

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 817 931**

51 Int. Cl.:

G07B 15/06 (2011.01)

H01Q 1/22 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

H01Q 21/06 (2006.01)

H01Q 3/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.12.2014 PCT/US2014/070971**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.08.2015 WO15126516**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.12.2014 E 14822037 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3108458**

54 Título: **Una antena de matriz con patrón de haz conformado para aplicaciones de sistemas de cobro de carreteras de peaje**

30 Prioridad:

20.02.2014 US 201414185720

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

08.04.2021

73 Titular/es:

**RAYTHEON COMPANY (100.0%)
870 Winter Street
Waltham, MA 0245-1449, US**

72 Inventor/es:

**YACCARINO, ROBERT G.;
YANG, FANGCHOU;
LIVINGSTON, STAN W.;
GEHLE, TIM y
VALDEZ, JOSE I.**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 817 931 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

Una antena de matriz con patrón de haz conformado para aplicaciones de sistemas de cobro de carreteras de peaje

5 ANTECEDENTES**5 1. Campo**

10 Uno o más aspectos de las realizaciones de acuerdo con la presente invención se refieren a sistemas de cobro de carreteras de peaje y, más particularmente, a un sistema para proporcionar un patrón de iluminación a medida para un sistema de cobro de carreteras de peaje automatizado de radiofrecuencia (RF).

2. Descripción de la técnica relacionada

15 Los sistemas de cobro de carreteras de peaje automatizados para el tráfico de vehículos de motor pueden instalarse a lo largo de una carretera, o en las entradas o salidas de una carretera, en las que se cobran peajes a los vehículos que usan la carretera. Dicho sistema puede usar interrogación por RF para leer una etiqueta sensible a RF en cada vehículo que pasa a través de una región iluminada con radiación de RF, para identificar cada vehículo y cargar un peaje correspondiente.

20 En algunas localizaciones, una carretera en la que se cobran peajes puede estar adyacente, por ejemplo, a una carretera en la que no se cobran peajes. La interrogación involuntaria de las etiquetas en los vehículos de esta última puede ocasionar que se cobren peajes cuando no se debería. Además, en algunos casos, un sistema de cobro de peajes puede no cobrar un peaje debido. Por ejemplo, un vehículo corto, como un automóvil, que sigue a un vehículo alto, como un camión grande, puede no ser iluminado adecuadamente como resultado de que el vehículo corto esté en la sombra del vehículo alto.

25 Un sistema de interrogación de RF puede incluir una antena de RF direccional montada en el centro en un arco elevado que ilumina una sección de la carretera en la que los vehículos que se acercan al arco se identifican por sus etiquetas de RF. Colocar la antena de RF a un lado de la carretera puede mitigar el problema del sombreado, pero puede exacerbar el problema de iluminar áreas en las que no se deben cargar peajes.

30 Por tanto, hay una necesidad de un sistema de interrogación de RF que ilumine la región de cobro de peaje deseada y que mitigue las sombras del vehículo. Un sistema de comunicación para vehículos se conoce por la US5.751.227. En ella se divulga un sistema de comunicación para vehículos, dicho sistema comprende una unidad de antena dispuesta sobre una carretera para establecer un área de comunicación operando a una frecuencia de oscilación especificada, un elemento de antena proporcionado dentro de la unidad de antena, dicho elemento de antena incluyendo un parche central y un parche final, una línea de transmisión que conecta el parche central y el parche final y un terminal de fuente de alimentación conectado a la línea de transmisión, una impedancia de dicho parche final como se ve desde dicho terminal de fuente de alimentación siendo más alta que la impedancia de dicho parche central como se ve desde dicho terminal de fuente alimentación, para enviar una señal de interrogación a un vehículo, y un medio de control de comunicaciones proporcionado dentro de la unidad de antena para controlar la transmisión y recibir señales en la unidad de antena. La síntesis de matrices planas muy grandes para la iluminación de huellas prescritas se conoce por ARES F ET AL, "Synthesis of Very Large Planar Arrays for Prescribed Footprint Illumination", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US (20080201), vol 2, doi:10.1109/TAP.2007.915472, ISSN 0018-926X, páginas 584-589.

SUMARIO

50 De acuerdo con la presente invención, se proporciona una antena de matriz como se define en la reivindicación 1.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

55 Las características, aspectos y realizaciones se describen junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La FIG. 1 es una vista en perspectiva de un sistema de cobro de peaje de acuerdo con una realización de la presente invención;
 La FIG. 2 es una vista superior de un sistema de cobro de peaje de acuerdo con una realización de la presente invención;
 La FIG. 3 es una vista en perspectiva de un sistema de cobro de peaje de acuerdo con otra realización de la presente invención;
 La FIG. 4 es una vista en perspectiva de una antena de matriz lineal de acuerdo con una realización de la presente invención; y
 La FIG. 5 es un diagrama de un patrón de antena deseado aproximado y de un patrón de antena realizable

de acuerdo con una realización de la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 La descripción detallada que se expone a continuación en relación con los dibujos adjuntos se pretende que sea una descripción de realizaciones ejemplares de una antena de matriz con un patrón de haz conformado para aplicaciones de sistemas de cobro de carreteras de peaje proporcionadas de acuerdo con la presente invención y no se pretende que representen las únicas formas en las que se puede construir o utilizar la presente invención. La descripción expone las características de la presente invención en relación con las realizaciones ilustradas. Sin embargo, debe entenderse que las mismas funciones y estructuras o unas equivalentes pueden lograrse mediante realizaciones diferentes que también se pretende que estén comprendidas dentro del alcance de la invención. Como se indica en otra parte en la presente, los números de elementos similares se pretende que indiquen elementos o características similares.

