



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 267 728**

(51) Int. Cl.:
G08G 1/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **01913107 .7**

(86) Fecha de presentación : **28.02.2001**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1269445**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2003**

(54) Título: **Un sistema y método para evitar colisiones de vehículos en intersecciones.**

(30) Prioridad: **29.02.2000 US 185748 P**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2007

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2007

(73) Titular/es: **Calspan Corporation**
4455 Genesee Street
Buffalo, New York 14225, US

(72) Inventor/es: **Jacoy, Edward, H.;**
Knight, James, R.;
Leney, Thomas, F.;
Pirson, Herbert, A. y
Pierowicz, John, A.

(74) Agente: **Ungría López, Javier**

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

Un sistema y método para evitar colisiones de vehículos en intersecciones.

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un sistema y método de evitar colisiones de vehículos en intersecciones. Más
10 específicamente, la presente invención se refiere a detectar la presencia de un vehículo amenaza que se aproxima a la misma intersección que el vehículo sujeto.

2. Explicación de la información sobre antecedentes

15 Las intersecciones de carreteras son zonas de conflicto potencial que incrementan la exposición al peligro para vehículos que intentan pasar a través de estas posiciones. La naturaleza variable de las configuraciones de intersección y el número de vehículos que se aproximan y pasa por estos lugares da lugar a una amplia gama de situaciones de choque. Las estimaciones preliminares realizadas por la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en Carretera (NHTSA) indican que los accidentes en cruces que se producen en intersecciones representan aproximadamente 26
20 por ciento de todos los accidentes comunicados a la policía cada año, aproximadamente 1,7 millones de accidentes por año. La consideración de los accidentes de este tipo no comunicados a la policía eleva el número total de accidentes en cruces a aproximadamente 3,7 millones al año. Estos accidentes se pueden clasificar en cuatro situaciones (desde la perspectiva de un vehículo que inicia los casos de accidente).

25 La figura 1 indica la primera situación. Un vehículo en cuestión 100 no tiene que parar, no hay infracción de un dispositivo de control de tráfico, y el vehículo en cuestión 100 está disminuyendo la velocidad o parado en un carril de tráfico. El vehículo en cuestión 100 es posible que tenga que ceder el paso, pero no parar, de forma que no hay infracción del dispositivo de control. La mayor parte de estos casos implica un vehículo en cuestión 100 que se acerca a una señal de tráfico que está en verde, mientras que los casos restantes implican intersecciones en las que la dirección
30 de marcha del vehículo en cuestión 100 no es controlada por un dispositivo de control de tráfico. El choque se produce cuando el vehículo en cuestión 100 intenta girar a la izquierda cruzándose a un vehículo de amenaza que se aproxima (POV) 102. Típicamente, el vehículo en cuestión 100 está disminuyendo la velocidad o parado en el carril de tráfico.

La segunda situación se indica en la figura 2. En este caso el vehículo en cuestión 100 tiene que parar porque
35 así lo exige un dispositivo de control de tráfico, para de conformidad con el dispositivo de control, y prosigue a la intersección. Casi todos los casos de esta categoría son intersecciones controladas por señales de parada a lo largo de la calzada por la que avanza el vehículo en cuestión 100. Ningún control de tráfico está presente en la calzada por la que va otro vehículo 102. El choque se produce cuando el vehículo en cuestión 100 intenta atravesar la intersección o llevar a cabo una giro a la izquierda en la calzada por la que va el vehículo de amenaza 102.

40 La figura 3 indica la tercera situación. Aunque el vehículo en cuestión 100 tiene que parar como exige un dispositivo de control de tráfico, el dispositivo en cuestión 100 entra en la intersección sin parar (en infracción de lo indicado por el dispositivo de control de tráfico). En la mayoría de estos casos el vehículo en cuestión 100 sigue recto (es decir, no gira).

45 La cuarta situación se indica en la figura 4. En este caso, el vehículo en cuestión 100 se aproxima a una intersección controlada por una señal que está en rojo. El vehículo en cuestión 100 para, y luego entra en la intersección antes de que la señal se ponga verde.

50 Varios sistemas, como el sistema de prevención de colisión de VORAD, y el Stability Enhancement System de Mercedes Benz, ilustran la posibilidad de detectar las situaciones de colisión, y de controlar la estabilidad del vehículo durante una maniobra de prevención de colisión. La aplicación de estas y otras tecnologías actuales es parte de un programa para revolucionar la seguridad del transporte. Este programa, llamado en general Sistemas de Transporte Inteligentes (ITS), trata de integrar sensores y equipo de procesamiento en automóviles para incrementar su seguridad
55 y utilidad. Sin embargo, estos sistemas se aplican principalmente a colisiones por detrás y por cambio de carril, y no proporcionan una prevención exhaustiva de las colisiones en intersección.

FR-A-2562694 describe un sistema para facilitar la conducción de vehículos por el que se disponen medios para detectar la presencia y/o velocidad de vehículos en las esquinas de una intersección. Las señales detectadas se utilizan
60 para determinar si un vehículo está cumpliendo las normas de tráfico (por ejemplo, parará con luz roja) o no, comparando los resultados de la detección con situaciones típicas almacenadas en memoria. Se transmite una señal de aviso al vehículo infractor y a otros vehículos que puedan estar en peligro, mediante sistemas de recepción montados en cada vehículo.

65 Tal sistema tiene varios inconvenientes principales. En primer lugar, la capacidad del sistema se limita a situaciones que corresponden a los ejemplos guardados en su memoria. Aunque un vehículo no cumpla con las normas de tráfico o las expectativas, puede no suponer una amenaza para otros vehículos. Sin embargo, si las señales detectadas no corresponden a una de las situaciones predeterminadas, el sistema no tiene más alternativa que emitir una señal de

aviso, dando lugar a numerosas alarmas falsas. En segundo lugar, el sistema se debe adaptar individualmente a las cruces en cuestión, lo que depende de la configuración de la carretera e intensidad de tráfico típica. Instalar tal sistema en cada intersección sería sumamente costoso e inviable.

- 5 EP-A-0464821 ofrece otro ejemplo de una aplicación ITS en la que un vehículo es multado por un sistema de radar que está adaptado para identificar obstáculos y representar la carretera delante del vehículo. Sin embargo, nada se dice de la prevención de colisiones en las intersecciones.

Resumen de la invención

10

La presente invención proporciona un método y sistema para evitar colisiones en intersecciones entre un vehículo sujeto y otros vehículos de una manera que supera los inconvenientes de la técnica anterior.

- 15 Según la presente invención, un método para que un vehículo sujeto evite colisiones incluye explorar al menos un carril que conduce a una intersección, detectar la presencia de un vehículo amenaza en el al menos único carril; y emitir una señal de aviso, caracterizado por predecir si el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán la intersección al mismo tiempo, y porque la señal de aviso se emite en respuesta a dicha predicción. Igualmente, se facilita un dispositivo de prevención de colisiones para evitar la colisión de un vehículo sujeto incluyendo al menos una unidad de radar configurada para explorar al menos un carril que conduce a una intersección, una unidad de procesamiento adaptada para
20 procesar datos recibidos por la al menos única unidad de radar para detectar la presencia de un vehículo amenaza en el al menos único carril; y una interface adaptada para emitir un aviso, caracterizado porque la unidad de procesamiento está adaptada además para predecir si el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán la intersección al mismo tiempo y porque la interface emite la señal de aviso en respuesta a dicha predicción.

- 25 Preferiblemente, hay una exploración separada de sectores izquierdo, derecho y delantero del vehículo sujeto en respuesta a que el vehículo sujeto entra dentro de una distancia predeterminada de una intersección. Se detecta la presencia de un vehículo amenaza en el al menos único carril. Al mismo tiempo se predice si el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán la intersección. Se emite una señal de aviso en respuesta a la predicción.

- 30 Preferiblemente, el método incluye además almacenar un mapa en una base de datos, incluyendo el mapa al menos una intersección con un dispositivo de control del tráfico. Se reciben datos de coordenadas que reflejan una posición del vehículo sujeto. Se determina si el vehículo sujeto entrará en una intersección de la al menos única intersección no respetando lo indicado en un dispositivo de control del tráfico asociado. Se emite una señal de aviso a un conductor del vehículo sujeto en respuesta a una determinación de que el vehículo sujeto entrará en una intersección de la al
35 menos única intersección no respetando lo indicado en un dispositivo de control del tráfico asociado. Se explora una zona alrededor de la intersección. Se identifican los vehículos amenaza en la zona explorada. Se predice si el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán la intersección al mismo tiempo. Se emite una señal de aviso al conductor del vehículo sujeto en respuesta a una predicción de que el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán la intersección al mismo tiempo. Se determina si las condiciones predominantes indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección. El aviso a un conductor del vehículo sujeto se inhabilita en respuesta a una predicción cuando las condiciones predominantes indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección.

- 40 Preferiblemente, el dispositivo de prevención de colisiones incluye antenas de radar izquierda, derecha y central montadas en el vehículo. Un controlador está programado para oscilar las antenas de radar izquierda y derecha alrededor de un ángulo predeterminado con relación a puntos de control izquierdo y derecho respectivamente, representando los puntos de control posiciones en carriles izquierdo y derecho que desembocan en una intersección. El controlador también está programado para alejar los puntos de control izquierdo y derecho de la intersección cuando el vehículo sujeto se aproxima a la intersección.

- 50 Preferiblemente, también se facilita una base de datos de mapas, donde un mapa en la base de datos incluye una intersección. Un rastreador es capaz de distinguir un vehículo amenaza que se aproxima a la intersección de otros objetos detectados por las antenas de radar izquierda, derecha y central. Un controlador es capaz de determinar si el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán una intersección al mismo tiempo. El controlador está programado para emitir una señal de aviso en respuesta a si el vehículo sujeto y el vehículo amenaza ocuparán una intersección
55 al mismo tiempo y cuando las condiciones predominantes no indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección.

- Otras realizaciones ejemplares y ventajas de la presente invención se pueden conocer revisando la presente descripción y los dibujos acompañantes.

60

Breve descripción de los dibujos

- La presente invención se describe mejor en la descripción detallada siguiente, con referencia a los múltiples dibujos indicados a modo de elementos no limitativos de algunas realizaciones de la presente invención, en las que números
65 análogos representan elementos análogos en las varias vistas de los dibujos, y donde:

Las figuras 1-4 ilustran situaciones de choque.

Las figuras 5-8 ilustran las causas de las situaciones de choque de las figuras 1-4.

La figura 9 ilustra la arquitectura de la realización preferida del sistema de contramedidas de la presente invención.

La figura 10 ilustra el intercambio de datos entre los componentes de la realización de la figura 9.

La figura 11 ilustra el algoritmo para la realización de la figura 9.

Las figuras 12-15 ilustran el recorrido del algoritmo de la figura 11 para las situaciones de choque de las figuras 1-4, respectivamente.

La figura 16 ilustra una arquitectura de sistema de una realización preferida de la invención.

La figura 17 ilustra una intersección ortogonal de cuatro carreteras de dos carriles.

La figura 18 ilustra una unidad de radar de la realización preferida de la invención.

La figura 19 ilustra una situación en tiempo real cuando un vehículo sujeto encuentra intersecciones a lo largo de una ruta que ha sido digitalizada en mapa GIS según la realización preferida de la invención.

La figura 20 ilustra cambios en el rango del ángulo de exploración según la realización preferida de la invención cuando un vehículo sujeto se aproxima a una intersección ortogonal.

La figura 21 ilustra el proceso de rastreo de la realización preferida de la invención de otros vehículos que se están aproximando a la misma intersección que el vehículo sujeto.

La figura 22 ilustra diferentes situaciones posibles para falsas alarmas de colisión.

Y la figura 23 ilustra límites en torno a una intersección para habilitar/inhabilitar señales de aviso.

La figura 24 ilustra la manera en que la base de datos de mapas 206 representa una intersección.

Descripción detallada de la realización ejemplar

Los detalles aquí mostrados son a modo de ejemplo y a efectos de ilustrar la explicación de las realizaciones de la presente invención solamente y se presentan con el fin de proporcionar lo que se considera la descripción más útil y fácilmente inteligible de los principios y aspectos conceptuales de la presente invención. A este respecto, no se intenta mostrar detalles estructurales de la presente invención con más detalle del necesario para la comprensión fundamental de la presente invención, aclarando la descripción tomada con los dibujos a los expertos en la materia cómo las varias formas de la presente invención se pueden llevar a la práctica.

A. Visión general del sistema

Los grupos de situaciones antes indicados presentan factores comunes que permiten evitar choques mediante aplicación de conjuntos de objetivos funcionales similares. Antes de discutir la contramedida desarrollada para estas situaciones, es beneficioso revisar la situación dinámica asociada con cada una de estas situaciones, todas las cuales se centran solamente en las acciones del vehículo sujeto 100.

La situación número 1 es distinta de otras situaciones debido a que el vehículo sujeto 100 efectúa un giro a la izquierda atravesándose al vehículo amenaza 102. La mayoría de los casos correspondientes a esta situación tienen lugar en intersecciones controladas por señales de tráfico en fases, mientras que el resto tiene lugar en intersecciones sin controles de tráfico. La figura 5 ilustra las características de choque pertinentes a esta situación. En todos los casos, el vehículo sujeto 100 está decelerando o parado en el carril de tráfico mientras espera efectuar un giro a la izquierda.

Varios factores pueden producir este tipo de choque. Más del 90 por ciento se debe a percepción defectuosa: Miró, no vio (26,5 por ciento), Intentó adelantar al otro vehículo (24,9 por ciento), Visibilidad obstruida/mala (20,7 por ciento), y Descuido del conductor (17,9 por ciento). El factor en cada caso es que el vehículo sujeto 100 intentar realizar un giro a la izquierda cruzándose en el recorrido de un vehículo con inadecuada distancia entre vehículos. Una contramedida apropiada es dar al conductor de vehículo sujeto 100 un aviso de una distancia inadecuada antes de que el conductor realice el giro.

La situación número 2 se distingue por el movimiento de vehículo sujeto 100. En esta situación, el vehículo sujeto 100 se detiene cumpliendo lo indicado por el dispositivo de control del tráfico y a continuación entra de forma prematura en la intersección. Se produce una colisión cuando el vehículo sujeto 100 intenta efectuar un giro o sigue recto a través de la intersección. La figura 6 ilustra la distribución de características asociadas con esta situación. Como en la situación número 1, el conductor entra en la intersección con una distancia inadecuada de un vehículo a otro. Aunque la geometría de la situación es diferente debido al recorrido perpendicular de los vehículos en esta situación,

el factor subyacente es el mismo. Una contramedida apropiada es explorar los carriles perpendiculares, y dar un aviso de los vehículos que se aproximan.

En la situación número 3, el vehículo sujeto 100 cruza una intersección no respetando lo indicado en un dispositivo de control de tráfico. La figura 7 ilustra las características asociadas con esta situación. En la mayoría de los casos, el vehículo sujeto 100 atraviesa la intersección siguiendo un recorrido recto. Esta maniobra influye en la velocidad a la que el vehículo se aproxima a la intersección, (por ejemplo, cuando el vehículo sujeto 100 está realizando un giro, el conductor suele disminuir la marcha y después realiza el giro). Una excepción a esta circunstancia es cuando el vehículo sujeto 100 se está desplazando a baja velocidad y el conductor considera que es seguro realizar el giro a su velocidad actual. A diferencia de las situaciones números 1 y 2, esta situación de choque se puede mitigar dando al conductor un aviso de la posible infracción del control de tráfico. Una contramedida proporcionaría esta información al conductor a tiempo para que el conductor reaccione a la intersección inminente.

La situación número 4 se distingue porque el conductor de vehículo sujeto 100 para en respuesta a una señal de tráfico que aparece en rojo, entrando después en la intersección antes de que la luz se ponga verde. La figura 8 ilustra la distribución de características de choque. En todos los casos relativos a esta situación, el conductor no está atento a la conducción y no observa la fase de la señal.

La presente invención proporciona un sistema de contramedidas en intersecciones 1000, que incluye preferiblemente cuatro subsistemas; un sistema de detección de amenaza 110, un sistema GIS/GPS 112, una interface conductor vehículo 114, y una unidad central de procesamiento (CPU) 116. La figura 9 representa la arquitectura del sistema de contramedidas 1000.

El sistema de detección de amenaza 110 utiliza unidades de radar de ondas milimétricas para adquirir datos acerca de vehículos que se aproximan a la intersección, preferiblemente tres unidades de radar VORAD EVT-200 que operan a 24 GHz. Las unidades de radar se modifican en fábrica para proporcionar datos de distancia y de velocidad de variación de la distancia a la CPU 116 a través de un enlace RS-232. Las antenas de radar están montadas en plataformas de exploración movidas por engranajes motorizados para apuntarlas a zonas específicas de la intersección cuando el vehículo se aproxima a la intersección. El controlador proporciona datos de posición angular. La plataforma de exploración está diseñada para que la antena se pueda colocar, mediante control por ordenador, en las vías adyacentes de la intersección a la que el vehículo se está aproximando. Se utilizan preferiblemente tres plataformas de exploración; dos en el techo del vehículo para supervisar la carretera no paralela y una unidad de observación delantera para supervisar la carretera paralela. Se utiliza preferentemente electrónica VORAD estándar en el sistema de detección de amenaza 110 para procesar los datos procedentes de las antenas para proporcionar datos resultantes de la distancia y de la velocidad de variación de la distancia con respecto a los blancos más cercanos dentro del alcance máximo del radar. Un rastreador utiliza datos de radar, en unión con información sobre la intersección proporcionada por una base de datos de mapas de a bordo, para determinar si el vehículo sujeto 100 ocupará la intersección al mismo tiempo que los vehículos en cruces, o recorridos de dirección paralelos, que se aproximan a la intersección.

