

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 849 979**

51 Int. Cl.:

G08G 1/087

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.09.2017** **PCT/US2017/051972**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.03.2018** **WO18057443**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.09.2017** **E 17772852 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.11.2020** **EP 3516640**

54 Título: **Temporización de presentación de solicitudes de prioridad de señales de tránsito para reducir los tiempos de parada de los vehículos de tránsito**

30 Prioridad:

22.09.2016 US 201615272579

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

24.08.2021

73 Titular/es:

**GLOBAL TRAFFIC TECHNOLOGIES LLC (100.0%)
7800 Third Street North
St. Paul, MN 55128, US**

72 Inventor/es:

BALLER, JONATHAN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 849 979 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

Temporización de presentación de solicitudes de prioridad de señales de tránsito para reducir los tiempos de parada de los vehículos de tránsito

Campo de la invención

- 5 La divulgación describe en general procedimientos y sistemas para temporizar la sumisión de solicitudes de prioridad de señales de tránsito para controlar las señales de tránsito.

Antecedentes

- 10 Las señales de tráfico se han utilizado durante mucho tiempo para regular el flujo de tráfico en las intersecciones. En general, las señales de tráfico se han basado en temporizadores o sensores de vehículos para determinar cuándo cambiar las luces de señales de tránsito, lo que indica que las direcciones alternas del tráfico deben detenerse y otras continuar.

- 15 Los vehículos de emergencia, tales como carros de policía, camiones de bomberos y ambulancias, generalmente tienen derecho a cruzar una intersección contra una señal de tráfico. En el pasado, los vehículos de emergencia por lo general dependían de bocinas, sirenas y luces intermitentes para alertar a otros conductores que se acercan a la intersección de que un vehículo de emergencia tiene la intención de cruzar la intersección. Sin embargo, debido a problemas de audición, aire acondicionado, sistemas de audio y otras distracciones, a menudo el conductor de un vehículo que se acerca a una intersección no se da cuenta de que un vehículo de emergencia que se aproxima emite una advertencia.

- 20 Los sistemas de prioridad de control de tráfico ayudan a los vehículos autorizados (policía, bomberos y otros vehículos de seguridad pública o de tránsito) a través de intersecciones señalizadas haciendo solicitudes de preferencia a los controladores de intersección que controlan los semáforos en las intersecciones. El controlador de intersección puede responder a la solicitud de preferencia del vehículo cambiando las luces de intersección a verde en la dirección de desplazamiento del vehículo que se aproxima. Este sistema mejora el tiempo de respuesta del personal de seguridad pública, al tiempo que reduce las situaciones peligrosas en las intersecciones cuando un
25 vehículo de emergencia intenta cruzar con una luz en rojo. Además, la velocidad y la eficiencia del horario se pueden mejorar para los vehículos de tránsito.

- 30 En la actualidad, existe un número de sistemas de control de tráfico de preferencia conocidos que tienen equipos instalados en determinadas señales de tráfico y en vehículos autorizados. Uno de estos sistemas que se utiliza hoy en día es el sistema OPTICOM®. Este sistema utiliza un tubo estroboscópico de alta potencia (emisor), que se encuentra dentro o sobre el vehículo y genera pulsos de luz a una tasa predeterminada, típicamente 10 Hz o 14 Hz. Un receptor, que incluye un fotodetector y los componentes electrónicos asociados, se monta típicamente en el brazo del mástil ubicado en la intersección y produce un número de pulsos de voltaje, cuyo número es proporcional a la intensidad de los pulsos de luz recibidos del emisor. El emisor genera suficiente potencia radiante para ser detectado a más de 2500 pies de distancia. El emisor de tubo estroboscópico convencional genera luz de amplio
35 espectro. Sin embargo, se utiliza un filtro óptico en el detector para restringir su sensibilidad a la luz solo en el espectro del infrarrojo cercano (IR). Esto minimiza la interferencia de otras fuentes de luz.

- 40 Los niveles de intensidad se asocian con cada aproximación de intersección para determinar cuándo un vehículo detectado está dentro del intervalo de la intersección. Los vehículos con códigos de seguridad válidos y un nivel de intensidad suficiente se revisan con otros vehículos detectados para determinar el vehículo de mayor prioridad. Los vehículos de prioridad equivalente se seleccionan por orden de llegada. Se emite una solicitud de preferencia al controlador para la dirección de aproximación con el vehículo de mayor prioridad viajando en ella.

- 45 Otro sistema común en uso hoy en día es el sistema de control de prioridad GPS OPTICOM. Este sistema utiliza un receptor GPS en el vehículo para determinar la ubicación, la velocidad y el rumbo del vehículo. La información se combina con información de codificación de seguridad que consiste en un identificador de agencia, clase de vehículo e identificación de vehículo, y se transmite a través de una radio patentada de 2,4 GHz.

