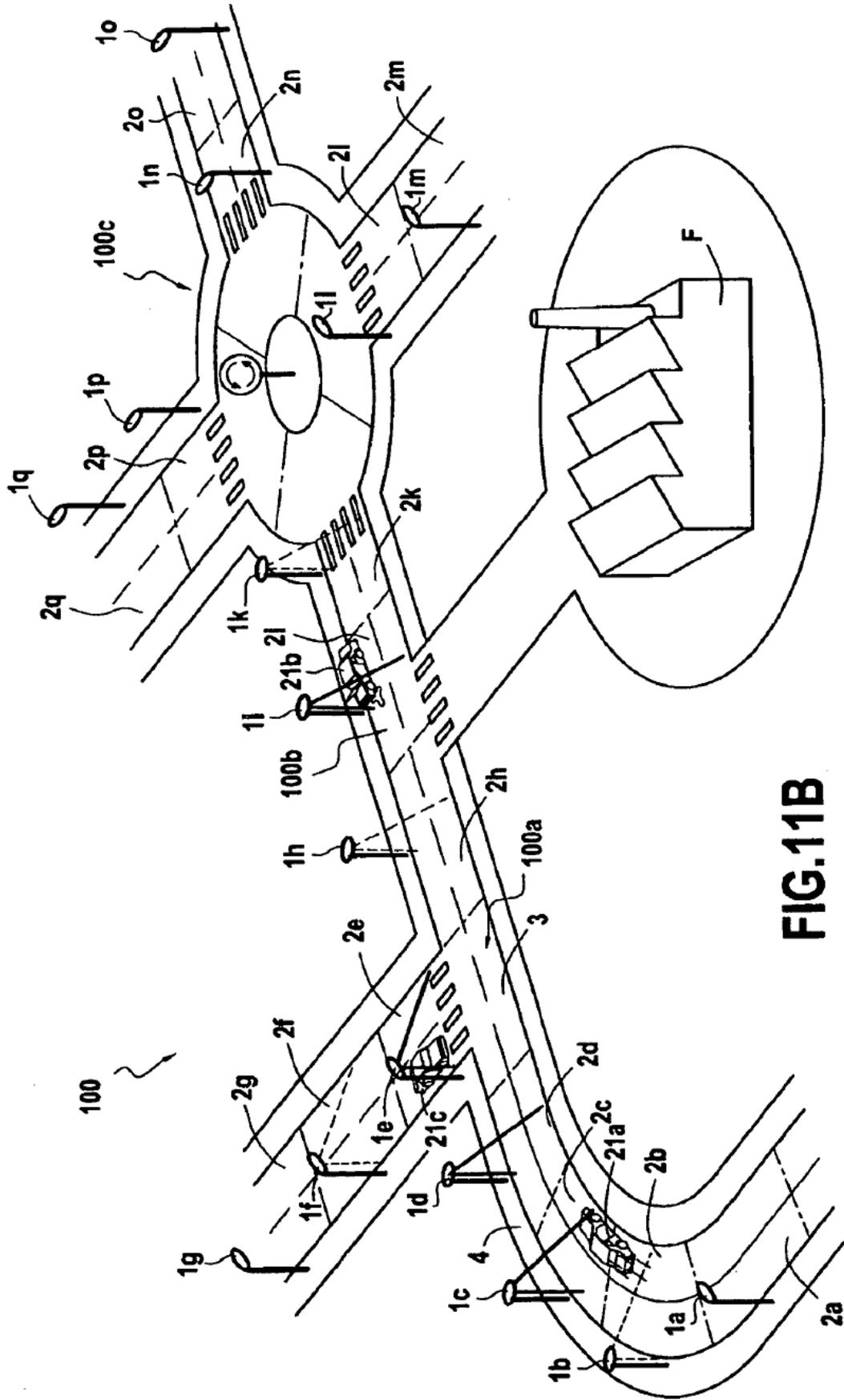


FIG.11B