El Sistema de Información Geográfica/Sistema de Posición Global (GIS/GPS) 112 incluye preferiblemente un receptor GPS, un receptor de corrección diferencial, y una base de datos de mapas GIS a bordo. El sistema usa información de posición diferencialmente corregida proporcionada por la red GPS global para situar el vehículo sujeto 100 en una carretera específica identificada en la base de datos de mapas. La base de datos de mapas contiene información acerca de la ubicación de las intersecciones, en las carreteras. Esta base de datos de mapas la suministra preferiblemente Navigation Technologies, Inc. (NavTech), e incluye detalles de carreteras e intersecciones (incluyendo dispositivos de control de intersecciones). Esta información es utilizada por la contramedida para localizar el vehículo sujeto 100 en una carretera, y para determinar la distancia entre el vehículo sujeto 100 y la próxima intersección ("distancia a intersección"). Conocida la distancia a intersección, la velocidad del vehículo se puede adquirir de sensores de vehículo, como el velocímetro, y usar para calcular el esfuerzo de frenado necesario para evitar la entrada en la intersección.

La interface conductor vehículo 114 transmite señales de aviso al conductor del vehículo usando múltiples modos sensoriales para transmitir las señales de aviso. La interface conductor vehículo 114 incluye una pantalla heads-up (HUD), sistema audible, y sistema de aviso de frenado. Este sistema también puede disparar un sistema de frenado secundario controlado por ordenador cuando se supera el umbral a_p (aceleración requerida para evitar entrada en intersección). El sistema de frenado proporciona múltiples pulsos de deceleración para avisar al conductor de la intersección y que reaccione.

La presente invención contribuye a prevenir que el conductor de un vehículo equipado cometa un error de juicio o percepción que dé lugar a una de las cuatro situaciones de choque antes explicadas. Además, la presente invención puede afrontar situaciones en las que la acción (o su falta) que desencadena el choque es iniciada por el conductor de otro vehículo 102. Las dos situaciones de colisión defensivas primarias son un giro a la izquierda cruzándose (situación número 1) y la infracción de control de tráfico (situación número 3). Aunque la dinámica de la situación no cambia, se invierte el papel que cada vehículo desempeña en la situación.

El equipo y los sistemas aquí descritos suministran datos a un algoritmo de prevención de colisión 118. El algoritmo es un conjunto de instrucciones que procesa los datos entrantes y proporciona al conductor señales de aviso cuando se superan umbrales específicos. Las figuras 9 y 10 ilustran el intercambio de datos entre los componentes del sistema de contramedidas 1000. También se puede incluir un sistema de comunicación de señal a vehículo (representado en la

figura 10 solamente como líneas de trazos) si se pretende que el sistema sea sensible a señales luminosas en fase del dispositivo de control del tráfico.

Los datos procedentes de los sistemas del vehículo son recibidos para procesado y emisión de señales de aviso. El algoritmo 118 supervisa a_p y t_g (tiempo de separación a vehículos que se acercan). En base a los valores calculados para esta métrica, el conductor recibe un aviso del vehículo equipado con contramedidas. La figura 11 ilustra el algoritmo para el sistema general.

El algoritmo 118 procesa datos del sistema DGPS en el vehículo sujeto 100 para localizar la posición del vehículo. Esta posición se correlaciona con la posición de una carretera en el mapa GIS. Si la exactitud del sistema en DGPS o GIS sitúa el vehículo fuera de la carretera, el software corrige la posición del vehículo a la carretera más próxima. Se prefiere DGPS debido a su excelente exactitud en comparación con GPS solamente, aunque se puede usar GPS solo u otras formas de ubicar la posición. Con la carretera localizada, se puede usar el rumbo del vehículo y la velocidad del vehículo (adquiridos del equipo DGPS y/o sensores abordo) para identificar la intersección a la que se está aproximando el vehículo. El GIS usa LA ID de intersección discreta para determinar la geometría de la intersección, si es de cuatro direcciones, cruce derecha/izquierda, en "T" u otros tipos de intersección, y el control de tráfico en la intersección. El equipo de procesado a bordo calcula la distancia a la intersección para ser utilizada por los algoritmos de aviso.

La contramedida apropiada puede diferir en base al dispositivo de control del tráfico en una intersección particular. Cuando el vehículo se está aproximando a una intersección controlada por una señal de stop, el sistema debe determinar (1) el cumplimiento por el conductor del control de tráfico, y (2) si el conductor mantiene una distancia aceptable de un vehículo a otro al entrar en la intersección. Un conductor que se aproxima a una intersección controlada por una señal de stop siempre tiene que parar, comprobar la distancia para proseguir, y después cruzar la intersección. El sistema determina el cumplimiento por parte del conductor de la señal de stop supervisando la métrica a_p (por ejemplo, velocidad del vehículo con respecto a la distancia a la intersección) y calcula el esfuerzo de frenado necesario para evitar que el vehículo entre en la intersección. El sistema emite un aviso si el valor de a_p excede de 0,35 g.

Si el conductor reacciona a la intersección reduciendo la marcha con el fin de parar, el sistema de detección de amenaza del vehículo 110 explora la intersección para determinar la presencia de vehículos amenaza 102. Cuando el vehículo sujeto 100 se aproxima a la intersección, el sistema posiciona las unidades de radar para acomodar la configuración de la intersección (proporcionada por la base de datos de mapas dentro de LA GIS). El sistema de detección de amenaza 110 supervisa las distancias y las velocidades de variación de distancia de los vehículos amenaza 102 que se aproximan a la intersección. Un rastreador determinará, en base a los datos anteriores (por ejemplo, posición, velocidad, distancia, y aceleración), si el vehículo sujeto 100 y uno o más vehículos blanco 102 ocuparán la intersección al mismo tiempo.

La coocupación conjunta de la intersección por el vehículo sujeto 100 y cualquier vehículo blanco 102 iniciará un aviso al conductor, aunque el aviso puede ser inhabilitado si el vehículo se está aproximando lentamente a una intersección (la lógica reconoce que el vehículo puede parar en una distancia muy pequeña, y por lo tanto inhabilita el aviso para reducir las falsas alarmas). Si el conductor puede cruzar la intersección con seguridad, no se emite ninguna alarma. Por otra parte, si la distancia es inadecuada y/o si el conductor no está decelerando, la interface conductor vehículo emite una alarma apropiada al conductor de vehículo sujeto 100.

El procesado con respecto al vehículo sujeto 100 que se aproxima a una señal en fases es similar al de una señal de stop. Una señal enviada al sistema de comunicación del vehículo (si existe) proporciona al vehículo sujeto 100 información relativa a la fase presente de la señal y el tiempo hasta que la señal cambie; esta información sería enviada desde cada señal de cada carretera próxima, junto con información de ID de intersección, a partir de la que se puede determinar la necesidad de que el conductor pare. Si el vehículo sujeto 100, manteniendo la velocidad y dirección actuales, puede cruzar la intersección en el tiempo que queda para el cambio de fase de la señal (suponiendo que la fase de la señal es verde), no se da ningún aviso. Sin embargo, si el tiempo es insuficiente, se transmite una señal de aviso al conductor. Esto es similar a calcular a_p para una intersección controlada por señal de parada. Mientras que la a_p para señales de parada usa la distancia a la intersección, y después calcula el esfuerzo de frenado necesario, la métrica de aviso para señales de fase sustituye el tiempo a la fase de la señal y calcula si el vehículo sujeto puede salir de la intersección en base a la velocidad del vehículo y la distancia a la salida de la intersección. Cuando el conductor para antes de la entrada a la intersección, el sistema de detección de amenaza opera de manera análoga a la descrita para señales de parada, calculando las trayectorias de los vehículos que se aproximan, y determinando los vehículos que ocuparán la intersección al mismo tiempo que el vehículo sujeto 100. Esto también sucede cuando el vehículo entra en la intersección con la fase verde de la señal, y no hay que parar.

Sin la señal enviada al sistema de comunicación del vehículo, la contramedida no puede avisar al conductor de la posibilidad de infringir la señal en fases de control de tráfico; en cambio, el sistema solamente puede avisar al conductor si entra en la intersección con una distancia inadecuada. Si la contramedida recibe una entrada de que el conductor realizará un giro a la izquierda (por ejemplo, a través de la activación de la señal de giro a la izquierda), el sistema de contramedidas 1000 responde de forma coherente con la manera antes explicada para las señales de parada.

Una vez que la intersección ha sido cruzada con seguridad por el vehículo sujeto 100, la contramedida localiza la intersección siguiente y repite lo anterior.

ES 2 267 728 T3

En la situación número 1, el choque por giro a la izquierda al cruzarse tiene lugar primariamente en señales de fase cuando la señal está verde y el vehículo sujeto 100 no tiene que parar. Un objeto de la realización preferida de la presente invención es asegurar que el conductor marche a una distancia adecuada a los vehículos amenaza 102. El sistema de contramedidas 1000 usa datos de los datos DGPS y GIS para proporcionar las características de la geometría de la intersección. Información adicional relativa a las intenciones del conductor, proporcionada por activación del vehículo señal de giro, se usa preferiblemente para activar o inhabilitar la lógica de aviso específica.

La figura 12 ilustra el recorrido del algoritmo para la situación número 1. La activación de la señal de giro activa la lógica de aviso para la unidad de radar delantera. El sistema de radar funciona preferiblemente en todo momento, y solamente la lógica impide la capacidad de proporcionar un aviso. El sistema de radar adquiere datos de distancia y de velocidad de variación de la distancia para los vehículos que se aproximan a la intersección en la dirección paralela, pero contraria, al vehículo sujeto 100. Los datos son procesados por el sistema de contramedidas 1000, que predice si algún vehículo amenaza 102 ocupará la intersección al mismo tiempo que el vehículo sujeto 100. Si el sistema de contramedidas 1000 determina/predice que hay una distancia aceptable, no se da ningún aviso al conductor y el giro a la izquierda puede ser realizado con seguridad por el SV 100. Por otra parte, si los vehículos ocuparán la intersección al mismo tiempo y no hay distancia adecuada, se emite una señal de aviso. El aviso puede incluir un tono audio, un icono en la pantalla HUD, y/o accionamiento del sistema de freno (si es apropiado).

La situación número 2 implica vehículos en trayectorias perpendiculares, sin infracción del control de tráfico (siempre una señal de stop). El conductor cumple el control de tráfico y se detiene completamente en la intersección. Después de comprobar todas las direcciones del tráfico, el conductor indebidamente entra en la intersección y choca con uno o más vehículos blanco que marchan en carreteras perpendiculares. Estos accidentes son producidos primariamente por el fallo del conductor que no observa los vehículos blanco que se aproximan 102, o percibe mal la distancia a los vehículos blanco que se aproximan 102. La figura 13 ilustra la contramedida apropiada, en la que el sistema de detección de amenaza 110 rastrea vehículos amenaza 102 en las cruces para proporcionar un aviso en el caso de distancias insuficientes.

La situación número 3 difiere de la situación número 2 en que el vehículo sujeto 100 infringe el control de tráfico. La figura 14 ilustra el procesado de la contramedida para esta situación, que tiene la finalidad de evitar la infracción del control de tráfico. Si el control de tráfico es una señal de stop, el vehículo debe determinar el cumplimiento por el conductor del control de tráfico, y después si el conductor tiene una distancia aceptable de un vehículo a otro a la que entrar en la intersección. La contramedida 1000 determina el cumplimiento por parte del conductor de la señal de stop supervisando una métrica a_p , que representa la cantidad de aceleración requerida para evitar la entrada del vehículo en la intersección:

$$a_p = \frac{(T_d v + 0.36 v + v^2)/d}{32.2}$$

donde:

T_d = tiempo desde el reconocimiento del conductor (típicamente aproximadamente dos segundos)

v = velocidad del vehículo (pies/segundo)

d = distancia a intersección (pies)

La contramedida 1000 calcula el esfuerzo de frenado necesario para evitar que el vehículo entre en la intersección. Los conductores proporcionan indicios, como aplicar los frenos del vehículo, antes de llegar a la intersección. Este comportamiento puede ser capturado supervisando la métrica a_p . Se emite un aviso si el valor de a_p excede de 0,35g.

Para una señal en fases, el procesado es similar, a excepción de que el requisito de parar depende del estado de la señal en fases recibida a través del sistema de comunicación de señal al vehículo. Si el sistema de contramedidas 1000 recibe una entrada de que el conductor realizará un giro a la izquierda (por ejemplo, a través de la activación de la señal de giro a la izquierda), la situación es inversa con respecto a la situación número 1, donde el sistema de detección de amenaza 110 accede a la distancia al vehículo amenaza 102 que se aproxima a la intersección en una dirección paralela, pero contraria. La determinación por el sistema de contramedidas 1000 de que una distancia inadecuada a uno o más vehículos amenaza que se aproximan iniciará un aviso al conductor a través de interface conductor vehículo 114.

El sistema de comunicación de señal al vehículo puede proporcionar información al sistema de contramedidas 1000 relativa a la fase presente de la señal, y el tiempo al cambio de fase. Esta información sería enviada desde cada señal para cada carretera próxima, junto con información de ID de intersección. Con la fase presente de la señal y la información del tiempo al cambio de fase adquiridas de la señal, se puede determinar la necesidad de que el conductor pare. Si el vehículo, manteniendo la velocidad y dirección actuales, puede cruzar la intersección en el tiempo que queda para el cambio de fase de la señal (suponiendo que la fase de la señal es verde), no se da ningún aviso. Sin embargo, si el tiempo es insuficiente, se transmite una señal de aviso al conductor. Este proceso es paralelo a calcular a_p para intersecciones controladas por señal de stop. Mientras que la a_p para señales de parada usa la distancia a la intersección, y después calcula el esfuerzo de frenado necesario, la métrica de aviso para señales de fase sustituye el

tiempo a la fase de la señal y calcula si el SV 100 puede salir de la intersección en base a la velocidad del vehículo y la distancia a la salida de la intersección. Cuando el conductor para antes de la entrada en la intersección, el sistema de detección de amenaza opera de manera análoga a la descrita para las señales de parada, calculando las trayectorias de los vehículos que se aproximan, y determinando los vehículos que ocuparán la intersección al mismo tiempo que el vehículo sujeto 100. Esto también sucede cuando el vehículo entra en la intersección con la fase verde de la señal, y no hay que parar.

Si la realización no soporta un sistema de comunicación de señal a vehículo, la contramedida 1000 solamente puede avisar al conductor si el vehículo sujeto 100 está entrando en la intersección con una distancia inadecuada.

La situación número 4 tiene lugar en general en intersecciones controlada por señales de fase con carriles que permiten el giro a la izquierda. El accidente tiene lugar por la entrada prematura en la intersección de un conductor de SV que cruza la intersección. El conductor, por falta de atención, no observa que solamente se ha activado la señal de giro a la izquierda. Pensado que el vehículo sujeto 100 puede seguir adelante, entra en la intersección y choca con otro vehículo. La figura 15 ilustra el procesado para este caso. El sistema de comunicación proporciona al vehículo sujeto 100 información de la fase de la señal, indicando al conductor el requisito. Con la señal en rojo, el sistema de contramedidas 1000 determina que el conductor no puede entrar en la intersección y emite un aviso en respuesta a una infracción.

B. Subsistemas específicos

La figura 16 ilustra una arquitectura funcional de una realización preferida del sistema de contramedidas 1000 de la invención. Un sistema de radar 200 (incluyendo unidades de radar izquierda, derecha y central) explora tres sectores de amenaza principales: izquierda, centro y derecha. Un receptor diferencial de Sistema de Posición Global (GPS) 208 en GPS/GIS 112 proporciona la posición de vehículo sujeto 100 a una velocidad de actualización de aproximadamente 10 Hz. Un rastreador 204, preferiblemente un rastreador de filtro Kalman, rastrea cada blanco válido. Un mapa GIS 206 identifica una intersección en términos de su latitud y longitud. Un algoritmo de aviso 118 emite señales de aviso al conductor de vehículo sujeto 100 si se prevé que el vehículo sujeto 100 ocupará la intersección al mismo tiempo que se prevé otro vehículo amenaza ocupe la intersección. Los varios componentes de procesado son preferiblemente inherentes a la CPU 116.

La figura 17 ilustra una intersección ortogonal de cuatro carreteras de dos carriles. El tamaño de la intersección depende de la anchura de los carriles, el número de carriles y el radio del bordillo. La posición de la intersección es proporcionada por el mapa GIS 206, en el que el centro de cada intersección es identificado por longitud y latitud 208. El GPS a bordo del vehículo sujeto 100 determina la posición de vehículo sujeto 100. Los vehículos amenaza 102 son localizados por el sistema de radar 200.

Con referencia ahora a la figura 18, cada unidad de radar del sistema de radar 200 está montada en una servo-plataforma controlada por ordenador 300. Cada radar es preferiblemente un radar EATON/VORAD, modelo EVT-200, radar del tipo de "medición Doppler". Los parámetros preferidos de cada radar 200 incluyen: Frecuencia de 24,7 GHz; Rango instrumentado máximo de 395 pies; Resolución radial de 1,6 pies; Resolución de velocidad de 0,13 fps; Anchura del haz de acimut/elevación de 4/5,5 grados; y Tasa de actualización 10 Hz.