- 50 Una radio equivalente de 2,4 GHz ubicada en la intersección junto con la electrónica asociada recibe la información del vehículo transmitida. Los accesos a la intersección se mapean utilizando lecturas GPS recopiladas de un vehículo que atraviesa los accesos o utilizando información de ubicación tomada de una base de datos de mapas. La ubicación y la dirección del vehículo se utilizan para determinar en cuál de los accesos mapeados se aproxima el vehículo hacia la intersección y la proximidad relativa a la misma. La velocidad y la ubicación del vehículo se utilizan para determinar el tiempo estimado de llegada (ETA) a la intersección y la distancia de viaje desde la intersección. El ETA y las distancias de viaje están asociados con cada aproximación de intersección para determinar cuándo un vehículo detectado está dentro del intervalo de la intersección y, por lo tanto, es un candidato de preferencia. Los
55 candidatos de preferencia con códigos de seguridad válidos se revisan con otros vehículos detectados para determinar el vehículo de mayor prioridad. Los vehículos de prioridad equivalente se seleccionan por orden de llegada. Se emite una solicitud de preferencia al controlador para la dirección de aproximación con el vehículo de mayor prioridad viajando en ella.

Con las redes metropolitanas cada vez más frecuentes, es posible que estén disponibles medios adicionales para detectar vehículos a través de redes cableadas, tales como Ethernet o fibra óptica, y redes inalámbricas, tales como celulares, Mesh o 802,11b/g. Con conectividad de red a la intersección, la información de seguimiento de vehículos se puede entregar a través de un medio de red. En este caso, la ubicación del vehículo es transmitida bien sea por el propio vehículo a través de la red o puede ser transmitida por una puerta de enlace intermedia en la red que puentea entre, por ejemplo, un medio inalámbrico utilizado por el vehículo y una red cableada en la que la electrónica de la intersección reside. En este caso, el vehículo o un intermediario informa, a través de la red, la información de seguridad del vehículo, la ubicación, la velocidad y el rumbo junto con el tiempo actual en el vehículo, las intersecciones en la red reciben la información del vehículo y evalúan la posición utilizando mapas de aproximación como el descrito en el sistema GPS Opticom. La codificación de seguridad podría ser idéntica a la del sistema Opticom GPS o emplear otro esquema de codificación. El documento JP2010044527 A divulga un procedimiento de control de prioridad para un vehículo de emergencia en un semáforo que determina un tiempo para emitir la solicitud de prioridad de señal de tránsito (TSP) en base al tiempo de llegada relativo a la fase del vehículo de emergencia y determina si se debe trancar una fase no verde o extender una fase verde en base a dicho tiempo de llegada relativo a la fase.

Sumario

En un procedimiento divulgado para enviar solicitudes de prioridad de señal de tránsito (TSP), un selector de fase recibe información TSP de un vehículo en el tiempo actual. El selector de fase determina a partir de la información del TSP, un tiempo estimado de llegada (ETA) del vehículo en una intersección que tiene una señal de tráfico controlada por un controlador de intersección. El selector de fase determina además una fase de llegada de la señal de tráfico en el ETA y un tiempo de llegada relativo a la fase del ETA en la fase de llegada. El selector de fase determina un tiempo para emitir la solicitud de TSP en base al tiempo de llegada relativo a la fase, de acuerdo con la reivindicación 1, y emite la solicitud de TSP al controlador de intersección en el momento determinado.

En un sistema de control de señales de tráfico divulgado, un selector de fase está configurado y dispuesto para recibir información TSP de un vehículo en un tiempo actual y para determinar a partir de la información TSP, un tiempo estimado de llegada (ETA) del vehículo en una intersección que tiene la señal de tránsito. El selector de fase se configura y dispone además para determinar una fase de llegada de la señal de tráfico en el ETA y para determinar un tiempo de llegada relativo a la fase del ETA en la fase de llegada. El selector de fase también está configurado y dispuesto para determinar un momento para emitir la solicitud de TSP en base al tiempo de llegada relativo a la fase de acuerdo con la reivindicación 15, y generar la solicitud de TSP en el momento determinado. El sistema de control de señales de tráfico incluye además un controlador de intersección acoplado al selector de fase y al semáforo, el controlador de intersección está configurado y dispuesto para ajustar una fase de la señal de tráfico en respuesta a la solicitud de TSP.

Se reconocerán otras realizaciones a partir de la consideración de la descripción detallada y las reivindicaciones, que siguen.