15 En referencia a la FIG. 1, es un objeto de una realización iluminar, para interrogación e identificación por RF, los vehículos 105, 110 que se acercan a arco 112 mientras los vehículos están dentro de una zona de cobro rectangular 115 en frente del arco 112. También es un objeto no iluminar vehículos que no están en la zona de cobro 115, como un vehículo 120 que puede estar en una rampa de salida adyacente a la zona de cobro 115. Además, un sistema de cobro puede tener una o más cámaras para fotografiar vehículos en la zona de cobro. Estas cámaras pueden estar sincronizadas con el sistema de interrogación de RF, para proporcionar una confirmación fotográfica de los vehículos identificados por el sistema de interrogación de RF. La iluminación de la carretera en sentido descendente del arco puede ser una carga para, y potencialmente confundir, al sistema, ya que los vehículos en esta región han pasado el arco y han dejado el campo de visión de las cámaras del sistema de cobro; o ya se han cobrado los peajes, o los vehículos ya no candidatos para el cobro del peaje. La iluminación de la carretera fuera de la zona de cobro 115 en el lado en sentido ascendente del arco (es decir, el lado desde el cual se aproximan los vehículos) puede o no ser perjudicial para el rendimiento del sistema.

30 Como se ilustra en la FIG. 1, una antena de RF 125 está montada en un arco 112 y desplazada 25 del centro del arco 112, proporcionando un patrón de iluminación que es suficiente para interrogar de manera fiable las etiquetas en los vehículos dentro de la zona de cobro 115, pero que proporciona un nivel suficientemente bajo de iluminación de RF fuera de la zona de cobro 115 para evitar interrogar cualquier etiqueta en un vehículo fuera de la zona de cobro 115. La antena de RF puede estar localizada a un lado u otro del centro del arco 112, o puede estar localizada bien lejos del centro, por ejemplo, más allá del borde de la carretera, o puede estar asegurada a un puntal que soporta un extremo de un miembro horizontal del arco 112. En funcionamiento, la antena 125 funciona tanto en modo de transmisión, para iluminar etiquetas, como en un modo de recepción, para recibir señales devueltas, en respuesta a ser iluminadas, por las etiquetas.

40 La FIG. 2 muestra un gráfico de contornos de iluminación de RF constante, es decir, amplitud de RF constante, superpuesta en una ilustración de una carretera que muestra dos vehículos 105, 110, para los cuales se cobrarán peajes, y dos vehículos 120, 122, para los cuales no se cobrarán peajes. En una realización, una antena 125 genera un patrón de antena con un contorno 210 de amplitud de RF constante que se aproxima a la zona de cobro 115 a una amplitud de umbral suficiente para leer una etiqueta de RF. Como resultado, los dos vehículos 105, 110, para los cuales se cobrarán los peajes, conducen a través del interior del contorno 210 dentro del cual hay suficiente iluminación de RF para leer las etiquetas de RF, y los vehículos 120, 122 para los cuales no se cobrarán peajes no lo hacen. Por tanto, puede ser ventajoso para el patrón de antena tener una ganancia que exceda un umbral sobre la zona de cobro rectangular 115, y una ganancia menor que el umbral en cada una de las dos regiones en cada lado de la zona de cobro rectangular 115, es decir, en regiones donde la filtración en carriles o carreteras adyacentes puede provocar que se carguen peajes cuando no debería hacerse.

50 En una realización, la antena 125 está instalada en un arco 112 en un extremo de la zona de cobro 115, con la orientación de la antena 125, es decir, una línea trazada a través del centro de la antena 125 y perpendicular al plano de la antena 125, dirigida por debajo de la horizontal en elevación y diagonalmente a través de la zona de cobro 115 en azimut, de tal manera que la orientación interseca el suelo en el borde de la zona de cobro 115 opuesta al arco 112. En una instalación en una zona de cobro de dos carriles 115 como se ilustra en la FIG. 2, la zona de cobro 115 puede tener 11,5824 m ("38 pies") de ancho y 21,336 m ("70") pies de largo, y la antena 125 puede instalarse en un punto a 1,2192 m ("4 pies") del borde derecho del carril derecho, con la orientación de la antena centrada en el centro del carril izquierdo, por ejemplo, a 2,8956 m ("9,5 pies") del borde izquierdo del carril izquierdo, en el punto donde el carril izquierdo cruza el borde distante del área de cobro. En otras realizaciones, las dimensiones de la zona de cobro pueden variar dependiendo, por ejemplo, de la anchura de los carriles, el número de carriles y la velocidad del tráfico. Por ejemplo, la anchura de la zona de cobro puede tener entre 30 pies y 50 pies, y la longitud puede ser de entre 18,288 m y 24,384 m ("60 pies y 80 pies").