La antena de la unidad de radar izquierda apunta a lo largo del cruce izquierdo con una pequeña configuración de exploración en acimut superpuesta para mejorar la cobertura angular. El ángulo de exploración resultante se basa en un punto de control en la carretera. El punto de control se determina preferiblemente como el punto central en el cruce que está en el rango radial máximo de la antena (preferiblemente 390 pies, aunque se podría usar otros rangos, incluyendo los inferiores al máximo del radar). El punto de control se recalcula preferiblemente cada 100 msegundos después de que el SV 100 pasa por el rango de despliegue de la antena (preferiblemente 300 pies desde el centro de la intersección). Así, el punto de control se desplaza hacia fuera en el cruce cuando el SV 100 se aproxima a la intersección de tal manera que la distancia entre el punto de control y el vehículo sujeto 100 permanece sustancialmente constante. Como se ha explicado anteriormente, se añade un ángulo al soporte del punto de control para mover la antena en una exploración sectorial oscilante con relación al punto de control, y preferiblemente alrededor del punto de control.

En la realización preferida, en la que la distancia radar es 390 pies y el rango de despliegue de la antena es 300 pies, la posición inicial del punto de control para un cruce perpendicular sería aproximadamente 245 pies desde el centro de la intersección.

La antena de la unidad de radar derecha explora igualmente el cruce derecho con una pequeña configuración de exploración en acimut superpuesta para mejorar la cobertura angular.

La figura 19 ilustra una situación en tiempo real cuando el vehículo sujeto 100 encuentra intersecciones a lo largo de una ruta que ha sido digitalizada en el mapa GIS 206. Cuando el vehículo sujeto 100 se aproxima a una intersección, las dos antenas de observación lateral giran desde una posición de espera hacia el punto de control. Dado que la anchura del haz de radar es preferiblemente 4°, la observación de las direcciones de cruce se debe complementar con un sector pequeño alrededor del ángulo de puntería dinámico (un ángulo de exploración). El ángulo de exploración es preferiblemente inferior a 20° y no tiene que ser simétrico alrededor del ángulo de puntería.

La configuración de exploración es controlada por el controlador del movimiento de la plataforma de antena. Para situaciones estáticas con el vehículo sujeto 100 en el borde de la intersección (como si esperase una señal), los ángulos de puntería de la antena están en el rango de 70°-90° para una intersección ortogonal. Para intersecciones que no tienen una calle en el sector cubierto por una unidad de radar particular, dicha unidad de radar se puede colocar en un modo o posición de espera/inactivo. El radar central 200 explora delante del vehículo sujeto 100, y por lo tanto solamente requiere una exploración alrededor de un ángulo de puntería de unos pocos grados.

El radar izquierdo 200 explora en base a un algoritmo que mantiene el radar apuntando en un punto de control en la carretera. Inicialmente, el punto de control es aproximadamente 390 pies desde el radar, en un ángulo de soporte superior al ángulo de puntería inicial de la antena de aproximadamente 31° del vehículo sujeto 100, y desde el que las unidades de radar izquierda y derecha exploran hacia adelante y hacia atrás 10°-15°. La relación entre el punto de control y el movimiento de vehículo sujeto 100 es actualizado cada 100 msegundos, aunque el ángulo de exploración de cada unidad de radar es actualizado preferiblemente solamente al final de cada exploración. Al final de la exploración hacia fuera, las unidades de radar izquierda y derecha apuntarán preferiblemente a su punto de control correspondiente. Sin embargo, las unidades de radar se pueden colocar de otro modo con relación al punto de control, a condición de que la relación permanezca constante.

Los ángulos también tienen en cuenta los cambios en el rumbo del vehículo. Por ejemplo, si un conductor se para en una intersección con el rumbo del vehículo a 10° del rumbo de la carretera (por ejemplo, preparándose para efectuar un giro a la derecha) los ángulos de exploración del radar serán compensados y la exploración todavía apuntará al punto de control.

Las unidades de radar izquierda y derecha del sistema de radar 200 exploran preferiblemente activamente solamente cuando el vehículo sujeto 100 está dentro de aproximadamente 300 pies de la intersección y hasta que el SV 100 sale de la intersección definida. A distancias superiores a 300 pies, los radares izquierdo y derecho del sistema de radar 200 están colocados preferiblemente en espera, a 31° del centro.

La figura 20 ilustra una exploración típica para el radar izquierdo del sistema de radar 200 cuando el vehículo sujeto 100 se aproxima a una intersección ortogonal. La posición inicial del radar es -31° con relación al rumbo del vehículo (los ángulos negativos están a la izquierda y los ángulos positivos están a la derecha mirando hacia adelante). Cuando el vehículo sujeto 100 está a 300 pies de la intersección (en base a la información GPS/GIS), el radar izquierdo del sistema de radar 200 comienza a explorar activamente hacia fuera. Aproximadamente en 421 segundos, el vehículo se para en la intersección y el radar mantiene una exploración de 15°. Los símbolos en el gráfico de la figura 20 representan que el sistema de radar 200 detecta entre 5 a 15 retornos de cada vehículo amenaza 102 que pasa a través del haz del radar. El rastreador 204 requiere preferiblemente que un vehículo amenaza sea detectado al menos dos veces para establecer una pista, y posiblemente para determinar más exactamente la aceleración de vehículo amenaza 102. El rango de exploración es preferiblemente de 10° a 15°.

La figura 21 ilustra el proceso de rastreo realizado por el rastreador 204 de vehículos amenaza 102 que son detectados por el sistema de radar 200. La detección del vehículo amenaza 102 da origen a una pista "candidato". Cada pista candidato puede ser promovida a una pista que se mantiene hasta que se borra. Los vehículos amenaza 102 captados por el sistema de radar 200 se utilizan para actualizar las pistas al final de cada intervalo de procesado. Usando parámetros de rastreo (por ejemplo, posición, velocidad, aceleración, etc), el rastreador 204 predice un nuevo estado (por ejemplo, posición) de cada pista o pista candidato en base a actualizaciones anteriores y pone una "puerta" alrededor de las posiciones previstas. La puerta preferida es una "puerta de probabilidad máxima" conocida (véase, por ejemplo, S.S. Blackman, Multiple Target Tracking with Radar Applications).

Si una detección no cae dentro de la puerta de una pista candidato o pista existente, se forma una nueva pista candidato. Si una detección no se asocia con ninguna pista candidato, la pista candidato se borra (típicamente para una pista candidato generada por un objeto no en movimiento, tal como un árbol o vehículo aparcado). Si una pista candidato está asociada con una detección, es promovida a una pista. Si una pista no está asociada con ninguna detección en algún número especificado de actualizaciones, se mantiene o "retiene" en su trayectoria corriente para un número especificado de actualizaciones después de lo que se borra. En el modo de retención, se retiene la última actualización de variables de estado. La pista permanece preparada para una asociación. Si se borra una pista, los tiempos previstos a la intersección se pueden mantener dando lugar a un extensión de aviso durante un tiempo especificado (las selecciones típicas son 0-5 segundo). Esto ayuda al sistema de radar 200 con cobertura angular limitada a proporcionar señales de aviso cuando el blanco ya no se observa. La característica es similar a la retención, a excepción que no hay que mantener una pista. Una pista se borra si su velocidad es negativa (por ejemplo, el vehículo se está alejando de la intersección y no es una amenaza). También se borra una pista si su velocidad es irrazonablemente grande (para un coche) o su posición (x, y) es irrazonablemente grande con respecto a una intersección y sus carreteras (por ejemplo, el radar capta accidentalmente un avión).

Como se ha indicado anteriormente, el rastreador preferido es un filtro Kalman. Las variables de estado seleccionadas para el filtro Kalman son posición (x, y), velocidad y aceleración. El vector de medición es distancia, variación de la distancia y soporte. Un sistema de coordenadas "Norte y Este" típico está centrado en el vehículo sujeto 100. Una vista en planta indicaría el Norte como x, el Este como y y el rumbo como el ángulo de puntería de la antena. El filtro Kalman implementado es un filtro Kalman "extendido" que acomoda la matriz de medición no lineal con relación al estado del blanco y las mediciones radáricas. Las entradas al filtro Kalman son actualizaciones radáricas procesadas,

ES 2 267 728 T3

y la salida es una estimación actualizada del vector de estado del blanco. A partir de este vector de estado de posición (distancia al centro de intersección) velocidad y aceleración, se calculan los tiempos previstos para entrar y salir de la intersección.

5 Las señales de aviso para el sistema de contramedidas se basan en la predicción de que el vehículo sujeto 100 y el vehículo amenaza 102 ocuparán la intersección al mismo tiempo, por lo que la interface conductor vehículo 114 emitirá un aviso para el conductor de vehículo sujeto 100. Las señales de aviso son calculadas y actualizadas para cada salida del radar, aproximadamente cada 100 msegundos. La interface conductor vehículo 114 es activada si hay un
10 aviso en base a la salida de alguna de las tres unidades de radar del sistema de radar 200. Las señales de aviso pueden ser distintas en base al radar particular que detecta un vehículo amenaza que se aproxima 102 de interés para ayudar al conductor a determinar la dirección de posible peligro.

Los tiempos para que el vehículo sujeto 100 entre y salga de la intersección se calculan a partir de la posición y velocidad actuales del vehículo sujeto 100. Se supone una velocidad y aceleración nominales para las intenciones
15 del conductor. Si el vehículo está por debajo de la velocidad nominal, se supone que acelera a la aceleración nominal hasta que llega a la velocidad nominal. A la inversa, si el vehículo está por encima de la velocidad nominal, se supone que el vehículo desacelera a la aceleración nominal hasta que llega a la velocidad nominal. Este perfil de velocidad/aceleración se racionaliza fácilmente para el vehículo sujeto 100 que se para en una intersección y espera entrar. El conductor aceleraría moderadamente, pero no indefinidamente, y limitará la velocidad a una velocidad
20 moderada. Si el vehículo sujeto 100 va a cruzar una intersección sin parar, se supone que el conductor cruzará la intersección a velocidad moderada, acelerando o desacelerando para lograr esa velocidad. Sin embargo, se puede usar otros supuestos o algoritmos que sean apropiados.

Para el vehículo amenaza 102, la posición, velocidad, y aceleración procedentes del rastreador 204 se utilizan para
25 calcular el tiempo a y de la intersección. Para determinar los tiempos, se resuelve una ecuación simple para movimiento unidireccional con aceleración constante.

El estado del sistema de contramedidas 1000 se determina por la distancia a la intersección, el tipo de intersección, y el estado de las señales de giro del vehículo sujeto 100. La distancia a la intersección es actualizada cada 100
30 msegundos y calculada en base a la posición actual del vehículo sujeto 100 y la posición de la intersección. La posición de vehículo sujeto 100, la posición de la intersección, y el tipo de intersección a la que el vehículo sujeto 100 se está aproximando, los determina el sistema GIS/GPS 112.

El sistema de contramedidas 1000 está preferiblemente inactivo hasta que el vehículo sujeto 100 está dentro de
35 500 pies de la intersección. A esta distancia, el sistema de contramedidas 1000 se activa, pero las señales de aviso están inhabilitadas; esto da tiempo para que el rastreador 240 se inicialice, durante el que las señales de aviso no serán válidas porque la intersección todavía está fuera de la distancia radar. A 350 pies de la intersección, las señales de aviso son habilitadas hasta que el vehículo sujeto 100 cruza la intersección.

El tipo de intersección determina qué radares están activos y por lo tanto pueden generar señales de aviso. Por
40 ejemplo, en una intersección en "T", no hay carretera delante del vehículo sujeto, de tal manera que los componentes de contramedidas centrales se pueden inhabilitar. Igualmente, los componentes de contramedidas de los radares izquierdo y derecho se pueden inhabilitar en una intersección de cruce a la derecha e izquierda, respectivamente. Todas las contramedidas de radar son operativas en una intersección cuádruple (de 4 vías).
45

Los indicadores de señal de giro en el vehículo sujeto 100 son supervisados para determinar la trayectoria prevista del vehículo sujeto 100 a través de la intersección. La trayectoria a través de la intersección determina la distancia que el vehículo sujeto 100 debe recorrer para salir de la intersección y por lo tanto determina el tiempo que el ve-
50 hículo sujeto 100 ocupa la intersección (por ejemplo, un giro a la derecha tiene la distancia más corta y un giro a la izquierda tiene la distancia más larga). Las señales de giro también tienen efectos adicionales en las señales de aviso.

En algunas combinaciones de tipo de intersección y trayectoria prevista, el vehículo amenaza 102 puede no ser una amenaza aunque por lo demás estén presentes condiciones de solapamiento. Esta lógica se basa en las señales de
55 giro del vehículo sujeto 100, el tipo de intersección, y la acción prevista del vehículo amenaza 102 evidenciada por la deceleración de vehículo amenaza 102. La figura 22 ilustra las diferentes situaciones posibles. A modo de ejemplo no limitador:

• Radar izquierdo 200 (observa el tráfico en el cruce izquierdo)

60 - intersección de 4 vías: el vehículo sujeto 100 hace:

• Giro a la izquierda, Ningún giro, Giro a la derecha:

65 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está decelerando más que una cantidad preestablecida, preferiblemente inferior a 3 pies/s². Esto indica que el vehículo amenaza 102 está desacelerando para efectuar un giro a la derecha, o parando y no es una amenaza.

ES 2 267 728 T3

- Intersección de cruce a la izquierda: el vehículo sujeto 100 hace:

- Giro a la izquierda, Ningún giro:

5 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está desacelerando, en caso contrario aviso.

- Cruce en T: el vehículo sujeto 100 hace:

- Giro a la izquierda, Giro a la derecha:

10 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está decelerando.

- Radar central 200 (observa el tráfico que viene en carril(es) adyacente(s))

15 - intersección de 4 vías: el vehículo sujeto 100 hace:

- Giro a la izquierda:

20 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está decelerando. Esto indica que el vehículo amenaza 102 hará un giro a la izquierda y no es una amenaza. En caso contrario, aviso.

- Giro a la derecha:

25 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está decelerando. Esto indica que el vehículo amenaza 102 efectuará probablemente un giro a la derecha y no es una amenaza. Si el vehículo amenaza está desacelerando, se indica un giro y se producirá un aviso. Si el vehículo amenaza 102 gira a la izquierda, el aviso es correcto. Si gira a la derecha, el blanco no es una amenaza y el aviso es falso. Sin embargo, la alarma falsa no producirá colisión.

- Ningún giro:

30 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 no está desacelerando. Esto indica que no efectuará un giro y no es una amenaza.

- Intersección con cruce a la izquierda: el vehículo sujeto 100 hace:

- Giro a la izquierda:

40 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está decelerando. Esto indica que hará un giro a la derecha o está parando y no es una amenaza.

- Ningún giro:

45 Señales de aviso desactivadas, porque el vehículo amenaza 102 no es una amenaza.

- Intersección con cruce a la derecha: el vehículo sujeto 100 hace:

- Ningún giro:

50 Aviso si el vehículo amenaza está desacelerando, porque indica un posible giro a la izquierda cruzándose.

- Giro a la derecha: sin aviso.

55

- Radar derecho (observa el tráfico en el cruce derecho)

60 - Intersección de cuatro vías y cruce a la derecha. El vehículo sujeto 100 hace:

- Ningún giro:

65 Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está desacelerando. Esto indica que el vehículo amenaza 102 efectuará probablemente un giro a la derecha y no es una amenaza.

ES 2 267 728 T3

- Giro a la derecha:

Señales de aviso desactivadas, porque no hay amenazas probables de la carretera derecha cuando el vehículo sujeto 100 está efectuando un giro a la derecha o parando.

- Intersección en T. El vehículo sujeto 100 realiza:

- Giro a la derecha:

Señales de aviso desactivadas, porque no hay amenazas probables de la carretera derecha cuando el vehículo sujeto 100 efectúa un giro a la derecha.

- Giro a la izquierda:

Ningún aviso si el vehículo amenaza 102 está decelerando.

En la medida en que el algoritmo anterior se basa en la deceleración, también se puede usar un umbral de deceleración mínimo (éste puede ser cero).

Se puede generar falsas alarmas adicionales en base a las posiciones relativas del vehículo sujeto 100 y el vehículo amenaza 102. A modo de ejemplo no limitador, se emitiría una señal de aviso si el vehículo sujeto 100 está saliendo de la intersección mientras el vehículo amenaza 102 está entrando en la intersección. Para evitar tales falsas alarmas, la zona de solapamiento usada puede ser más pequeña que toda la intersección. En la alternativa, se puede comprobar el solapamiento en zonas diferentes; por ejemplo, el solapamiento se comprueba en toda la intersección, después de nuevo en el 90 por ciento de la intersección. También se puede utilizar otros algoritmos de exclusión.

También se puede evitar falsas alarmas en base a la velocidad lenta del vehículo sujeto 100 en combinación con la aplicación de los frenos. Con referencia ahora a la figura 23, el sistema reconoce un límite de “aproximación y ralentización”, tiempo durante el que el vehículo sujeto 100 se está acercando a la intersección, aunque lentamente bajo control de frenado. Incluso este lento movimiento del vehículo sujeto dará lugar a solapamiento previsto con tráfico en dirección contraria. Por lo tanto, la señal de aviso se puede inhabilitar si el vehículo sujeto está dentro de una cierta distancia de la intersección (por ejemplo, 50 pies), avanzando lentamente (por ejemplo, 5 pies/segundo) y el conductor está aplicando los frenos.