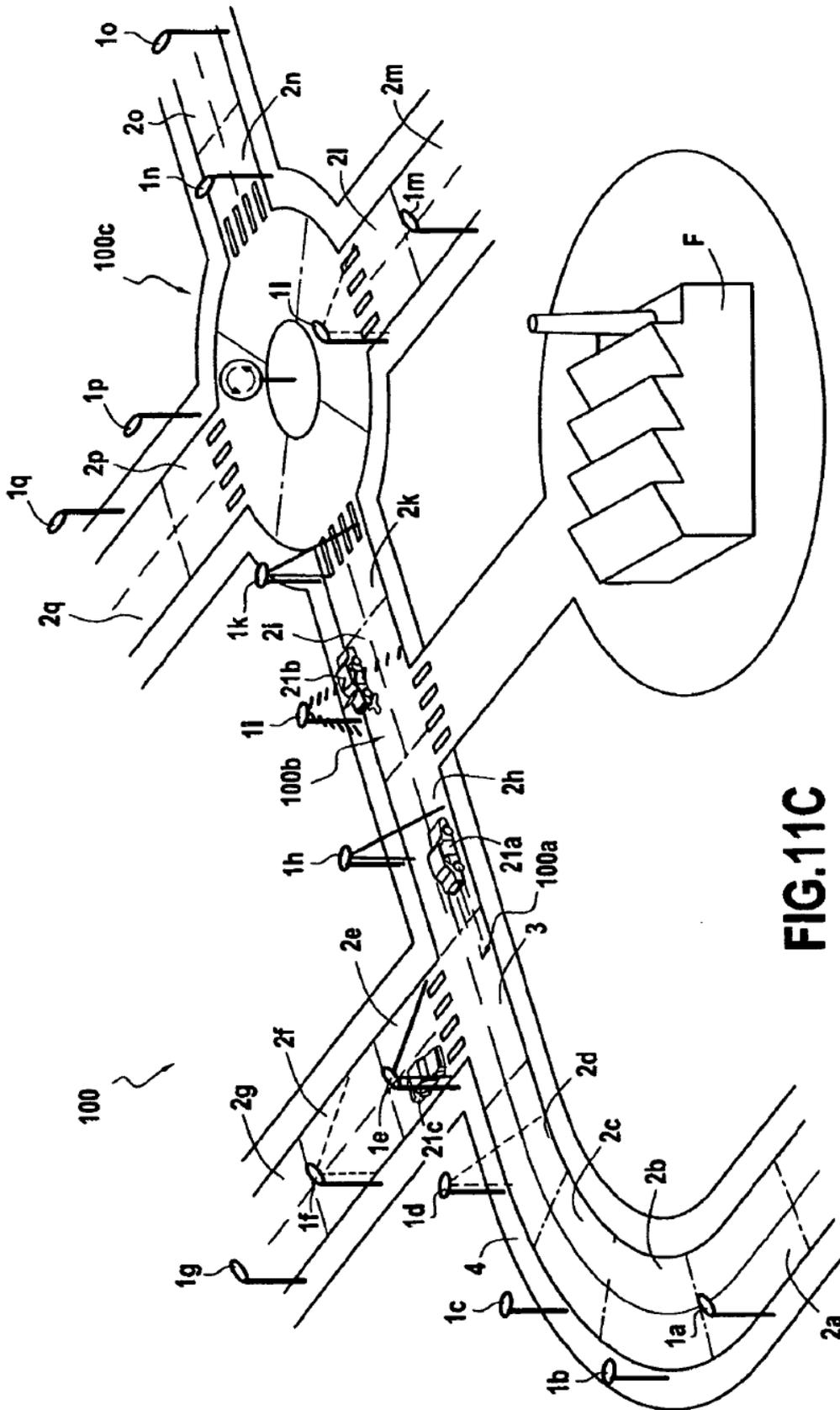


FIG.11C

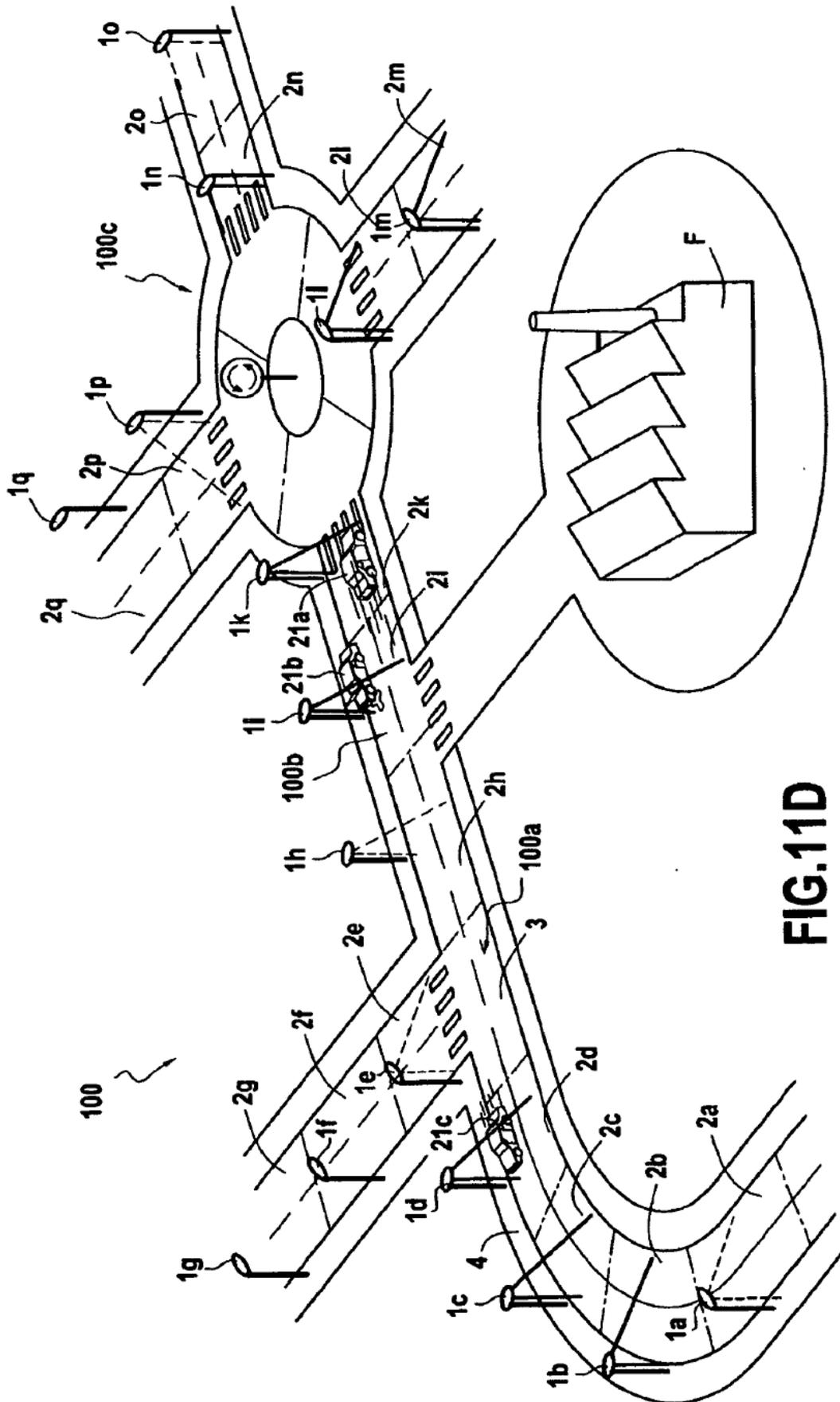