65 En referencia a la FIG. 3, en una realización, se usan dos antenas de RF 125, 310, una a cada lado del arco 112. Estas antenas pueden instalarse a distancias aproximadamente iguales a ambos lados de la línea central de la carretera, y el patrón de antena que produce una antena puede ser una imagen especular del patrón de antena

que produce la otra antena. Debido a que cada antena ilumina la carretera desde un lado, es decir, no desde el centro del arco 112, un vehículo alto no proyectará una sombra evitando que la RF de las antenas 125, 310 ilumine un vehículo corto que sigue al vehículo alto. En otras realizaciones, una antena se instala más lejos de la línea central de la carretera que la otra, y los patrones de antena están diseñados por separado para proporcionar suficiente iluminación de RF para leer una etiqueta de RF dentro de una región que se aproxima a la zona de cobro 115 e iluminación insuficiente para leer una etiqueta de RF fuera de esta región. Ambas antenas pueden iluminar sustancialmente la misma zona de cobro 115, o pueden iluminar diferentes zonas de cobro rectangulares.

En referencia a la FIG. 4, en una realización, la antena de RF es una antena de matriz lineal con un patrón de haz conformado sintetizado adaptado a la zona de cobro 115. Los elementos de antena de matriz 410 pueden ser antenas de parche como se ilustra, u otros elementos radiantes, y la antena 125 puede incluir una cubierta resistente al agua 420. Se usa una alimentación colectiva pasiva tanto en modo de transmisión como en modo de recepción, lo que da como resultado patrones de antena de transmisión y recepción que son sustancialmente iguales. Las fases y amplitudes relativas de los elementos de antena se controlan, respectivamente, ajustando las longitudes entre la alimentación común y los elementos radiantes, y ajustando las proporciones de división en la red de alimentación colectiva. La proporción de división en una conexión en T de línea de transmisión en la red de alimentación colectiva puede ajustarse ajustando las impedancias características de los brazos de la conexión en T. En una realización, se usa una matriz que incluye ocho elementos de antena, como se ilustra en la FIG. 4; en otras realizaciones, se usan más o menos elementos. En una realización, los elementos de antena tienen un espacio de centro a centro de aproximadamente 15,24 cm ("6 pulgadas"), y la frecuencia de funcionamiento es de aproximadamente 1 GHz, de tal manera que el espacio del elemento corresponde a la mitad de la longitud de onda de la radiación. La frecuencia de funcionamiento también puede verse influenciada por restricciones reguladoras y puede ser de 915 MHz, y el espacio entre elementos puede ser de 14,732 cm ("5,8 pulgadas"). La antena de matriz puede ser una matriz unidimensional, orientada horizontalmente, como se ilustra en la FIG. 4, o una matriz bidimensional, en cuyo caso ajustar la fase y amplitud relativas de los elementos en la dirección vertical proporciona flexibilidad adicional para conformar el haz en elevación así como en azimut.

En referencia a la FIG. 5, en una realización, puede usarse una curva lineal por partes 510 como un patrón de antena de azimut deseado. Este patrón de antena deseado lineal por partes 510 no es realizable usando una antena de matriz lineal 125, pero el patrón de antena deseado lineal por partes 510 puede usarse como una guía para diseñar una antena de matriz lineal 125 que produce un patrón de antena que se aproxima al patrón de antena deseado lineal por partes 510. Este patrón de antena deseado lineal por partes 510 puede crearse seleccionando como nodos los puntos 512, 514, 516, 518, cuyos ángulos de azimut corresponden a las cuatro esquinas de la zona de cobro 115. La ganancia en cada nodo puede seleccionarse de tal manera que la potencia de RF irradiada en la dirección del nodo y en la dirección de la esquina correspondiente de la zona de cobro 115, sea proporcional al recíproco del cuadrado de la distancia desde la antena hasta la esquina de la zona de cobro 115, de tal manera que si la zona de cobro se iluminara con el patrón de antena lineal deseado por partes 510, cada esquina de la zona de cobro 115 recibirá iluminación RF con la misma irradiancia. Fuera del intervalo de ángulos entre los puntos 512 y 518, es decir, en ángulos menores que el ángulo del primer nodo, y mayores que el ángulo del cuarto nodo, la pendiente del patrón de antena deseado por partes 510 puede seleccionarse para que caiga con una pendiente que se aproxima a la pendiente realizable con una antena real, por ejemplo, a 1 dB por grado. En otras realizaciones, pueden usarse otras pendientes, por ejemplo, que varían en un 30% desde 1 dB por grado, es decir, puede usarse una pendiente que está en el intervalo de 0,7 dB por grado a 1,3 dB por grado. Entonces puede diseñarse un patrón de antena realizable, representado por la curva 520, para aproximar el patrón de antena deseado lineal por partes 510.

Una técnica de síntesis de patrones de antena denominada Orchard-Elliot puede usarse para encontrar coeficientes de amplitud y fase, o coeficientes de "alimentación", o coeficientes de "excitación", o "ponderaciones" para los elementos o "elementos radiantes" de la antena de matriz lineal, para la cual el patrón de antena de la antena de matriz lineal se aproximará al patrón de antena deseado lineal por partes 510. Como se usa en la presente, se entiende que una "ponderación" es un número complejo que representa una amplitud y una fase. Cuando la antena está transmitiendo, cada elemento radiante puede excitarse con la ponderación correspondiente. Esta técnica de síntesis se basa en el hecho de que el patrón de antena de campo lejano de una matriz lineal equiespaciada puede escribirse como una suma de términos, cada uno correspondiente a la contribución de un elemento de antena, y que esta suma puede escribirse, con un cambio de variables, como un polinomio, y reescribirse en forma factorizada, donde cada factor corresponde a una raíz compleja del polinomio. Las raíces complejas pueden moverse en el plano complejo hasta que se encuentre un patrón de antena con características satisfactorias; los factores pueden multiplicarse para volver a una forma polinómica a partir de la cual se puede determinar la ponderación para cada elemento de antena. En una realización, el uso de este método da como resultado las siguientes ponderaciones relativas para los elementos de una matriz lineal de ocho elementos:

5
10
15

| Elemento | Amplitud | Fase (grados) |
|----------|----------|---------------|
| 1 | 0.477 | -72.102 |
| 2 | 0.602 | -52.656 |
| 3 | 1 | 0 |
| 4 | 0.925 | 19.942 |
| 5 | 0.953 | 78.395 |
| 6 | 0.934 | 40.881 |
| 7 | 0.992 | -43.73 |
| 8 | 0.648 | -87.617 |

20 En una realización, el patrón de antena de matriz es conmutable, es decir, la antena de matriz contiene conmutadores para cambiar las ponderaciones de los elementos de la antena, para seleccionar una de una pluralidad de posibles configuraciones. Por ejemplo, puede fabricarse un modelo único de la antena de matriz, conmutable entre diferentes configuraciones, cada una de las cuales ilumina una zona diferente con respecto a la antena. Un instalador que instale una de tales antenas sobre una carretera puede seleccionar una localización de montaje adecuada en un arco sobre la carretera y luego, usando los conmutadores, seleccionar una configuración de antena que ilumine una región adecuada en la calzada con respecto a la localización de montaje seleccionada.

25 En otra realización relacionada, la antena puede conmutarse dinámicamente, por ejemplo, como resultado de que uno o más de los conmutadores sean controlados electrónicamente. Tal antena puede ser instalada sobre una calzada de varios carriles el uso de los cuales puede variar, por ejemplo, dependiendo de la hora del día, y un subconjunto de los carriles puede iluminarse, dependiendo del conjunto de carriles a los que se aplicarán los cargos de peaje. Por ejemplo, puede instalarse un arco en el extremo sur de una carretera de ocho carriles que llevan tráfico tanto hacia el norte como hacia el sur; por la mañana, cinco carriles pueden estar en dirección norte y tres en dirección sur, y por la tarde, cinco carriles pueden estar en dirección sur y tres en dirección norte. A los vehículos se les puede cobrar un peaje al entrar en la carretera, es decir, tanto por la mañana como por la tarde, los vehículos en los carriles hacia el norte pueden estar sujetos a cargos de peaje. En este caso, la antena puede manejarse en una primera configuración en la que los cinco carriles hacia el norte están iluminados por la mañana, y cambiarse a una segunda configuración, en la que solo los tres carriles hacia el norte están iluminados, por la tarde.

40 Aunque se han descrito e ilustrado específicamente en la presente realizaciones limitadas de una antena de matriz con un patrón de haz conformado para aplicaciones de sistemas de cobro de carreteras de peaje, para los expertos en la técnica serán evidentes muchas modificaciones y variaciones. Por consiguiente, debe entenderse que la antena de matriz con un patrón de haz conformado para aplicaciones de sistemas de cobro de peajes de carretera empleadas de acuerdo con los principios de esta invención pueden realizarse de forma distinta a la descrita específicamente en la presente. La invención también se define en las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una antena de matriz (125) para el cobro de peaje sobre una primera zona rectangular, la antena comprendiendo:

5 una pluralidad de elementos (410); y
 una red de alimentación operativamente acoplada a la pluralidad de elementos;
 caracterizada porque los elementos y la red de alimentación están configurados para formar un primer patrón
 de antena de transmisión asimétrico (520) y un primer patrón de antena de recepción asimétrico, el primer
 10 patrón de antena de transmisión siendo asimétrico en azimut siendo sustancialmente igual al primer patrón de
 antena de recepción, y el primer patrón de antena de transmisión teniendo una ganancia que excede un
 umbral sobre la primera zona rectangular, y una ganancia menor que el umbral en una región fuera de la
 primera zona rectangular, en donde cada uno de los elementos está asociado con una ponderación compleja,
 en donde cada ponderación compleja es sustancialmente igual a una ponderación compleja correspondiente
 15 producida por una técnica de síntesis de Orchard-Elliot ejecutada con un primer patrón de antena deseado
 lineal por partes.

2. La antena de matriz de la reivindicación 1, en la que el primer patrón de antena deseado lineal por partes tiene
 cuatro nodos, cada uno de los cuatro nodos correspondiendo a una esquina de la primera zona rectangular.

20 3. La antena de matriz de la reivindicación 2, en la que la ganancia del primer patrón de antena deseado lineal por
 partes en cada uno de los nodos es proporcional al recíproco del cuadrado de la distancia desde la antena de matriz
 a la esquina correspondiente de la primera zona rectangular.

25 4. La antena de matriz de la reivindicación 2, en la que el primer patrón de antena deseado lineal por partes cae con
 una primera pendiente constante, en decibelios (dB) por grado, en ángulos de azimut menores que el ángulo de
 azimut de un primer nodo y el primer patrón de antena deseado lineal por partes cae con una segunda pendiente
 constante, en dB por grado, en ángulos de azimut que exceden el ángulo de azimut un cuarto nodo.