El sistema GIS/GPS 112 de la presente invención tiene múltiples funciones. Por ejemplo, el sistema puede determinar que el vehículo sujeto 100 reacciona a la intersección a la que se aproxima, y proporcionar señales de aviso de una posible infracción del control de tráfico. La base de datos de mapas GIS 206 proporciona datos sobre cada intersección, tales como el tipo de intersección y el control de tráfico en la intersección. Esta información es proporcionada al sistema de detección de amenaza 110, y permite que el sistema alinee la distancia de exploración de cada radar del sistema de radar 200 para acomodar intersecciones no ortogonales. En la operación, la posición del vehículo, derivada del GPS, es utilizada para buscar en la base de datos de mapas 206 y localizar la carretera en la que el vehículo sujeto 100 se está desplazando actualmente. La base de datos 206 se usa después para determinar la intersección siguiente a la que el vehículo sujeto 100 se está aproximando. Las propiedades de la intersección se utilizan para determinar la posibilidad de infracción por parte del conductor en la intersección (si está sometida a control de tráfico), y por el sistema de detección de amenaza 110 para alinear el sistema de radar 200. La posición del vehículo sujeto 100 es actualizada cada 100 msegundos. Los datos de intersección son actualizados cuando se identifica una nueva intersección.

También se puede utilizar un Sistema de Posicionamiento Continuo KVVH (CPS) para proporcionar la latitud, longitud, rumbo, y velocidad del vehículo usando GPS y navegación a la estima. El CPS utiliza un esquema de filtro Kalman para mezclar datos de GPS, un giroscopio de fibra óptica, y el sensor de velocidad del vehículo para obtener información de posición continua independientemente de la caída o trayectos múltiples del GPS. La navegación a la estima mejora la exactitud y disponibilidad de GPS proporcionando datos exactos de posición, velocidad, dirección y rumbo incluso a velocidades lentas o cuando está estacionario. También se puede añadir un Receptor Baliza Diferencial GPS (DGPS) para mejorar más la exactitud posicional.

La base de datos de mapas GIS 206 descompone las carreteras en segmentos individuales que incluyen nodos y segmentos de línea. A estos nodos y segmentos se les asignan varias propiedades o atributos. Las propiedades típicas de estos segmentos son posición, longitud, número ID, y segmentos de carretera contiguos. La figura 24 ilustra la manera en que la base de datos de mapas 206 representa una intersección. Esto permite diferenciar fácilmente intersecciones de otras carreteras. Con el vehículo situado en un segmento de carretera específico, se utilizan datos de rumbo del vehículo para determinar el nodo al que se está aproximando. Un algoritmo de asociación dentro del software determina si el nodo es una intersección. Se realiza una búsqueda en la base de datos usando una librería de llamadas de función de software que proporciona una forma eficiente de localizar la carretera más próxima a una latitud y longitud dadas. Se puede usar algoritmos adicionales para rastrear a lo largo de una carretera para eliminar errores. Por ejemplo, cuando el vehículo cruza una intersección, la carretera más próxima a la posición GPS puede ser la carretera de intersección y no la carretera del vehículo actual. En este caso, el software busca un cambio de rumbo que indique un giro antes de conmutar la pista a la carretera de intersección.

Un ordenador portátil montado dentro de vehículo sujeto 100 está conectado a la CPU 116 por un cable RS-232. Se envían mensajes entre los dos ordenadores para intercambiar datos. Los elementos de datos para los mensajes al sistema GIS/GPS 112 incluyen preferiblemente: tiempo absoluto; tiempo GPS; latitud, longitud, velocidad, y rumbo verdadero del vehículo sujeto 100. Estos datos se reciben cada 100 msegundos. Preferiblemente, el CPS está
5 unido a la CPU 116 por un cable RS-232 en lugar de directamente al sistema GIS/GPS 112 para evitar retardo de tiempo.

Cuando se recibe un mensaje, los datos son utilizados para buscar en la base de datos de mapas con el fin de identificar la intersección a la que se está aproximando el vehículo. Si el vehículo ha cruzado una intersección y se ha
10 identificado una nueva intersección, se envía un mensaje a la CPU 116 dotando al software de detección de amenazas de las características de la nueva intersección. La CPU 116 envía periódicamente un mensaje al sistema GIS/GPS 112 pidiendo la próxima intersección corriente. Esto asegura que el sistema de detección de amenaza 110 siempre tenga la información de intersección correcta. El sistema GIS/GPS 112 también proporciona una interface de usuario a la CPU 116, dado que este sistema no tiene preferiblemente una pantalla o teclado para entradas de usuario. Esta
15 interface es utilizada durante la prueba para controlar la adquisición de datos para procesamiento post-prueba, cambio de los parámetros del rastreador o algoritmo de aviso, y los mensajes de pantalla de error.

El sistema usa la velocidad del vehículo para calcular el tiempo del vehículo sujeto 100 a la intersección y con la velocidad de distancia de radar en el cálculo de la velocidad del vehículo amenaza 102 en el software rastreador.
20 El CPS mide la velocidad de vehículo sujeto 100 usando el sensor de velocidad del vehículo, aunque se puede usar varios métodos para medir la velocidad. Para tener en cuenta cualquier retardo en detectar la medición, se puede usar un filtro de plomo para minimizar o compensar cualquier error debido a este retardo.

Se recomienda una interface multimodal conductor vehículo para dar al conductor señales de aviso: (1) visualmente, a través de una pantalla HUD, (2) de forma audible, usando un tono pulsado, y/o (3) accionando los frenos. Ninguna modalidad única cumple todos los criterios de diseño. Por ejemplo, las señales de aviso visuales mediante una HUD permiten la presentación de información más detallada, pero exigen que la atención del conductor se centre en la visión frontal para percibir el aviso. Las señales de aviso audibles, aunque se usan ampliamente y no son específicas de la orientación, excluyen a los conductores con deficiencias auditivas y pueden ser enmascaradas por el ruido
30 ambiente (aunque se podría usar la distribución de los altavoces a la izquierda, a la derecha y en el centro para que el conductor pueda percibir la dirección del posible peligro. Las señales de aviso de frenado, aunque cumplen la mayoría de los criterios, no pueden proporcionar información detallada.

El sistema de freno utiliza zapatas post-mercado diseñadas para uso en carreras de coches. Estas zapatas van montadas en las cuatro ruedas. El sistema de frenado se puede adaptar para desacelerar el vehículo sin que el conductor realice ninguna acción. El sistema utiliza control por ordenador para abrir y cerrar válvulas de solenoide. Estas válvulas controlan el flujo de fluido hidráulico a las zapatas de freno secundarias. El nivel y la configuración de la deceleración son controlados por el sistema de contramedidas 1000. El sistema es capaz de proporcionar una deceleración constante o una deceleración pulsada de magnitud y duración variables. El sistema se diseñó con un modo a prueba de fallos del SISTEMA OFF. Es decir, el sistema falla con los frenos secundarios en un modo no funcional.
40

Se hace notar que un sistema para evitar que un vehículo entre en una intersección no respetando lo indicado en un dispositivo de control del tráfico se describe en la Patente de Estados Unidos número 6516273.

También se hace notar que los elementos aquí descritos para evitar colisiones en intersecciones se pueden usar sin elementos dirigidos al cumplimiento de lo indicados por dispositivos de control del tráfico.
45

Varias alteraciones o modificaciones de la realización preferida anterior caen dentro del alcance de la presente invención definida en las reivindicaciones acompañantes.
50

Se puede usar varios componentes conocidos en la presente invención. A modo de ejemplo no limitador, el controlador de antena de radar es preferiblemente el ACR2000, Pieza número PMOSI 17, Versión 1.04, fabricado por: ACROLOOP MOTION CONTROL SYSTEMS, INC.; el receptor GPS es preferiblemente el Sistema de Posicionamiento Continuo KVVH; el receptor diferencial GPS es preferiblemente el receptor baliza DGPS de COMMUNICATIONS SYSTEMS INTERNATIONAL, Modelo ABX-3; y la antena GPS/DGPS es preferiblemente la antena GPS/DGPS de COMMUNICATIONS SYSTEMS INTERNATIONAL, Modelo MBL-3.
55

A modo de ejemplo no limitador, aunque se prefieren tres unidades de radar, se puede usar cualquier número de unidades, incluyendo una sola unidad. También se podría usar otros tipos de detectores, como láseres. La posición de la(s) unidad(es) (en la medida en que sea relevante) solamente se limita a zonas donde pueden detectar efectivamente el movimiento de tráfico entrante. Si la detección se realizase en base a métodos distintos de la línea de visión (por ejemplo, cada vehículo transmitiría sus coordenadas GPS a vehículos locales), el detector se podría montar en cualquier lugar en el vehículo sujeto, o en alguna posición remota que enviaría datos de aviso al vehículo sujeto.
60

Igualmente, varios componentes u operaciones del sistema de contramedidas 1000 se pueden desplazar dentro de o entre los varios subsistemas sin afectar al alcance y espíritu de la invención.
65

ES 2 267 728 T3

La realización preferida actualiza preferiblemente el ángulo de exploración de las unidades de radar izquierda y derecha al final de cada exploración. Sin embargo, la invención no se limita a ello, porque el ángulo de exploración se puede actualizar a mitad de la exploración.

5 Las varias posiciones de los puntos de control y otras características técnicas de las realizaciones preferidas, son especiales de países como los Estados Unidos en los que los vehículos circulan por la derecha. Cae dentro del alcance y espíritu de la presente invención afrontar igualmente la conducción en países donde los vehículos circulan por la izquierda de la carretera, estando dichas modificaciones dentro del alcance de la técnica en base a las ideas de la invención.

10 Se hace notar que los ejemplos anteriores se han ofrecido simplemente a efectos de explicación y de ninguna manera se han de interpretar como limitadores de la presente invención. Aunque la presente invención se ha descrito con referencia a algunas realizaciones, se entiende que los términos aquí usados son términos descriptivos e ilustrativos, en vez de limitativos. Se puede hacer cambios, dentro del alcance de las reivindicaciones anexas, en su redacción actual y
15 modificada, sin apartarse del alcance y espíritu de la presente invención en sus aspectos. Aunque la presente invención se ha descrito aquí con referencia a medios, materiales y realizaciones particulares, no se pretende limitar la presente invención a los detalles aquí descritos; más bien, la presente invención se extiende a todas las estructuras, métodos y usos funcionalmente equivalentes, que caigan dentro del alcance de las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para que un vehículo sujeto (100) evite colisiones, incluyendo:

explorar al menos un carril que conduce a una intersección,

detectar la presencia de un vehículo amenaza (102) en el al menos único carril; y emitir una señal de aviso,

caracterizado por predecir si el vehículo sujeto (100) y el vehículo amenaza (102) ocuparán la intersección al mismo tiempo;

y porque la señal de aviso se emite en respuesta a dicha predicción.

2. El método de la reivindicación 1, donde la exploración tiene lugar desde el vehículo sujeto (100).

3. El método de la reivindicación 1, incluyendo además dicha detección:

identificar un objeto captado por dicha exploración;

hacer caso omiso del objeto como un vehículo amenaza (102) si está estacionario o alejándose de la intersección.

4. El método de la reivindicación 1, incluyendo además inhabilitar dicha emisión cuando las condiciones predominantes indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección, incluyendo las condiciones predominantes al menos una de una dirección de desplazamiento del vehículo sujeto (100), una dirección de desplazamiento del vehículo amenaza (102), la activación de una señal particular de giro en el vehículo sujeto (100), la velocidad del vehículo sujeto (100), la velocidad del vehículo amenaza, y la aceleración del vehículo amenaza.

5. El método de la reivindicación 4, siendo sensible dicha inhabilitación al vehículo amenaza que se aproxima a la intersección por la izquierda del vehículo sujeto (100), y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada.

6. El método de la reivindicación 4, siendo sensible dicha inhabilitación a:

el vehículo amenaza (102) se está aproximando a la intersección por delante del vehículo sujeto (100), y uno de:

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la izquierda y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada;

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la derecha y el vehículo amenaza (102) no está decelerando más de una cantidad predeterminada;

el vehículo sujeto (100) no ha activado una señal de giro y el vehículo amenaza (102) no está decelerando más de una cantidad predeterminada; y

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la derecha y no hay carril izquierdo que salga de la intersección.

7. El método de la reivindicación 4, siendo sensible dicha inhabilitación a:

el vehículo amenaza (102) se está aproximando a la intersección por la derecha del vehículo sujeto (100), y uno de:

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la izquierda y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada;

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la derecha; y

el vehículo sujeto (100) no ha activado una señal de giro y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada.

8. El método de la reivindicación 1, donde el paso de explorar incluye además

explorar por separado sectores izquierdo, derecho y delantero del vehículo sujeto (100), siendo sensible dicha exploración a que el vehículo sujeto (100) entra dentro de una distancia predeterminada de una intersección.

9. El método de la reivindicación 8, incluyendo además:

almacenar una base de datos de mapas;

recibir datos de coordenadas que representan una posición del vehículo sujeto (100):

5 siendo sensible dicha exploración separada a que una posición del vehículo sujeto (100), a partir de los datos de coordenadas, está dentro de una distancia predeterminada de una intersección en la base de datos de mapas.

10. El método de la reivindicación 8, incluyendo además:

10 almacenar una base de datos de mapas, incluyendo el mapa la intersección;

inhabilitar dicha exploración izquierda, derecha y central en respuesta a que la base de datos de mapas indica una ausencia de carriles que entran en dicha intersección en dichos sectores izquierdo, derecho y central, respectivamente.

15 11. El método de la reivindicación 8, explorando por separado dicho radar los sectores izquierdo y derecho, incluyendo además cada uno:

oscilar una antena de radar un ángulo predeterminado con relación a un punto de control; y

20 alejar el punto de control de la intersección cuando el vehículo sujeto (100) se aproxima a la intersección.

12. El método de la reivindicación 1, donde el paso de explorar incluye además explorar una área alrededor de la intersección; el paso de detectar incluye además identificar cualesquiera vehículos amenaza (102) en dicha área, el paso de predecir incluye además:

25 almacenar un mapa en una base de datos, incluyendo el mapa al menos una intersección con un dispositivo de control de tráfico;

recibir datos de coordenadas que reflejan una posición del vehículo sujeto (100);

30 determinar si el vehículo sujeto (100) entrará en una intersección de la al menos única intersección en infracción de un dispositivo de control del tráfico asociado;

35 emitir una señal de aviso a un conductor del vehículo sujeto (100) en respuesta a una determinación de que el vehículo sujeto (100) entrará en una intersección de la al menos única intersección en infracción de un dispositivo de control del tráfico asociado;

y el método incluye además:

40 determinar si las condiciones predominantes indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección; e

inhabilitar dicha emisión de un aviso a un conductor del vehículo sujeto (100) en respuesta a una predicción cuando las condiciones predominantes indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección.

45 13. Un dispositivo de prevención de colisión (1000) para prevenir la colisión de un vehículo sujeto (100), incluyendo:

al menos una unidad de radar (200) configurada para explorar al menos un carril que va a una intersección;

50 una unidad de procesamiento (118) adaptada para procesar datos recibidos por la al menos única unidad de radar (200) para detectar la presencia de un vehículo amenaza (102) en el al menos único carril; y una interface (114) adaptada para emitir un aviso,

55 **caracterizado** porque la unidad de procesamiento (116) está adaptada además para predecir si el vehículo sujeto (100) y el vehículo amenaza (102) ocuparán la intersección al mismo tiempo, y porque la interface (114) emite la señal de aviso en respuesta a dicha predicción.

60 14. El dispositivo de prevención de colisiones (1000) de la reivindicación 13, donde el dispositivo de prevención de colisiones (1000) está montado en el vehículo sujeto (100).

15. El dispositivo de prevención de colisiones de la reivindicación 13, donde la al menos única unidad de radar (200) incluye:

65 antenas de radar izquierda, derecha y central; incluyendo además el dispositivo:

un controlador programado para oscilar dichas antenas de radar izquierda y derecha alrededor de un ángulo predeterminado con relación a puntos de control izquierdo y derecho respectivamente, representando los puntos de control posiciones en carriles izquierdo y derecho que desembocan en una intersección; y

estando programado dicho controlador para alejar dichos puntos de control izquierdo y derecho de la intersección cuando el vehículo sujeto se aproxima a la intersección.

16. El dispositivo de prevención de colisiones de la reivindicación 15, incluyendo además:

una base de datos de mapas (206) incluyendo una intersección;

estando programado dicho controlador para inhabilitar la operación de dichas antenas de radar izquierda, derecha y central (200) en respuesta a que dicha base de datos de mapas (112) indica una ausencia de carriles que desembocan en dicha intersección en las zonas cubiertas por las antenas de radar izquierda, derecha y central, respectivamente.

17. El dispositivo de prevención de colisiones de la reivindicación 16, incluyendo además:

una base de datos de mapas (208) incluyendo una intersección;

un rastreador (204) capaz de distinguir un vehículo amenaza (102) de otros objetos detectados por dichas antenas de radar izquierda, derecha y central (200);

siendo al menos uno de dichos rastreadores (204) y dichos controladores capaz de determinar si dicho vehículo sujeto (100) y dicho vehículo amenaza (102) ocuparán la intersección al mismo tiempo;

estando programado dicho controlador para emitir una señal de aviso, mediante la interface (114) en respuesta a si dicho vehículo sujeto (100) y dicho vehículo amenaza (102) ocuparán la intersección al mismo tiempo y cuando las condiciones predominantes no indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección.