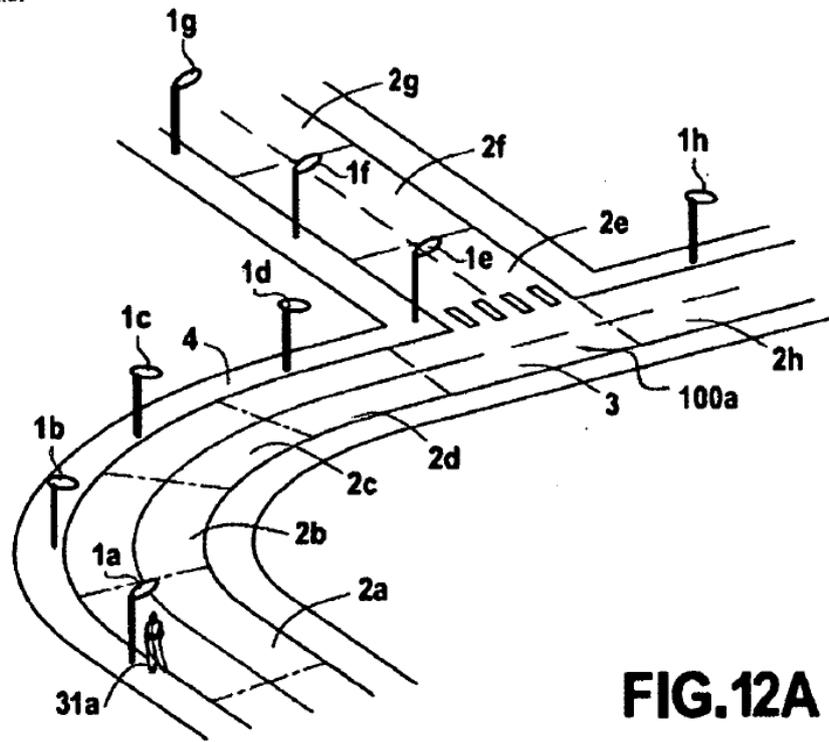