30 5. La antena de matriz de la reivindicación 1, en la que la primera zona rectangular tiene una longitud entre 18,288 y
 24,384 m ("60 y 80 pies"), y una anchura entre 9,144 y 15,24 m ("30 pies y 50 pies").

35 6. La antena de matriz de la reivindicación 5, en la que la primera zona rectangular es horizontal, y la antena de
 matriz está localizada por encima de un borde corto de la primera zona rectangular, en un punto entre 0,3048 y
 3,0248 m ("1 pie y 10 pies") desde un borde largo del primera zona rectangular.

40 7. La antena de matriz de la reivindicación 6, en la que la antena matriz comprende 8 elementos; y en donde cada
 uno de los 8 elementos está asociado con una ponderación compleja, las ponderaciones complejas teniendo
 sustancialmente las siguientes amplitudes y fases relativas, respectivamente:

| Número de elemento | Amplitud | Fase (grados) |
|--------------------|----------|---------------|
| 1 | 0.477 | -72.102 |
| 2 | 0.602 | -52.656 |
| 3 | 1 | 0 |
| 4 | 0.925 | 19.942 |
| 5 | 0.953 | 78.395 |
| 6 | 0.934 | 40.881 |
| 7 | 0.992 | -43.73 |
| 8 | 0.648 | -87.617 |

45 8. La antena de matriz de la reivindicación 1, que comprende uno o más conmutadores configurados para cambiar
 entre una primera configuración y una segunda configuración, en donde:

60 en la primera configuración, los elementos y la red de alimentación están configurados para formar un primer
 patrón de antena de transmisión asimétrico y un primer patrón de antena de recepción asimétrico, siendo el
 primer patrón de antena de transmisión sustancialmente igual al primer patrón de antena de recepción, el
 primer patrón de antena de transmisión teniendo una ganancia que excede un umbral sobre la primera zona
 rectangular, y una ganancia menor que el umbral en una región fuera de la primera zona rectangular; y
 65 en la segunda configuración, los elementos y la red de alimentación están configurados para formar un

- 5 segundo patrón de antena de transmisión asimétrico y un segundo patrón de antena de recepción asimétrico, el segundo patrón de antena de transmisión siendo sustancialmente igual al segundo patrón de antena de recepción, el segundo patrón de antena de transmisión teniendo una ganancia que excede el umbral sobre una segunda zona rectangular, y una ganancia menor que el umbral en una región fuera de la segunda zona rectangular.
- 10 **9.** Un sistema de cobro de peajes, que comprende un arco instalado sobre una carretera y una primera antena de matriz, la primera antena de matriz siendo una antena de matriz de acuerdo con la reivindicación 1.
- 15 **10.** El sistema de la reivindicación 9, en el que la primera antena de matriz comprende uno o más conmutadores configurados para cambiar entre una primera configuración y una segunda configuración, en donde:
- 20 en la primera configuración, los elementos y la red de alimentación están configurados para formar un primer patrón de antena de transmisión asimétrico y un primer patrón de antena de recepción asimétrico, siendo el primer patrón de antena de transmisión sustancialmente igual al primer patrón de antena de recepción, el primer patrón de antena de transmisión teniendo una ganancia que excede un umbral sobre la primera zona rectangular, y una ganancia menor que el umbral en una región fuera de la primera zona rectangular; y en la segunda configuración, los elementos y la red de alimentación están configurados para formar un
- 25 **11.** El sistema de la reivindicación 10, en el que la carretera comprende un conjunto de carriles paralelos, la primera zona rectangular incluye un primer subconjunto del conjunto de carriles paralelos, los carriles en el primer subconjunto siendo contiguos, y la segunda zona rectangular incluye un segundo subconjunto del conjunto de carriles paralelos, los carriles en el segundo subconjunto siendo contiguos; y
- 30 en donde uno del uno o más conmutadores es un conmutador controlado electrónicamente, y el sistema está configurado para cambiar electrónicamente para seleccionar:
- 35 la primera configuración cuando el primer subconjunto del conjunto de carriles paralelos está configurado para llevar tráfico de vehículos sujeto a cargos de peaje; y la segunda configuración cuando el segundo subconjunto del conjunto de carriles paralelos está configurado para llevar tráfico de vehículos sujeto a cargos de peaje.
- 12.** Un sistema para el cobro de peajes, que comprende:
- 40 un arco instalado sobre una carretera;
una primera antena de matriz de acuerdo con la reivindicación 1, asegurada al arco; y
una segunda antena de matriz de acuerdo con la reivindicación 1, asegurada al arco.
- 45 **13.** El sistema de la reivindicación 12, en el que la primera zona rectangular de la primera antena de matriz es la misma zona rectangular que la primera zona rectangular de la segunda antena de matriz.