18. El dispositivo de prevención de colisiones de la reivindicación 17, donde dicho rastreador (204) es capaz de excluir como vehículos amenaza (102) cualesquiera objetos detectados por dichas antenas de radar izquierda, derecha y central (200) que están estacionarios o se alejan de la intersección.

19. El dispositivo de prevención de colisiones de la reivindicación 13, donde la al menos única unidad de radar (200) incluye:

antenas de radar izquierda, derecha y central; y el dispositivo (1000) incluye además:

una base de datos de mapas (206), incluyendo un mapa en la base de datos una intersección;

un rastreador (204) capaz de distinguir un vehículo amenaza (102) que se aproxima a la intersección de otros objetos detectados por dichas antenas de radar izquierda, derecha y central; y

estando programado dicho procesador (116) para emitir una señal de aviso en respuesta a si dicho vehículo sujeto (100) y dicho vehículo amenaza (102) ocuparán una intersección al mismo tiempo y cuando las condiciones predominantes no indican una baja probabilidad de una colisión en la intersección.

20. El dispositivo de la reivindicación 19, donde una condición predominante que indica una baja probabilidad de colisión incluye el vehículo amenaza (102) que se aproxima a una intersección por la izquierda del vehículo sujeto (100), y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada.

21. El dispositivo de la reivindicación 19, donde una condición predominante que indica una baja probabilidad de colisión incluye el vehículo amenaza (102) que se aproxima a una intersección por delante del vehículo sujeto (100), y uno de:

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la izquierda y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada; el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la derecha y el vehículo amenaza (102) no está decelerando más de una cantidad predeterminada;

el vehículo sujeto (100) no ha activado una señal de giro y el vehículo amenaza (102) no está decelerando más de una cantidad predeterminada; y

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la derecha y no hay carril izquierdo que salga de la intersección.

22. El dispositivo de la reivindicación 19, donde una condición predominante que indica una baja probabilidad de colisión incluye el vehículo amenaza (102) que se aproxima a la intersección por la derecha del vehículo sujeto (100), y uno de:

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la izquierda y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada;

ES 2 267 728 T3

el vehículo sujeto (100) ha activado su señal de giro a la derecha: y

el vehículo sujeto (100) no ha activado una señal de giro y el vehículo amenaza (102) está decelerando más de una cantidad predeterminada.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG.1

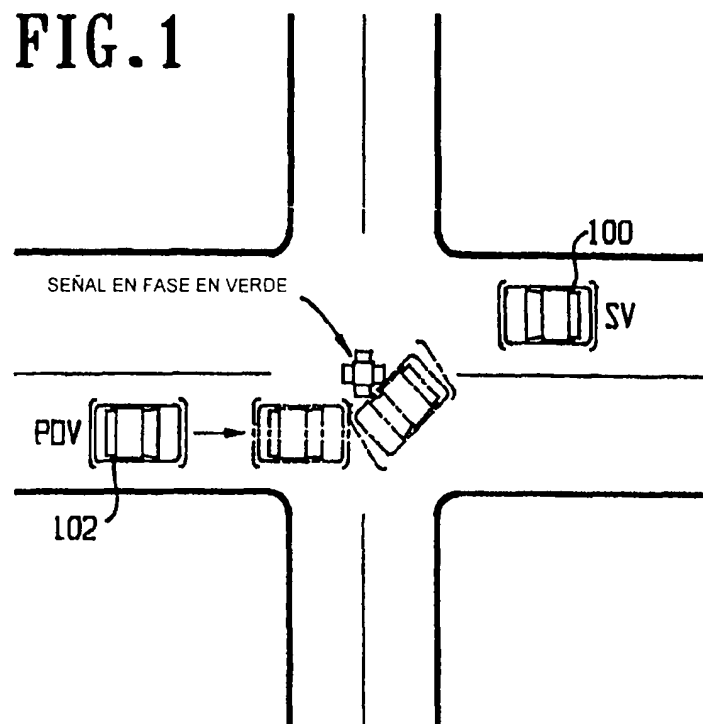


FIG.5

DISPOSITIVOS DE CONTROL DE TRÁFICO

REQUISITO DEL CONTROL DE TRÁFICO

RESPUESTA DEL CONDUCTOR AL CONTROL DE TRÁFICO

MANIOBRA PREVISTA

FACTORES CAUSALES

ERROR CRÍTICO DEL CONDUCTOR

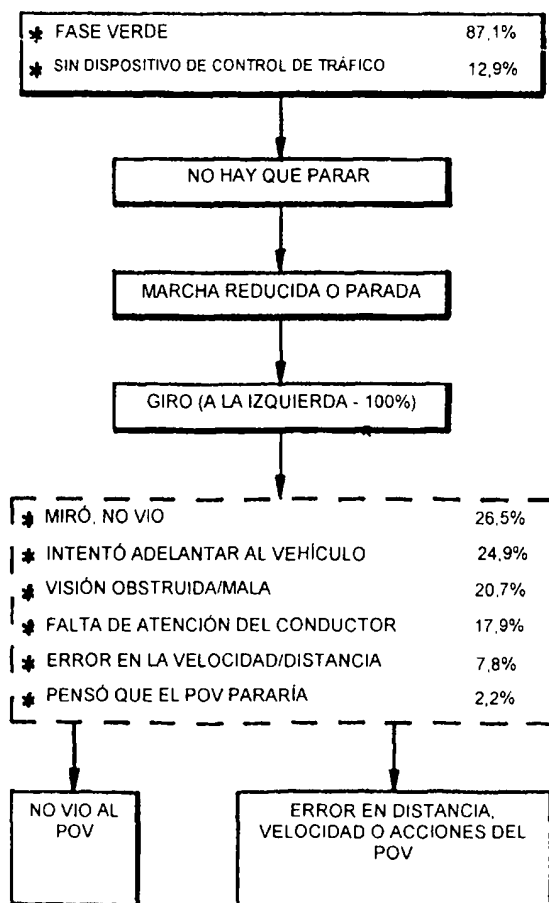


FIG.2

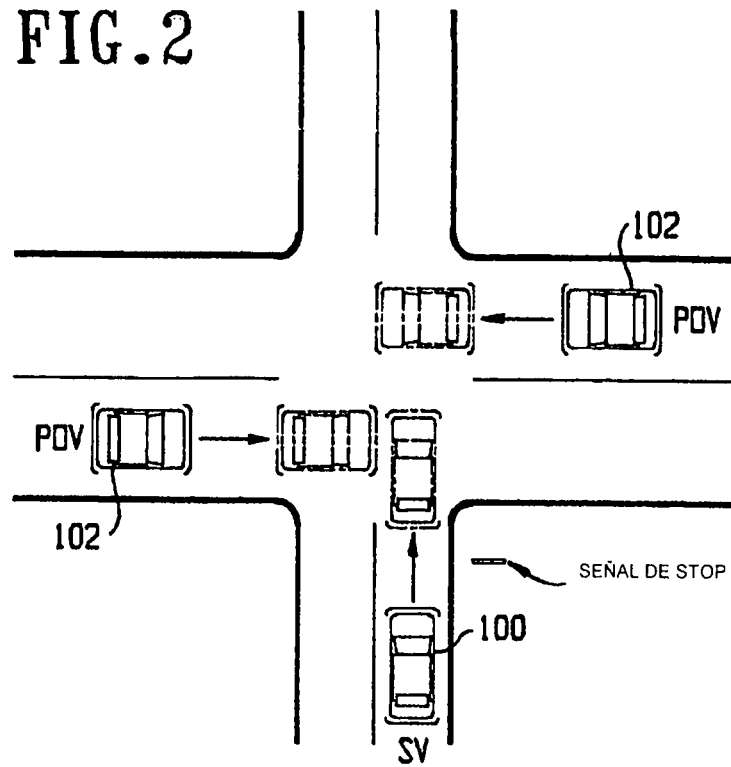


FIG.3

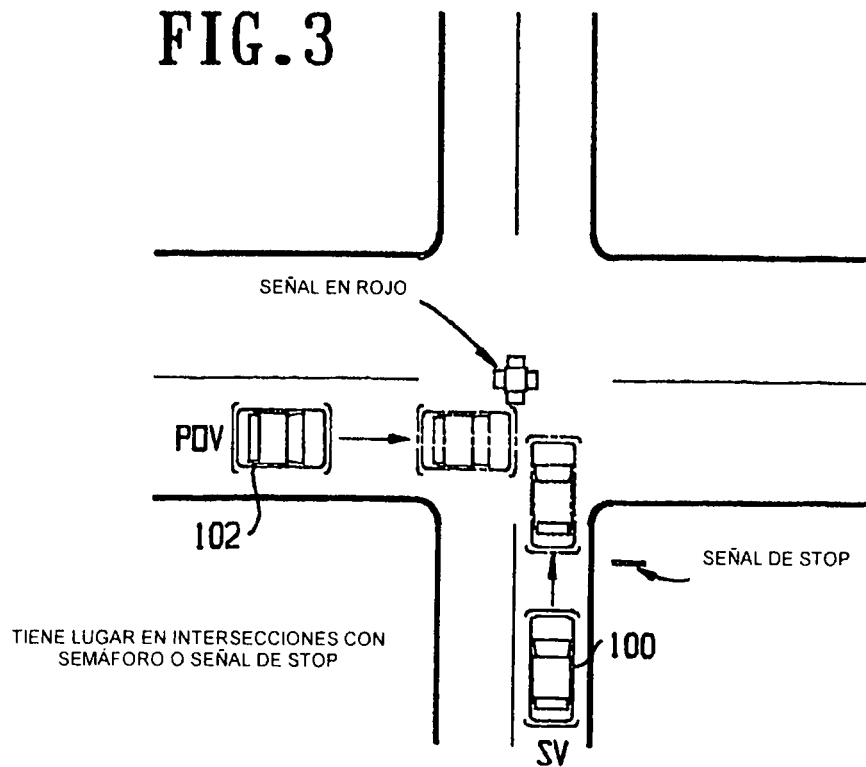


FIG.4

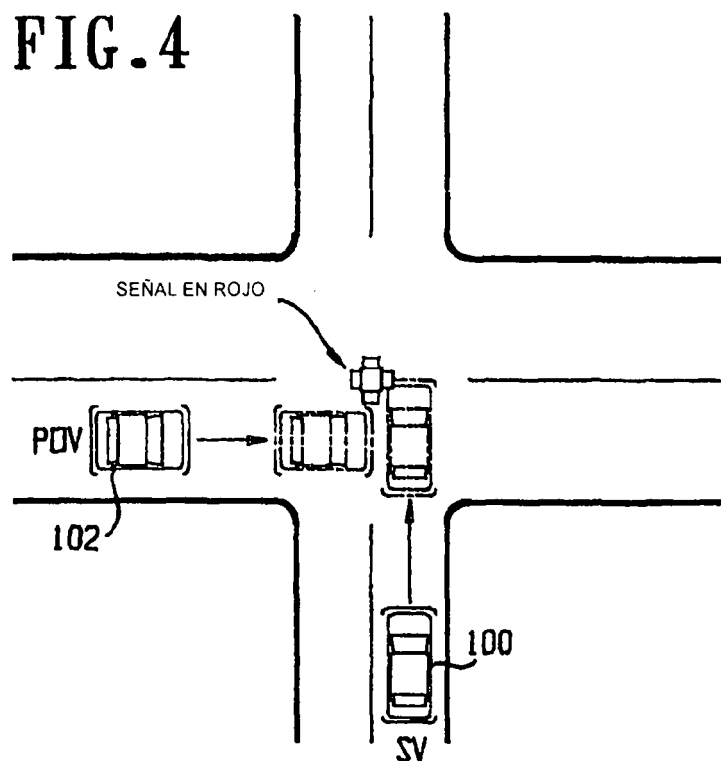
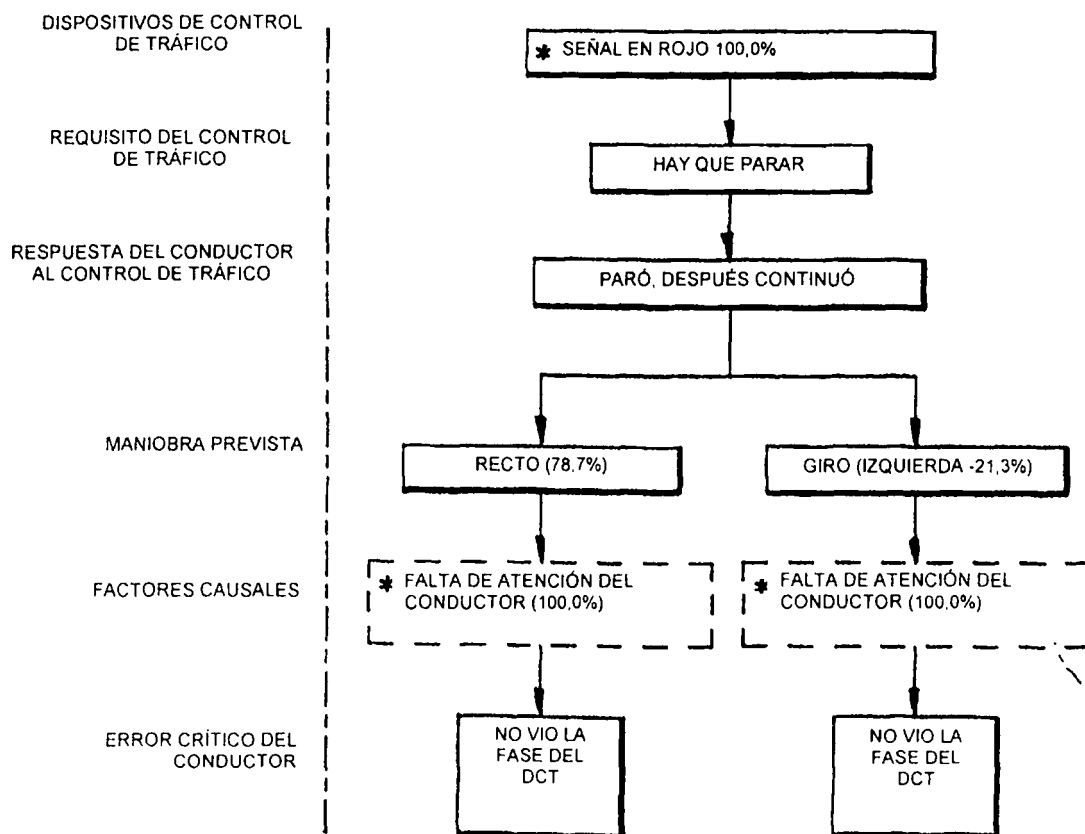