FIG.11D



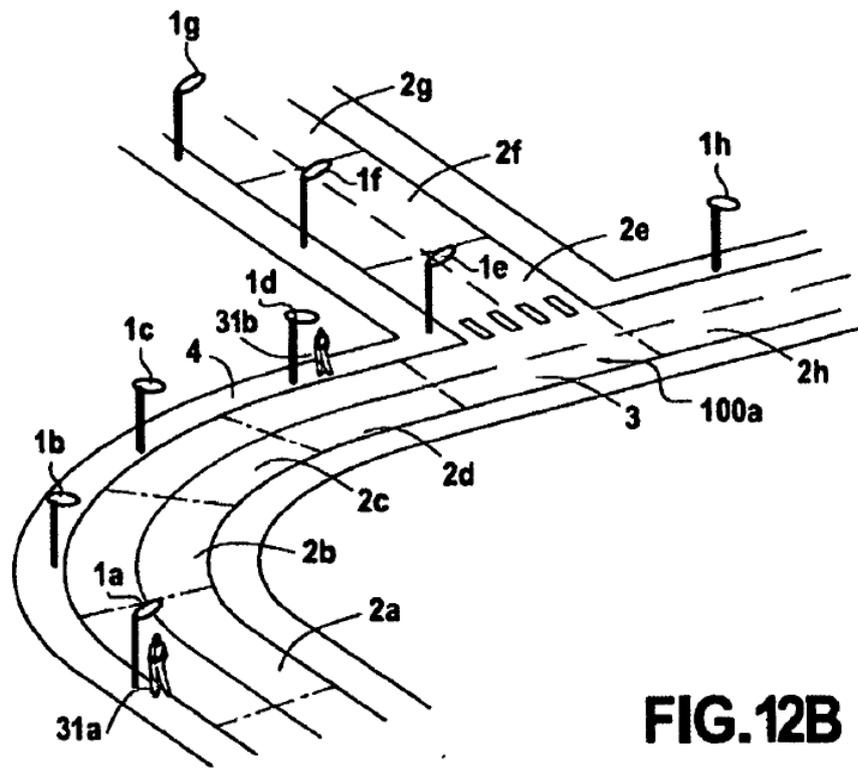


FIG.12B