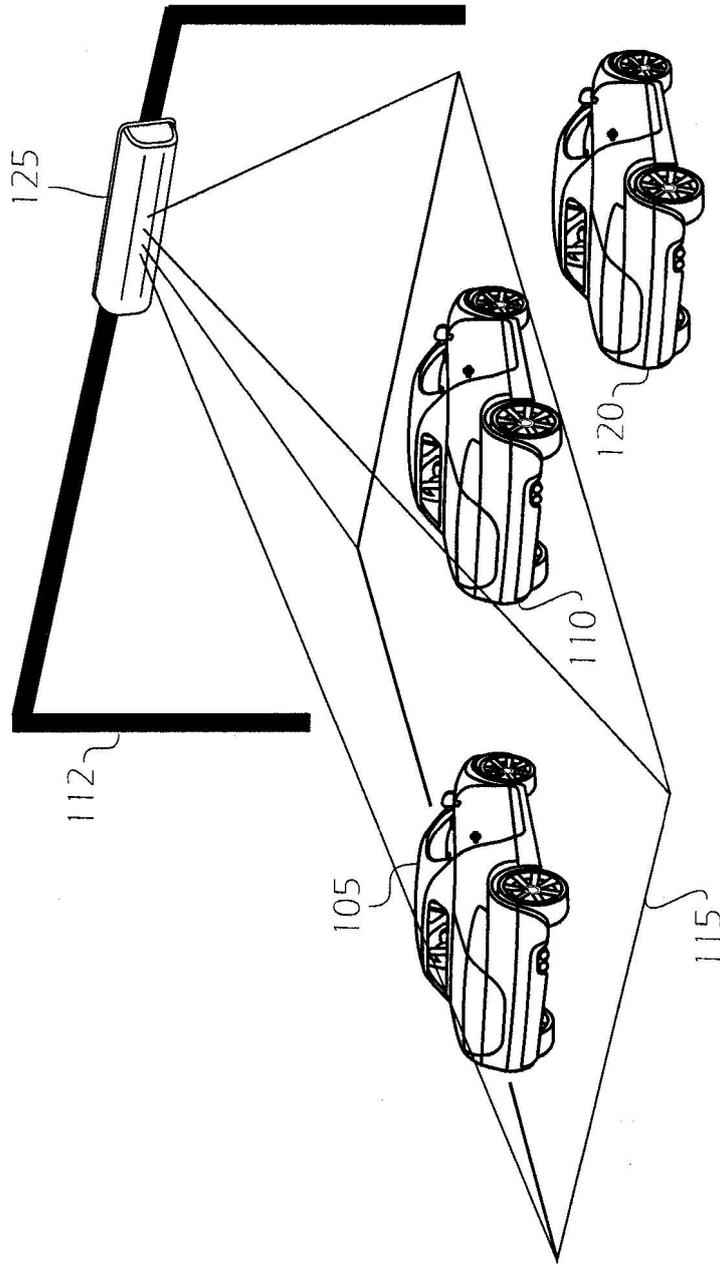


FIG. 1

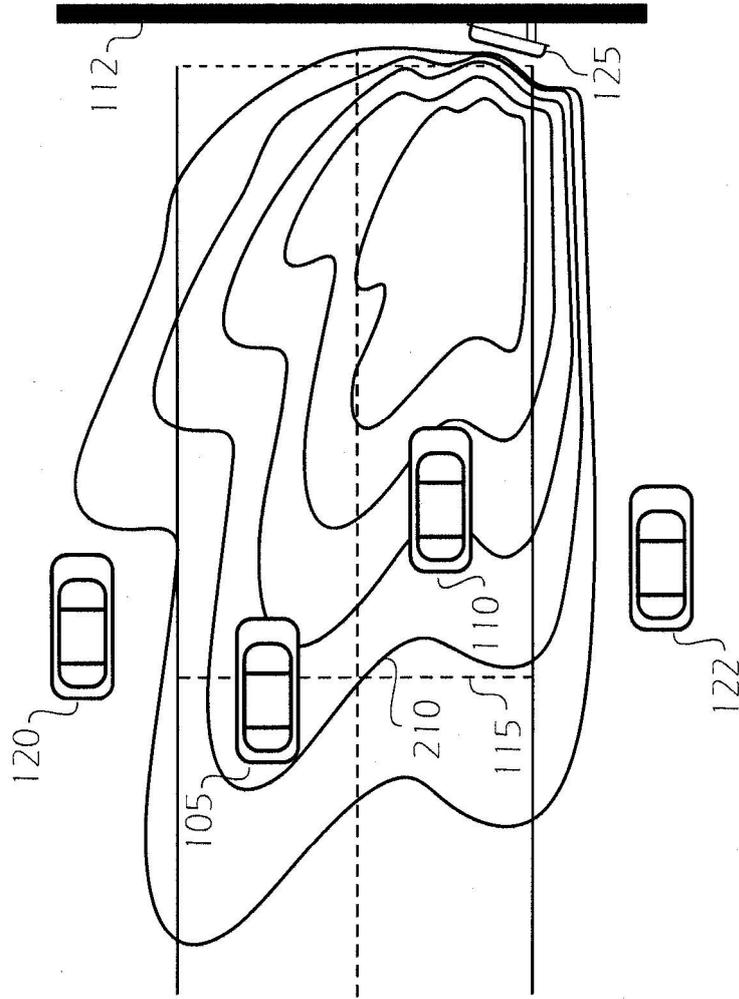