FIG.8



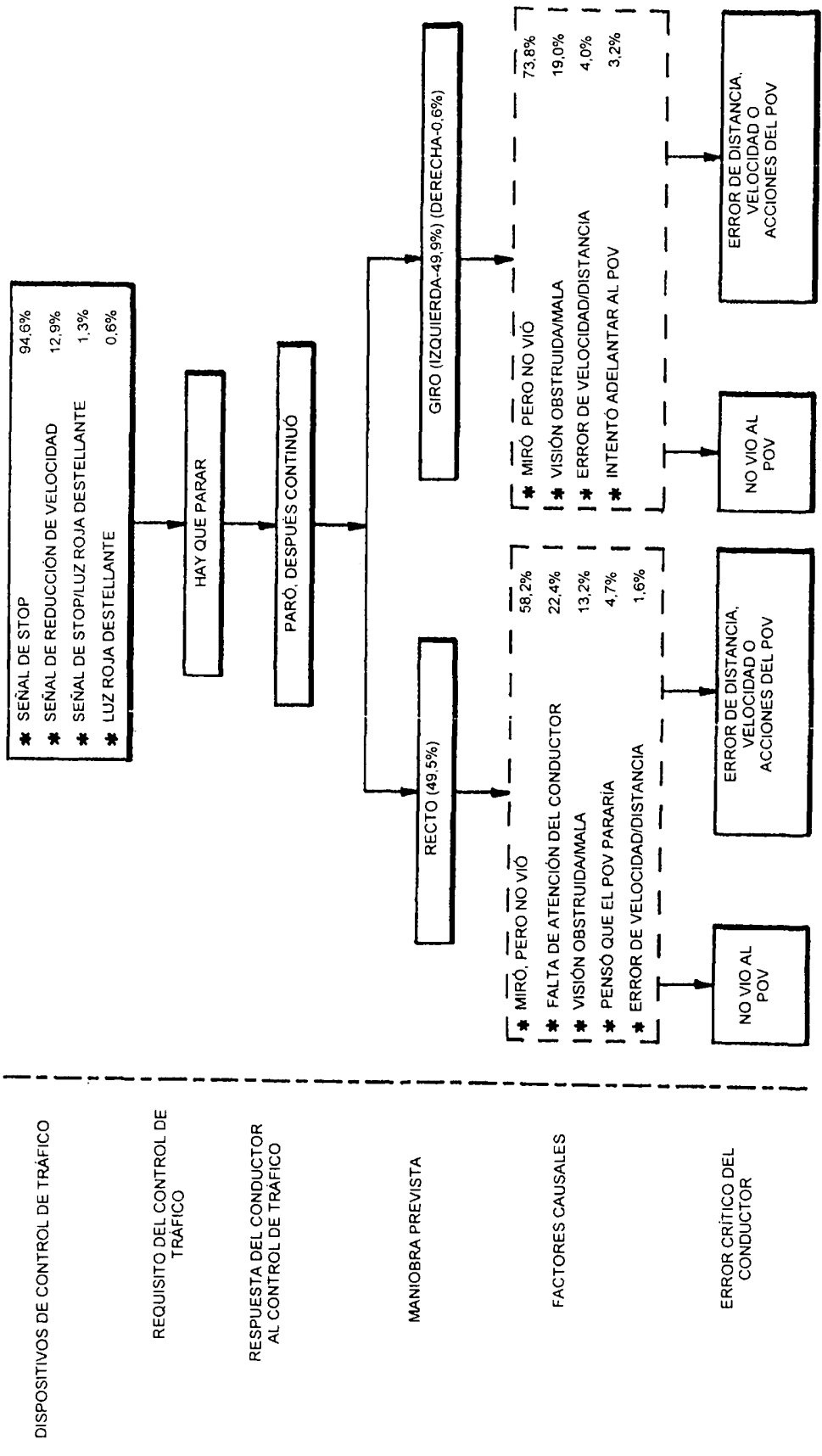
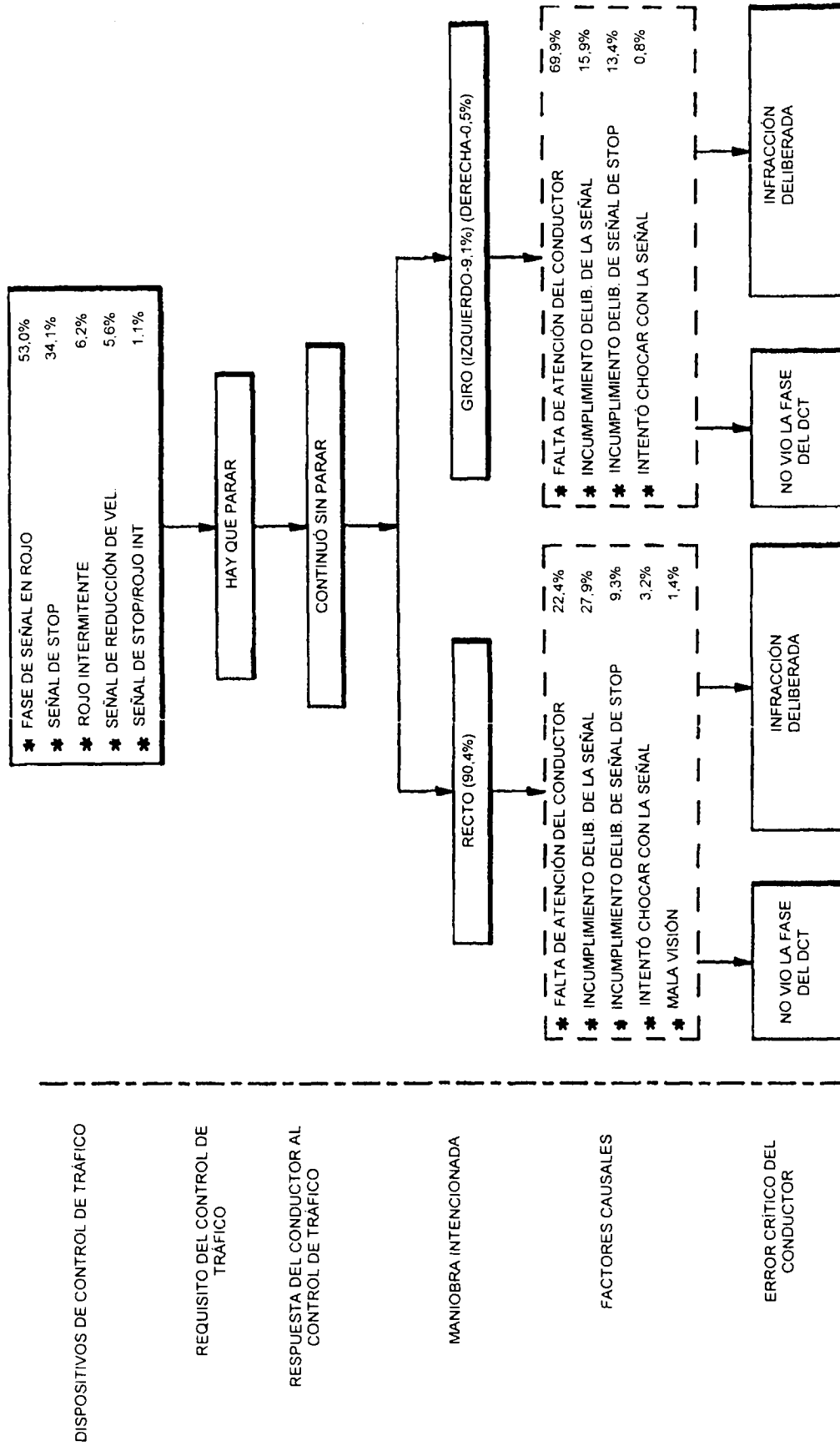


FIG.6



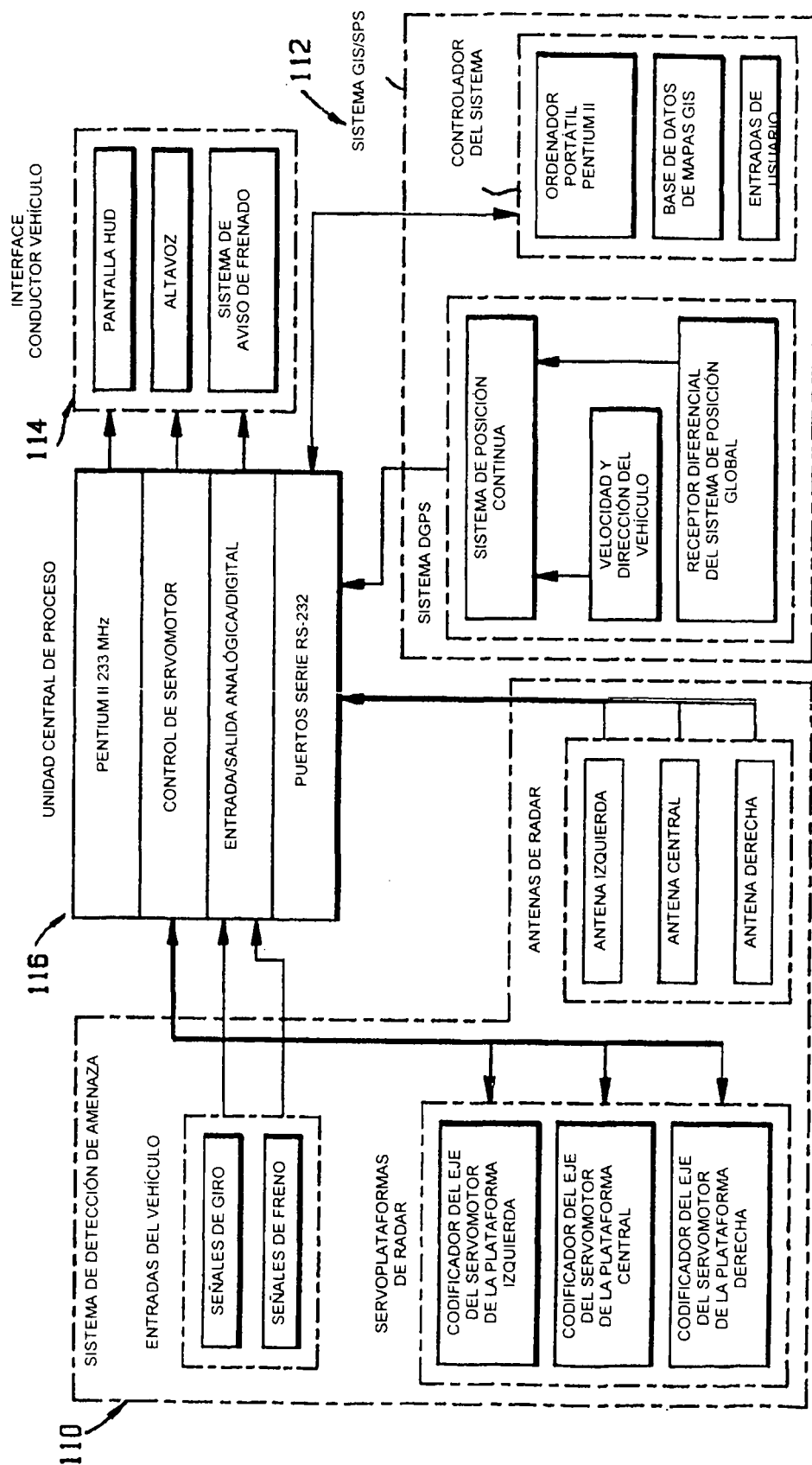
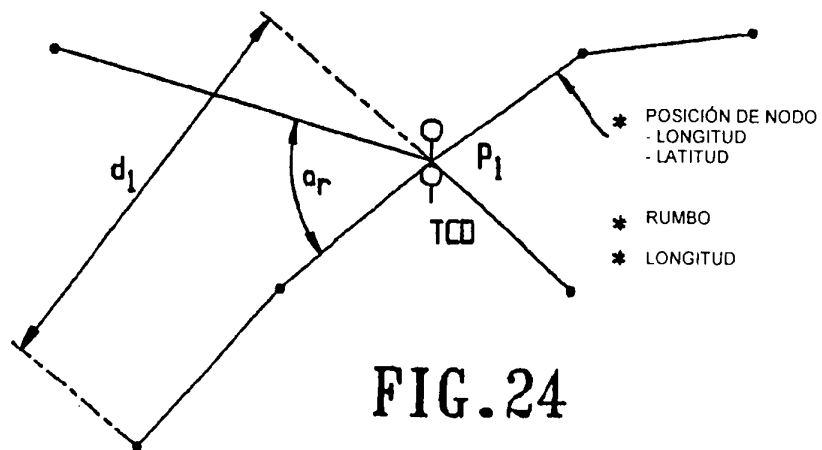
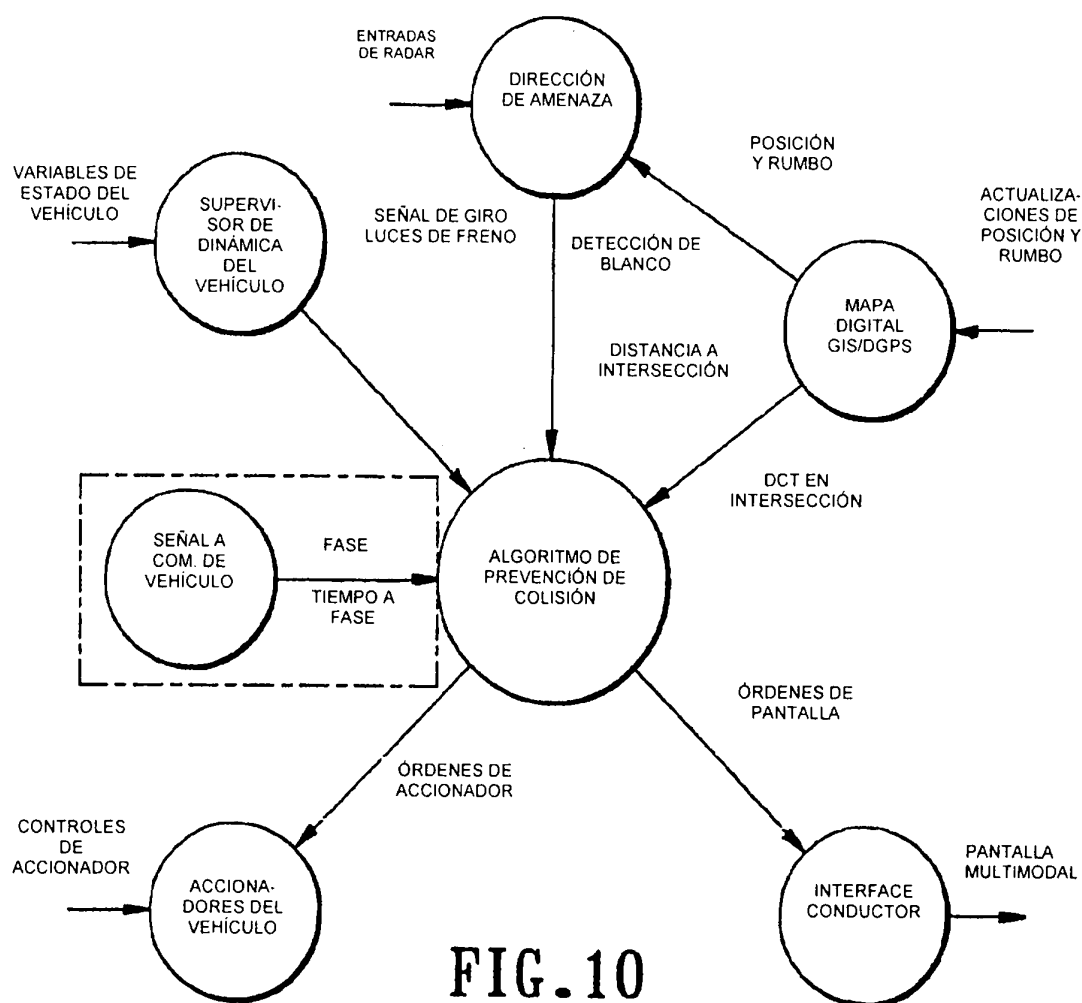