Breve descripción de los dibujos

Diversos aspectos y ventajas de las realizaciones divulgadas resultarán evidentes al revisar la siguiente descripción detallada y al hacer referencia a los dibujos en los que:

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar un tiempo adecuado para enviar y luego esperar para enviar una solicitud de prioridad de señal de tránsito (TSP);

La figura 2 muestra una disposición de control de señales de tráfico que tiene un selector de fase que determina un momento adecuado para enviar una solicitud de TSP;

La figura 3 ilustra las fases de una señal de tráfico durante un período de tiempo;

La figura 4 ilustra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase verde, el ETA precede a un umbral de truncamiento no verde y la fase no verde anterior está truncada;

La figura 5 muestra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase verde, el ETA está después de un umbral de truncamiento no verde y la fase verde de llegada se extiende;

La figura 6 muestra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase no verde, y el ETA está antes de un umbral de extensión verde, y la fase verde anterior se extiende;

La figura 7 muestra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase no verde, y el ETA está después de un umbral de extensión verde y la fase no verde está truncada;

La figura 8 muestra un escenario en el que una solicitud de TSP realizada dentro de la ventana de extensión verde da como resultado una extensión verde;

La figura 9 muestra un escenario en el que una solicitud de TSP realizada dentro de la ventana de truncamiento no verde da como resultado un truncamiento no verde;

La figura 10 muestra un procedimiento para establecer y rastrear la duración promedio de una fase no verde y establecer y rastrear la duración promedio de un truncamiento no verde;

5 La figura 11 muestra un procedimiento realizado por el selector de fase en la transición de una fase verde a una fase no verde, actualizando la duración promedio de una fase verde y controlando la fase verde y los temporizadores de fase no verde;

La figura 12 muestra un procedimiento de cronometraje de la duración entre el tiempo en que se envía una solicitud de TSP al controlador de intersección y el tiempo en que se otorga el TSP;

10 La figura 13 muestra un procedimiento mediante el cual se recopilan datos para determinar un desplazamiento de ETA que se puede utilizar para calcular un ETA ajustado;

La figura 14 muestra un procedimiento para determinar el tiempo para emitir una solicitud de TSP;

15 La figura 15 muestra las fases de una señal de tránsito y el tiempo en el que se recibe por primera vez la información TSP de un vehículo, el ETA ajustado del vehículo, el tiempo total de las fases (Fases Totales) a través del ETA ajustado y la Siguiente Fase después del ETA;

La figura 16 muestra un escenario en el que el ETA ajustado de un vehículo está en una fase verde, el ETA ajustado está antes de un umbral de truncamiento no verde y el Tiempo_para_emitir se calcula en base al tiempo de truncamiento no verde deseado y un desplazamiento requerido para obtener el truncamiento en el tiempo deseado;

20 La figura 17 muestra un escenario en el que el ETA ajustado de un vehículo está en una fase verde, el ETA ajustado es antes después del umbral de truncamiento no verde, y el Tiempo_para_emitir se calcula en base al tiempo de extensión verde deseado y un desplazamiento requerido para obtener la extensión en el tiempo deseado; y

25 La figura 18 muestra un escenario en el que el ETA ajustado de un vehículo se encuentra después del umbral de truncamiento no verde en una fase verde, y el Tiempo_para_emitir calculado cae dentro de la ventana sin tratamiento TSP dada.

Descripción detallada de los dibujos

30 En la siguiente descripción, se establecen numerosos detalles específicos para describir ejemplos específicos presentados en la presente memoria. Sin embargo, para un experto en la técnica debería resultar evidente que se pueden poner en práctica uno o más ejemplos y/o variaciones de estos ejemplos sin todos los detalles específicos que se dan a continuación. En otros casos, no se han descrito en detalle características bien conocidas para no oscurecer la descripción de los ejemplos en la presente memoria. Para facilitar la ilustración, se pueden usar los mismos números de referencia en diferentes diagramas para referirse a los mismos elementos o instancias adicionales del mismo elemento.

35 El equipo para controlar las señales de tráfico en una intersección generalmente incluye un controlador de intersección que recorre las fases verde, amarilla y roja de un semáforo y un selector de fase que recibe información de identificación y seguimiento de los vehículos. El selector de fase determina cuándo enviar una solicitud de prioridad de señal de tránsito (TSP) al controlador en base al ETA y/o la distancia entre el vehículo de tránsito y la intersección. En respuesta a una solicitud de TSP, el controlador de intersección puede desviarse de las fases cronometradas y extender la duración de una fase verde o truncar la duración de una fase roja para reducir o eliminar el tiempo de parada en la intersección para un vehículo de tránsito.