FIG. 2

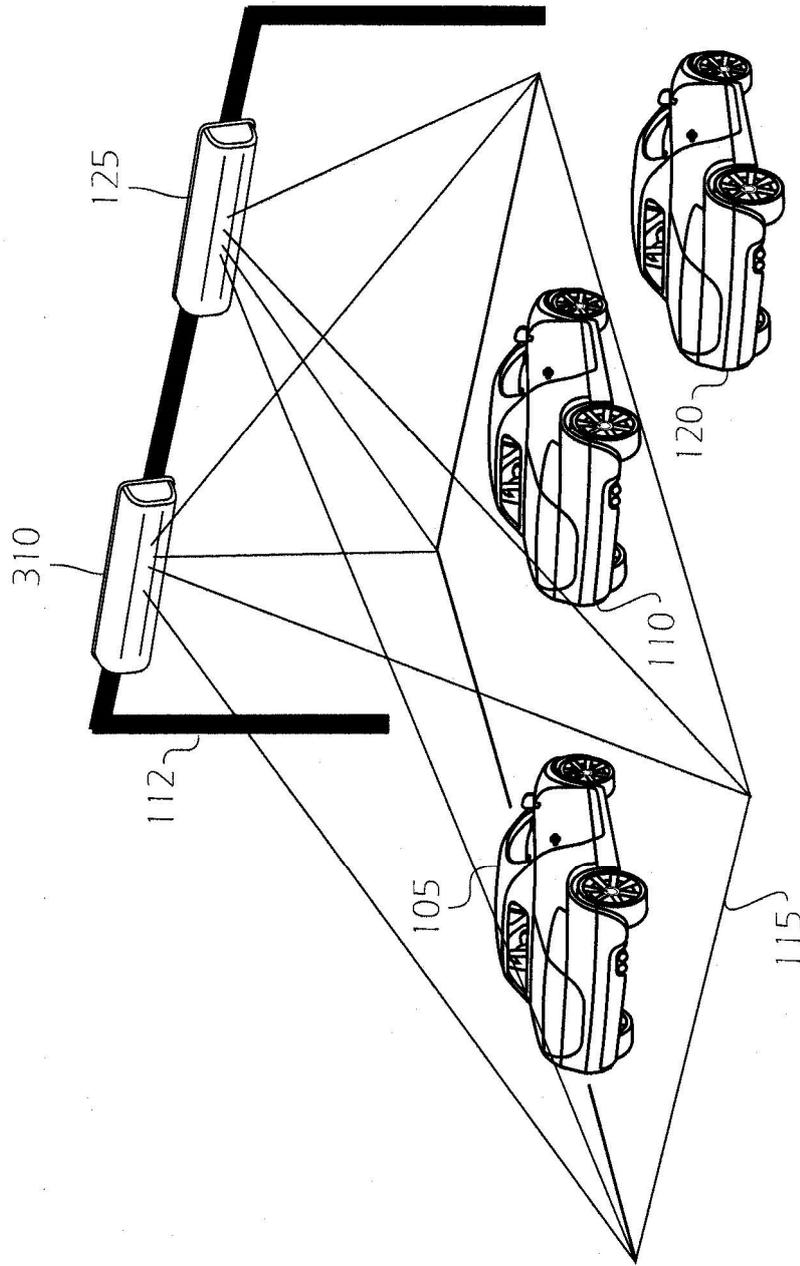


FIG. 3