FIG. 9

1000



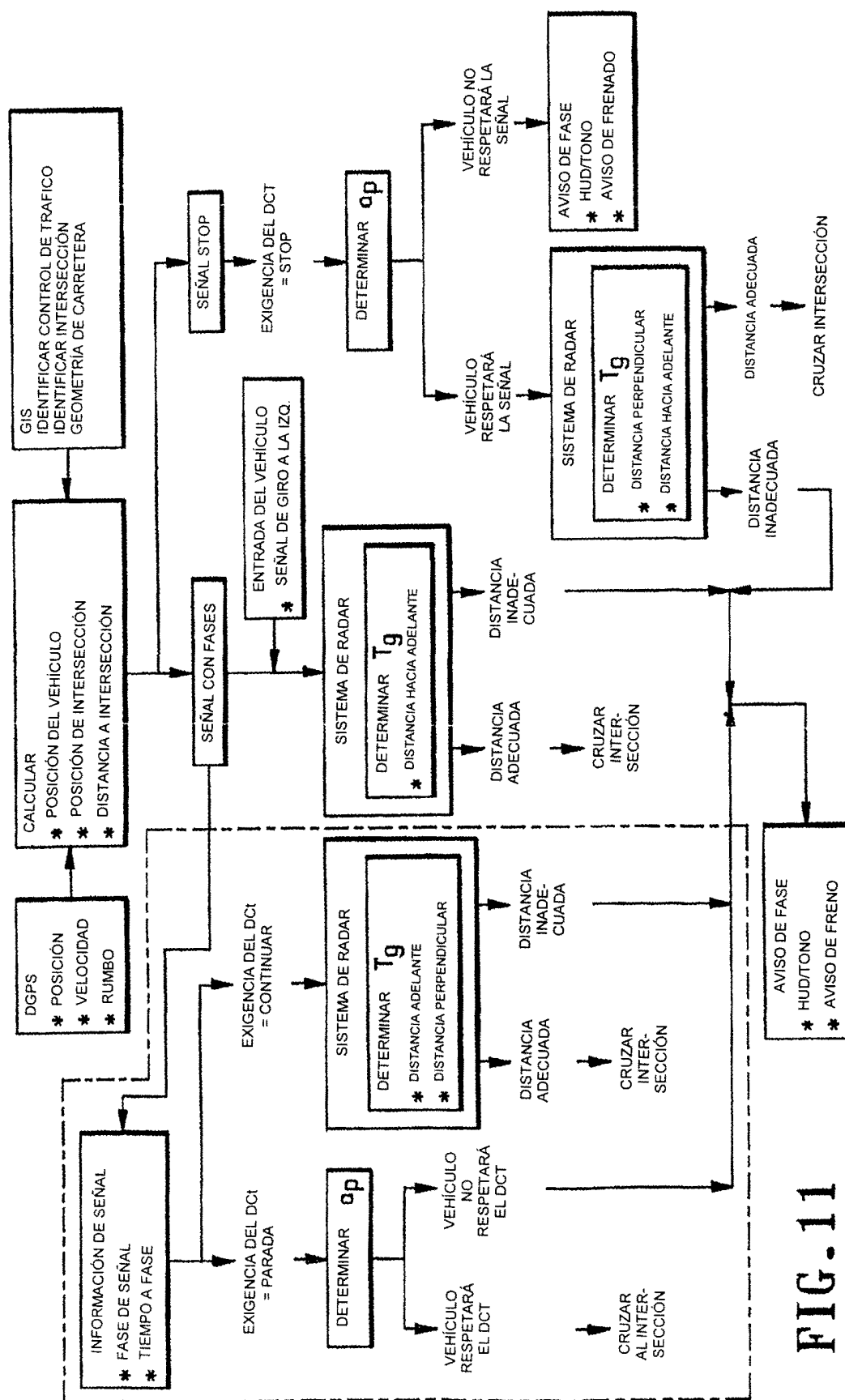


FIG. 11

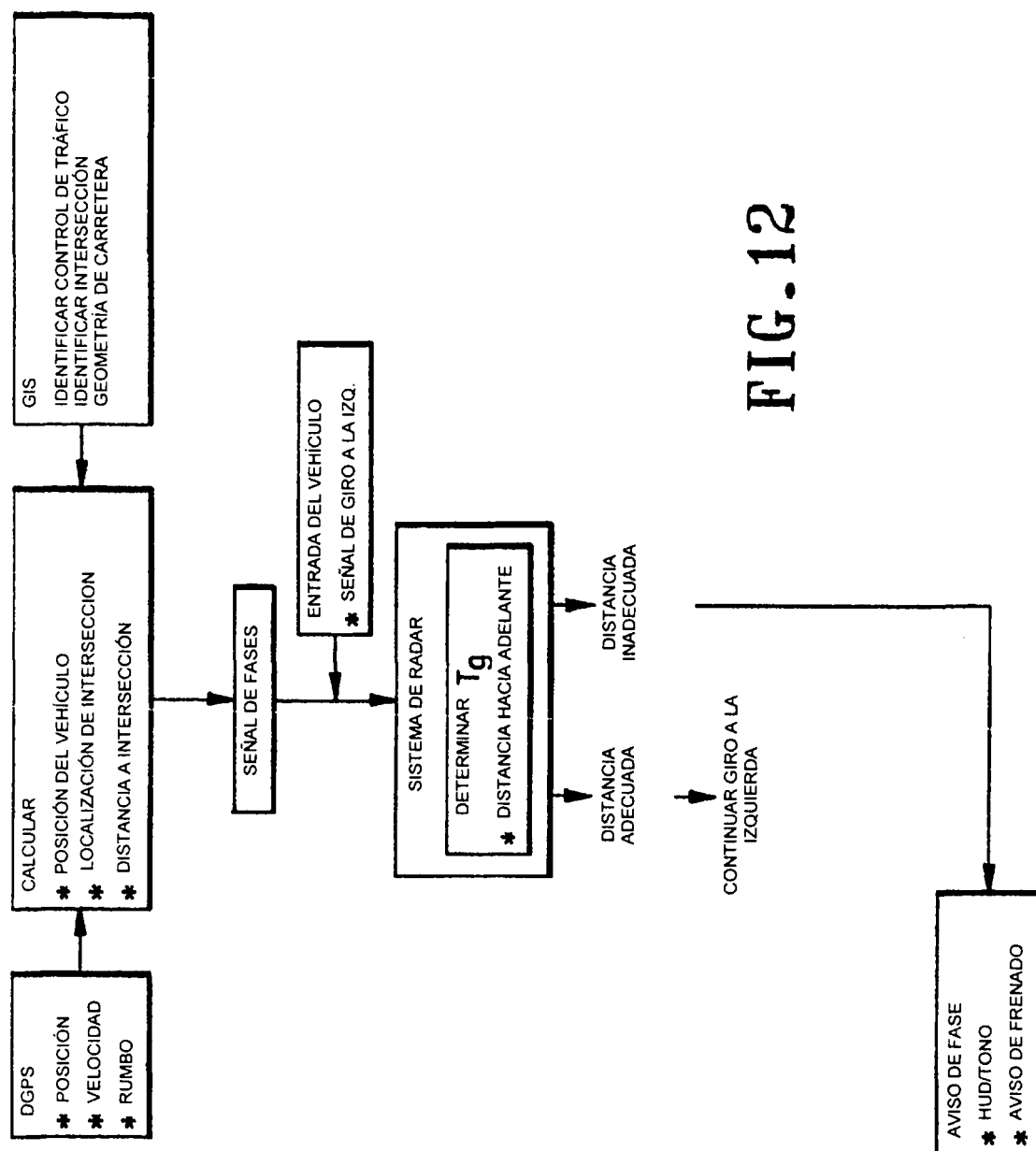


FIG. 12

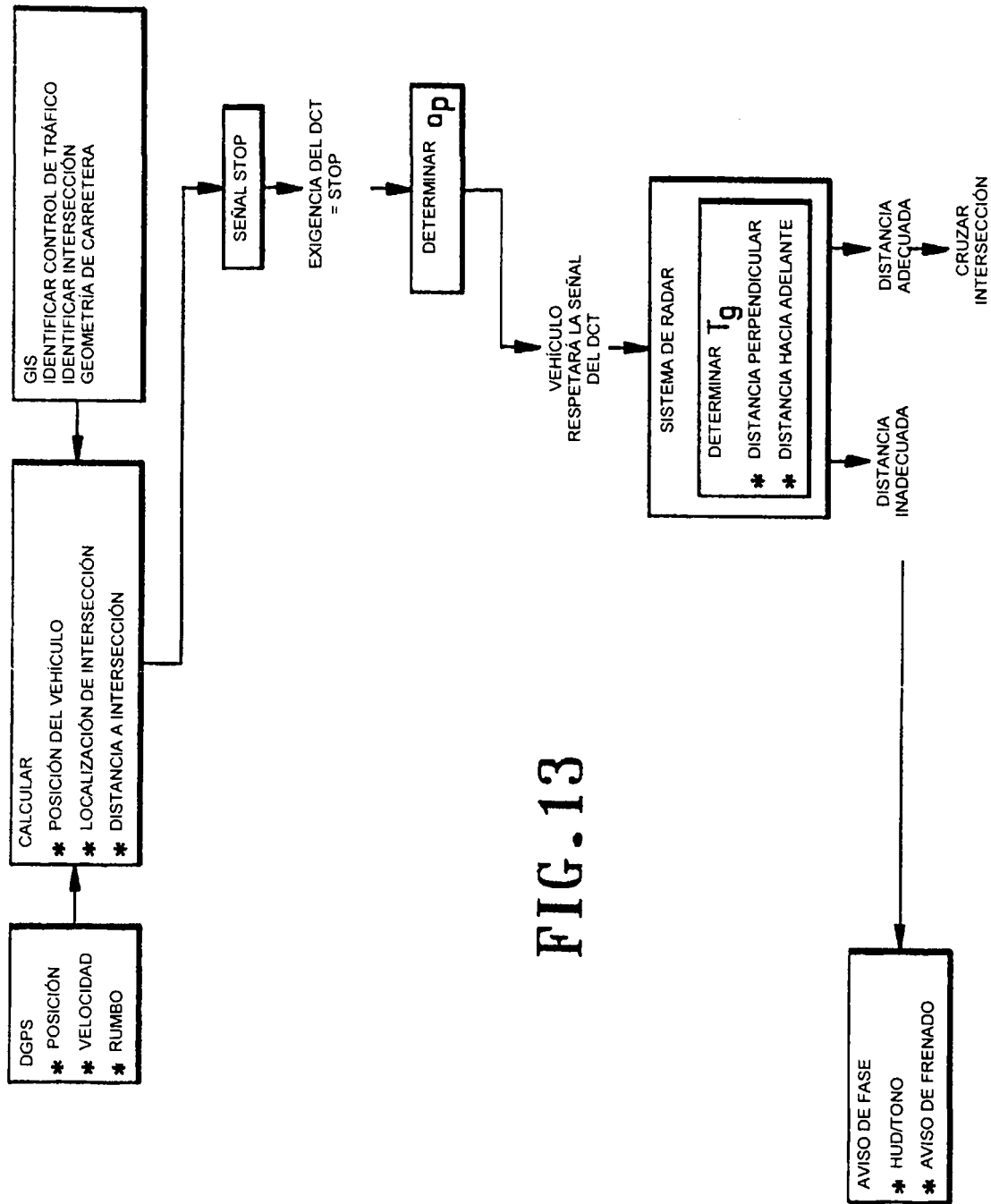


FIG.13

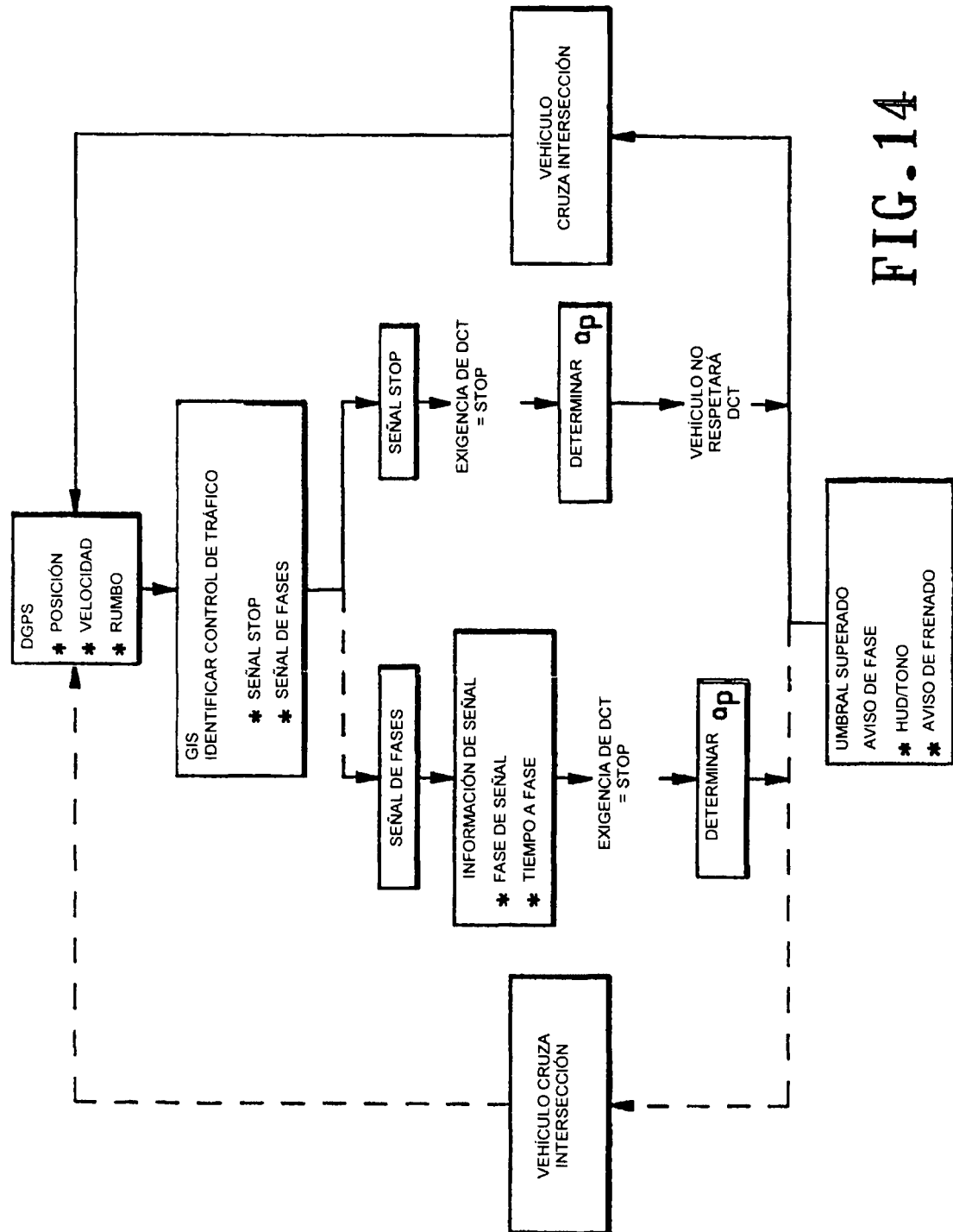


FIG. 14

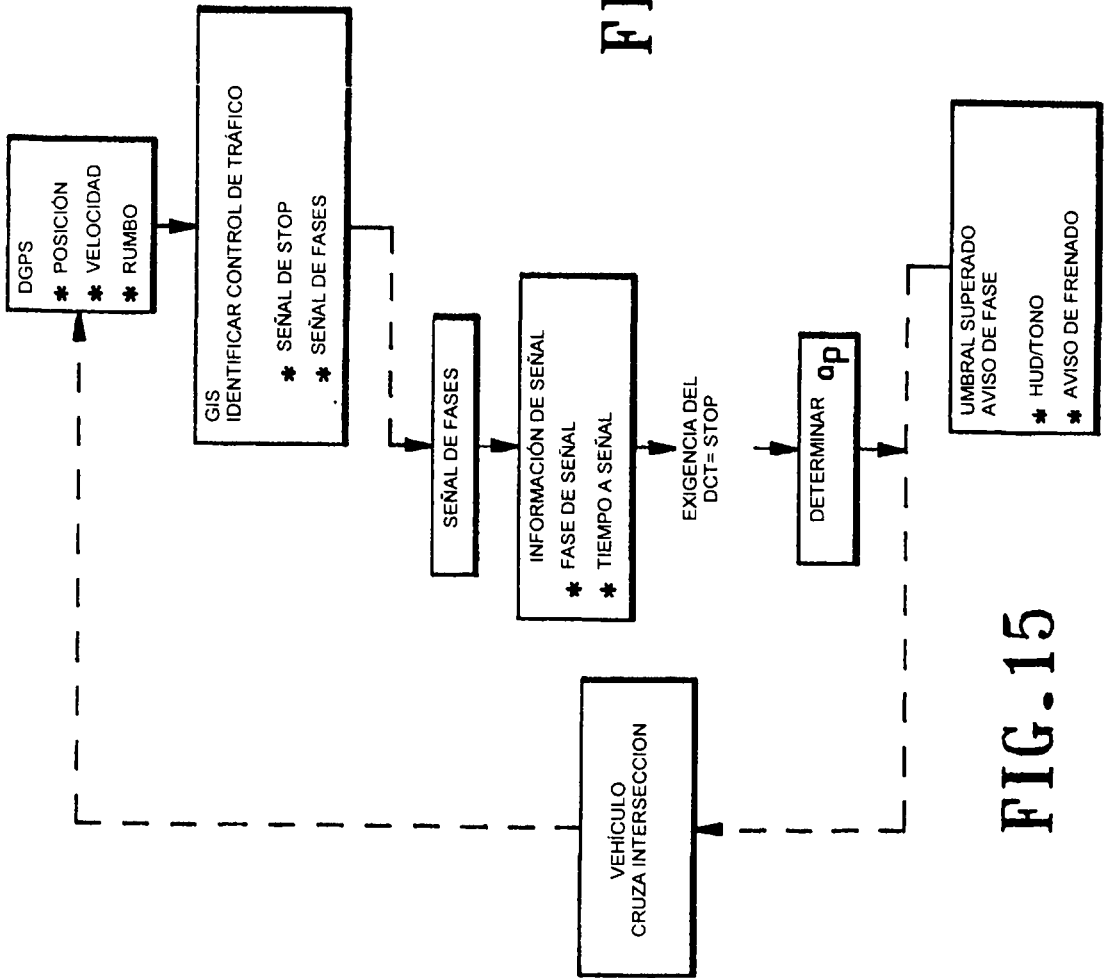


FIG. 15