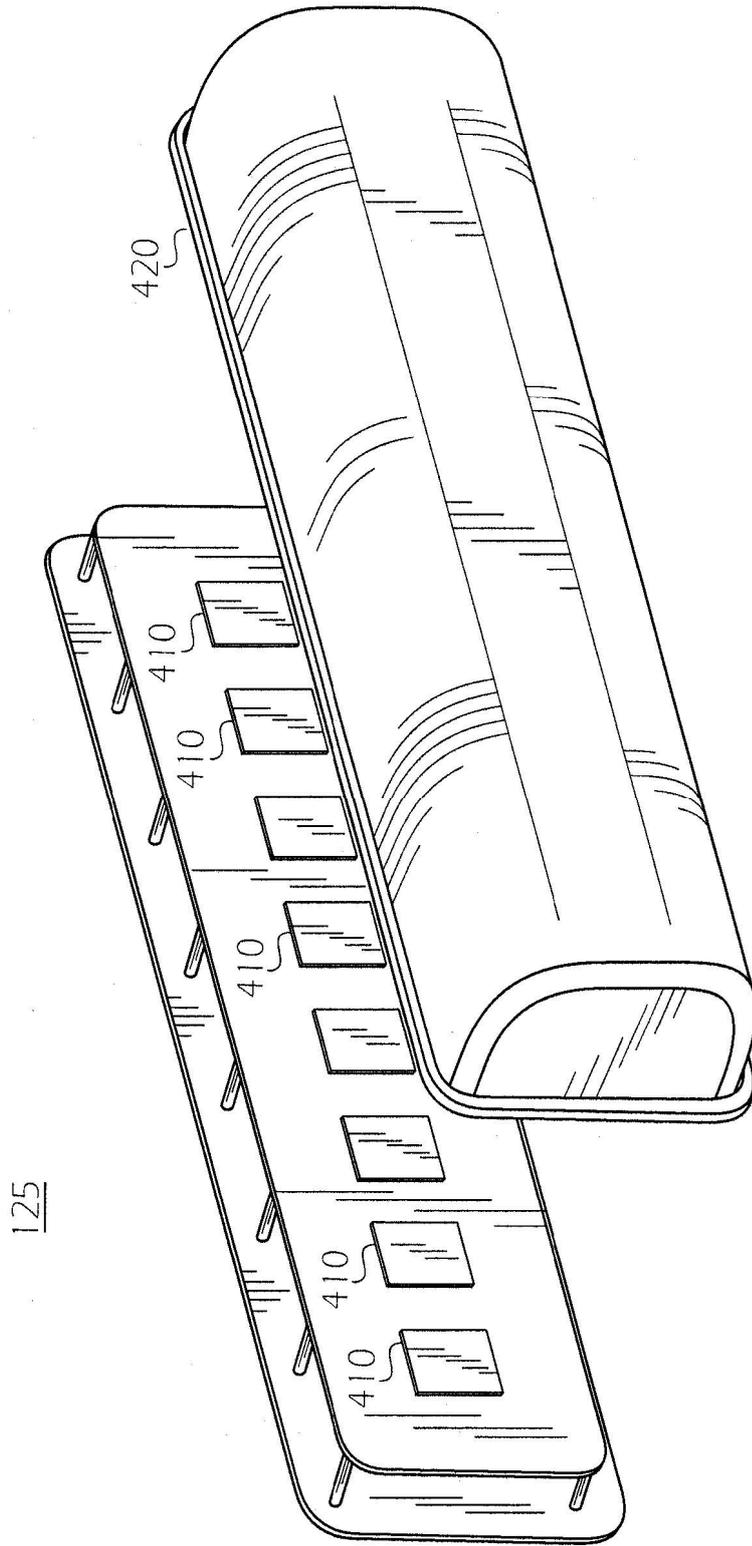


FIG. 4

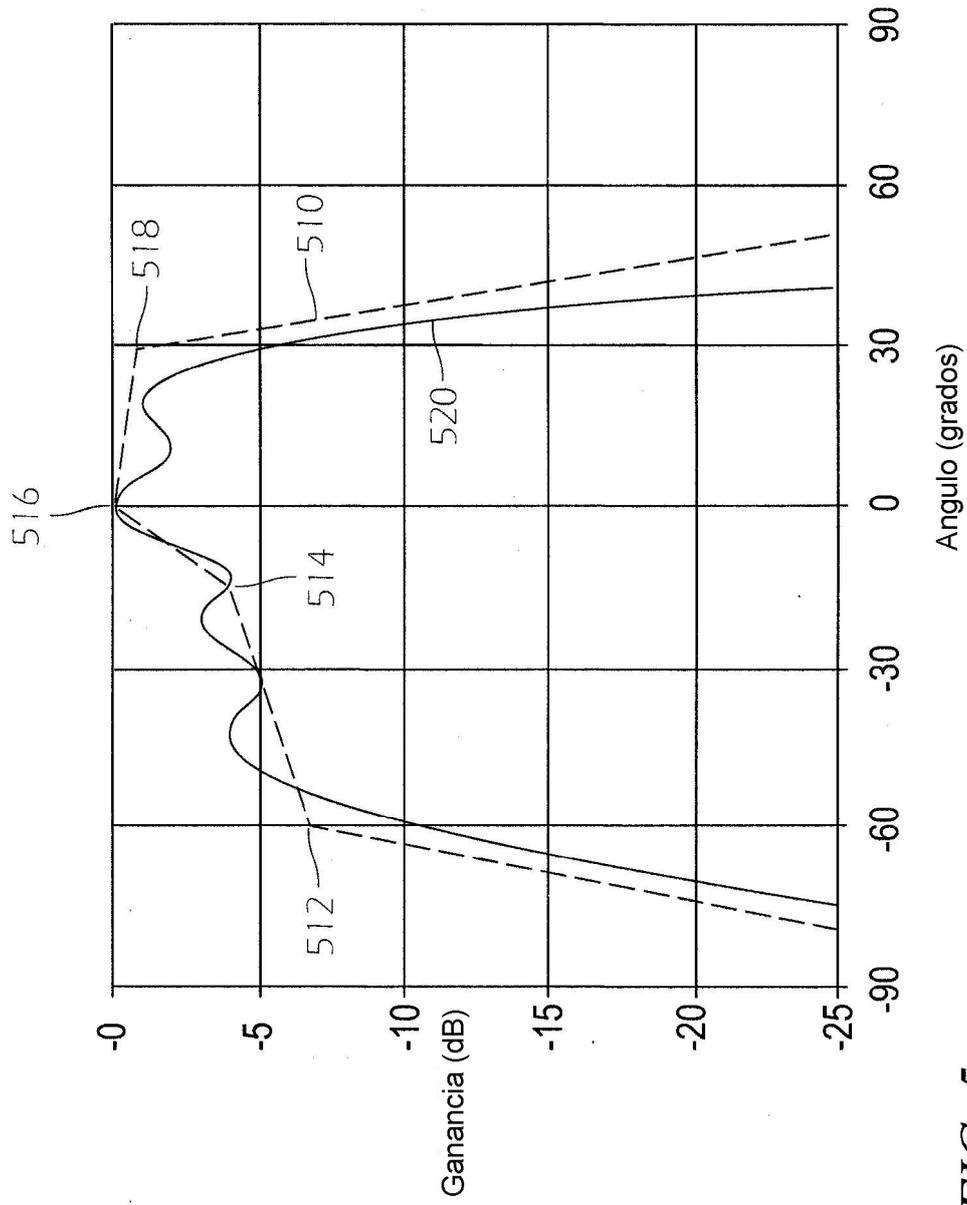


FIG. 5