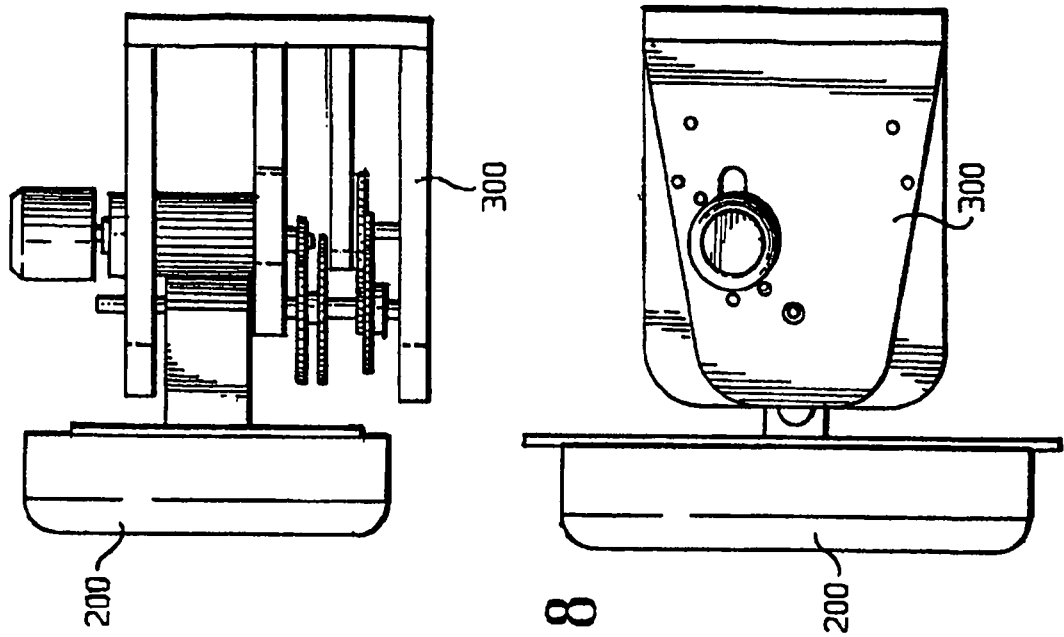


FIG. 18

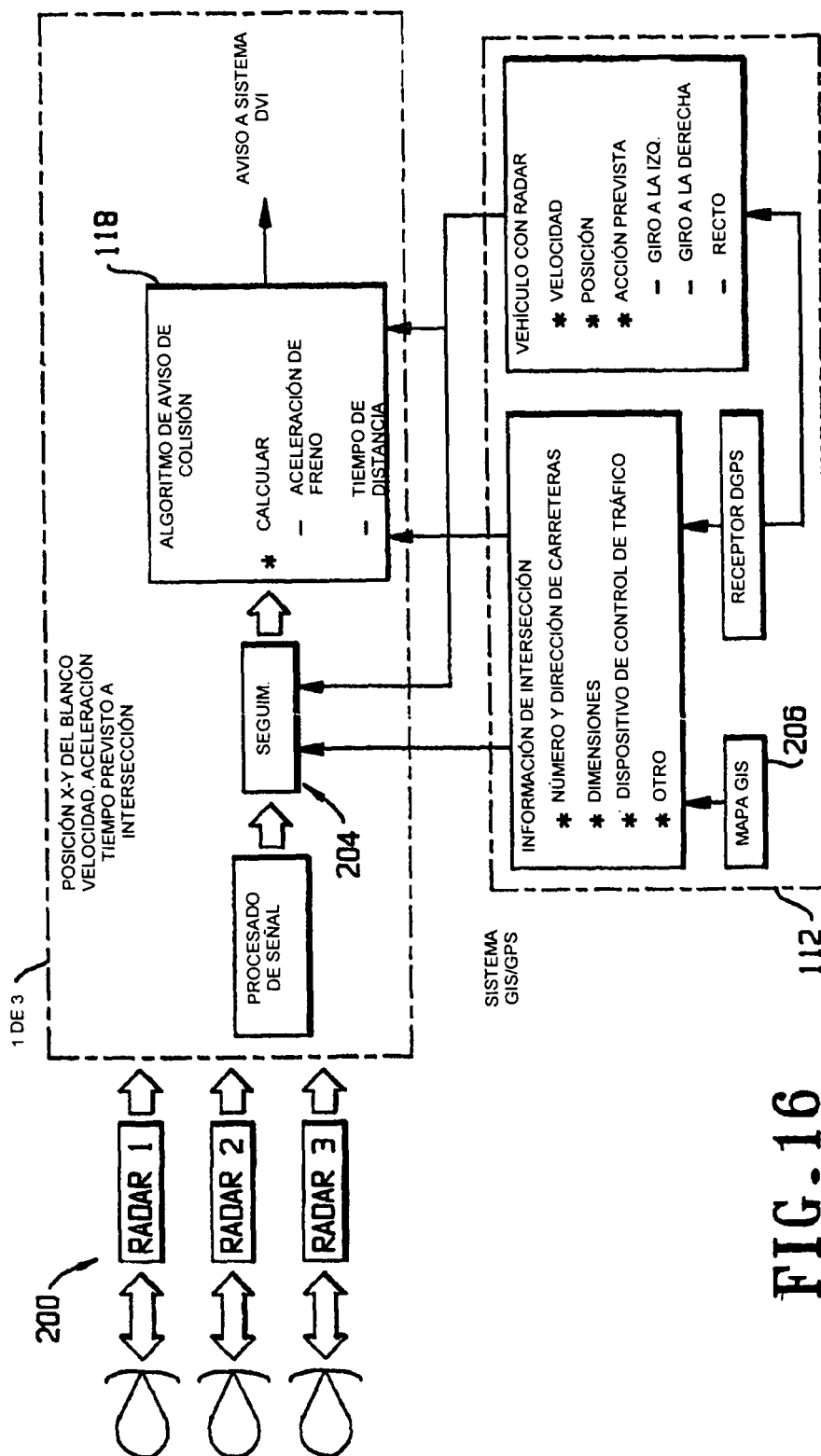


FIG. 16

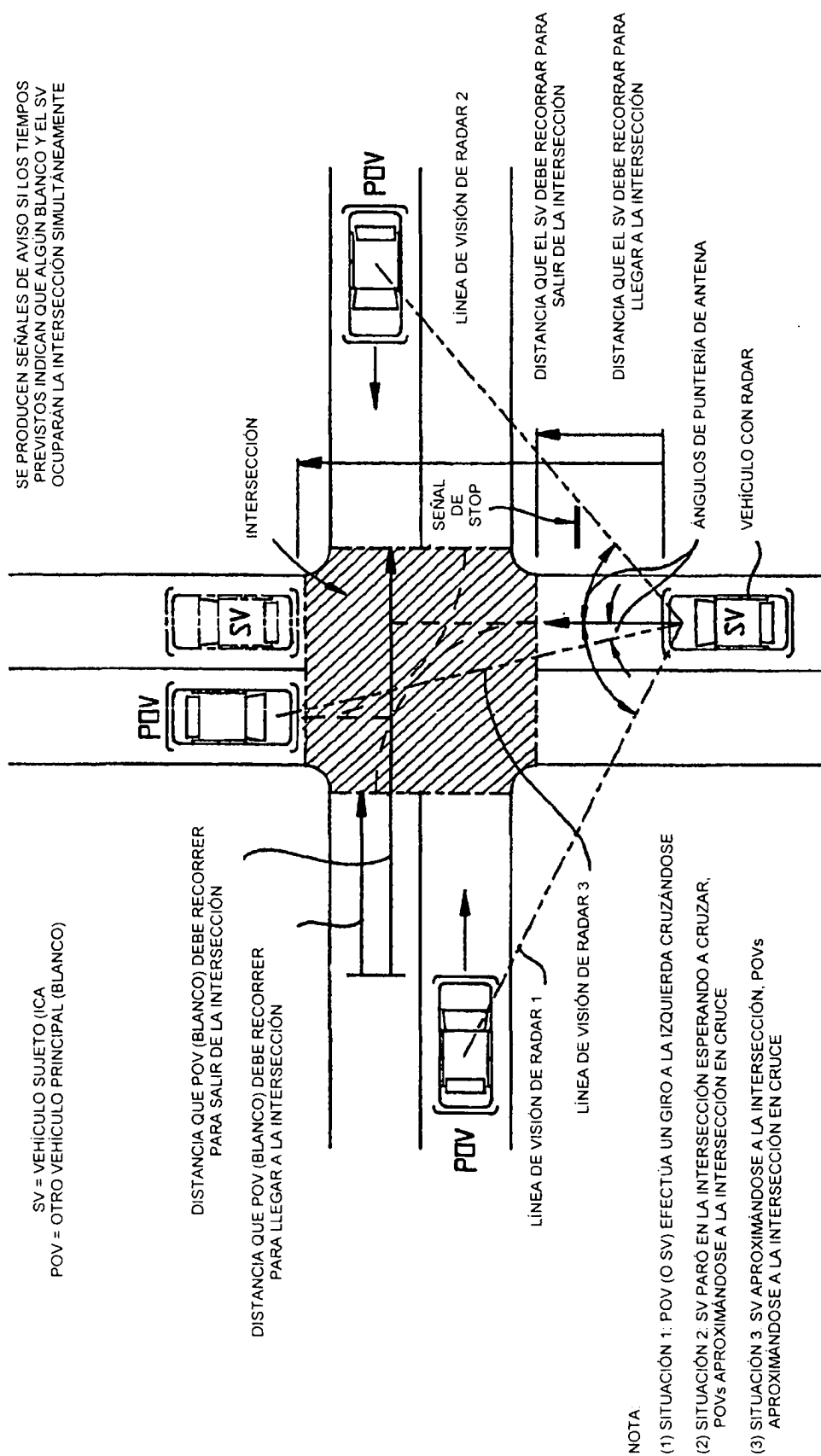
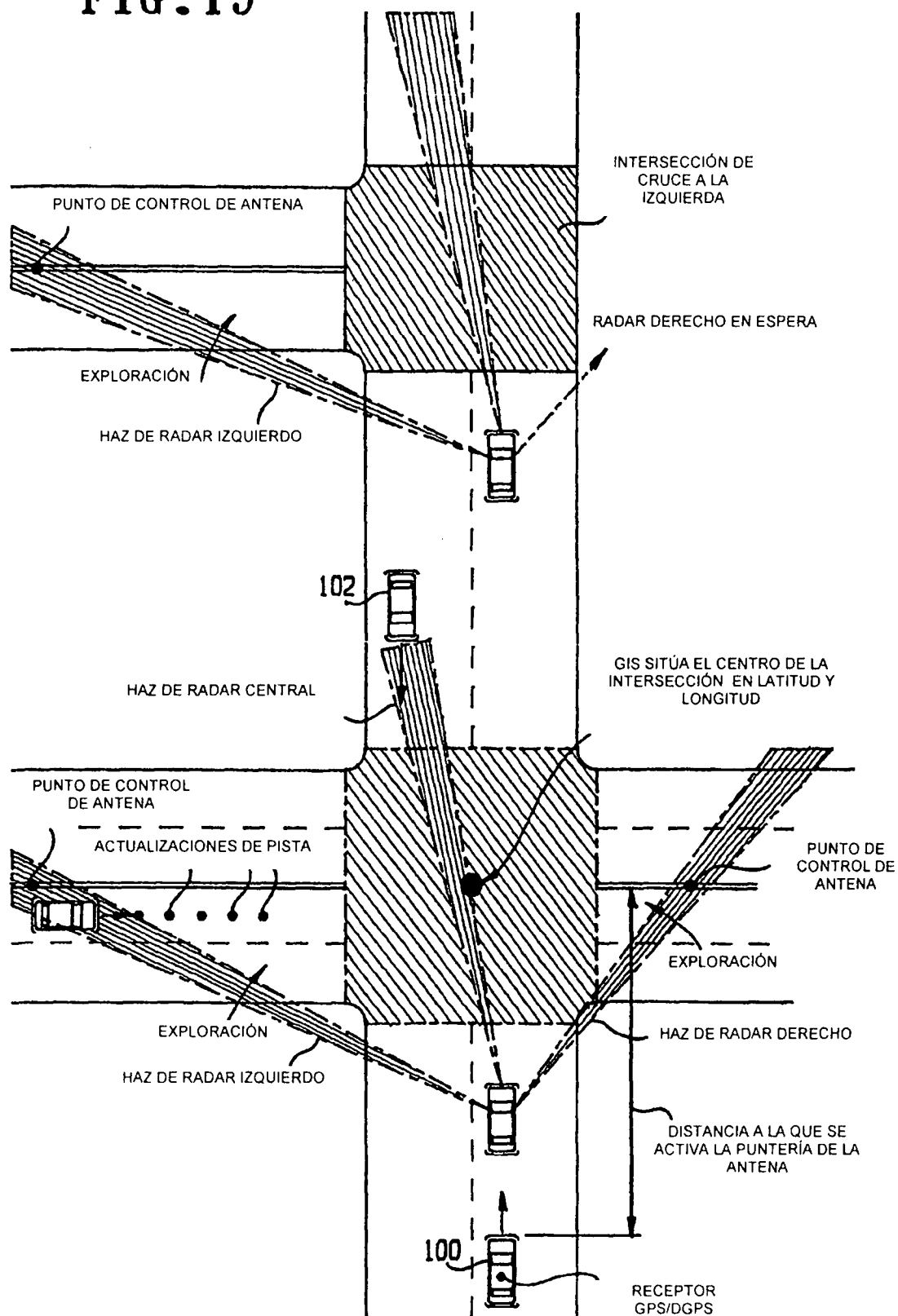


FIG. 17

FIG.19



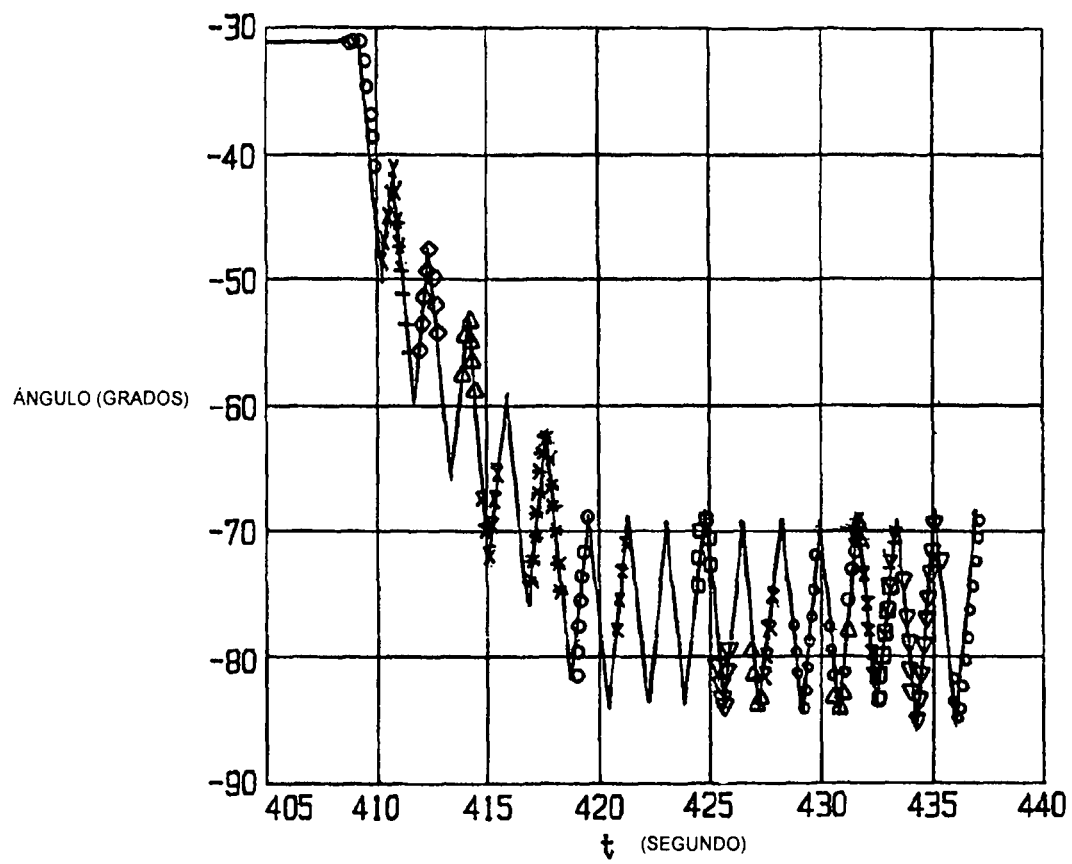


FIG. 20

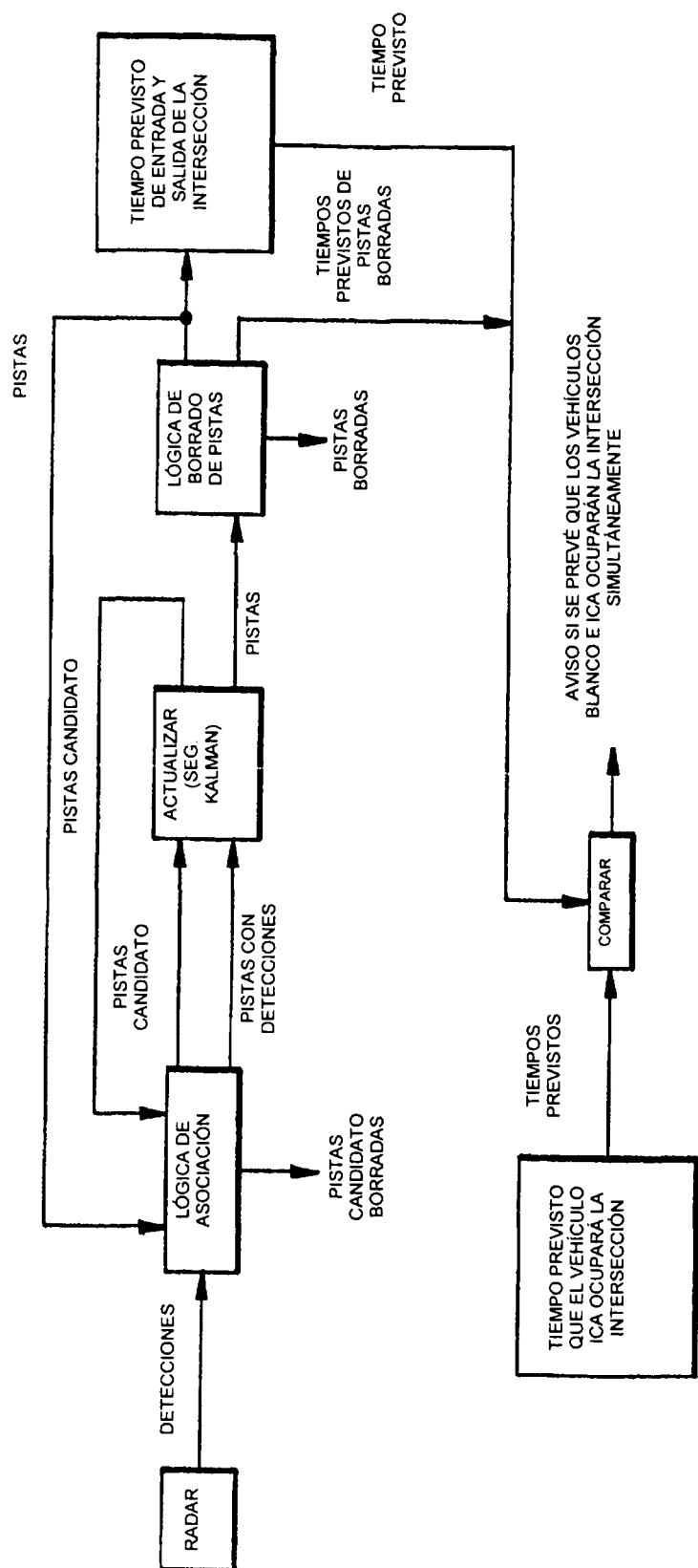


FIG. 21