40 El uso solo del ETA y/o la distancia de un vehículo de tránsito desde la intersección para controlar cuándo se emite una solicitud de TSP al controlador de la intersección, a veces puede ser perjudicial para el objeto de reducir la congestión. En los sistemas actuales, cuando la información recibida de un vehículo alcanza el umbral ETA/distancia para que el selector de fase emita una solicitud de TSP, el selector de fase emite la solicitud de TSP sin importar la fase actual o la duración de las fases de la señal de tráfico. En algunos casos, es posible que el vehículo de tránsito no se beneficie de la solicitud de TSP, y la solicitud de TSP puede retrasar innecesariamente el tráfico cruzado. Por ejemplo, si el ETA/distancia del vehículo califica para TSP, y la siguiente fase verde se extiende para el vehículo, pero en base al ETA, el vehículo de tránsito llegaría a la intersección después de la fase verde extendida, entonces el vehículo de tránsito no se beneficiará de la fase verde extendida y el tráfico cruzado se retrasará innecesariamente.

50 Los sistemas y procedimientos divulgados intentan realizar solicitudes de TSP en momentos que serían más efectivos para reducir o eliminar el tiempo de parada de un vehículo de tránsito en una intersección. Los sistemas y procedimientos consideran no solo el ETA/distancia de un vehículo desde una intersección para determinar cuándo emitir una solicitud de TSP, sino también las duraciones esperadas de las fases de la señal de tráfico. Por ejemplo,

si el ETA/distancia de un vehículo califica para TSP y el ETA está más allá del final de la siguiente fase verde, el selector de fase puede retrasar la solicitud de TSP para permitir que el vehículo se beneficie de un truncamiento de una fase roja posterior o una extensión de la fase verde posterior.

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para determinar un tiempo adecuado para enviar y luego esperar para enviar una solicitud de prioridad de señal de tránsito (TSP). En una implementación, el tiempo de presentación de una solicitud de TSP se hace para afectar la fase de señal en la que se espera que llegue el vehículo (la "fase de llegada") o la fase de señal inmediatamente anterior a la fase de señal en la que el vehículo está excepto para llegar (la "fase anterior"). Si el ETA es suficientemente temprano en una fase verde, entonces la fase anterior es una fase roja y se realiza una solicitud de TSP para truncar la fase roja anterior. La combinación de una fase amarilla y una fase roja se denomina fase no verde. Si el ETA está lo suficientemente tarde en una fase verde, entonces se realiza una solicitud de TSP para extender la fase verde de llegada. Si el ETA es suficientemente temprano en una fase no verde, entonces se realiza una solicitud de TSP para extender la fase verde anterior. Si el ETA es lo suficientemente tarde en una fase no verde, entonces se realiza una solicitud de TSP para truncar la fase de llegada no verde.

En el bloque 102, el selector de fase recibe información TSP de un vehículo, y en el bloque 104, el selector de fase determina el ETA del vehículo. La información de TSP puede variar de una implementación a otra. En una implementación, la información del TSP especifica un identificador, ubicación, rumbo y velocidad del vehículo. En otra implementación, la información del TSP puede incluir el ETA calculado por un módulo a bordo del vehículo de tránsito o por un selector de fase situado en una intersección o en un sistema de gestión de tráfico centralizado. El ETA se puede determinar leyendo el ETA de la información del TSP o calculando el ETA en función de la ubicación, el rumbo y la velocidad del vehículo en base a la ubicación de la intersección. El selector de fase puede refinar aún más el ETA ajustando el ETA para compensar las tendencias en los ETA calculados frente a los tiempos reales de llegada (ATA). Si los ATA son en promedio posteriores a los ETA, se puede agregar una cierta cantidad de tiempo a un ETA inicial para producir un ETA ajustado. Si los ATA son en promedio anteriores a los ETA, se puede restar una cierta cantidad de tiempo del ETA inicial. El selector de fase como se usa en la presente memoria se refiere a implementaciones en las que el equipo está situado en las intersecciones para iniciar solicitudes de TSP, así como a implementaciones en las que un sistema de gestión de tráfico centralizado inicia solicitudes de TSP a los controladores de intersecciones.

En el bloque 106, el selector de fase determina la fase de la señal en la que se espera que el vehículo llegue a la intersección, lo que se denomina "fase de llegada", y en el bloque 108 determina el tiempo relativo de fase en que se espera que llegue el vehículo. Al determinar la fase de la señal en la que se espera que el vehículo llegue a la intersección, el selector de fase determina el tiempo restante en la fase actual y usa las duraciones promedio de las fases verde y no verde para determinar la fase de llegada y el tiempo relativo de la fase. El tiempo relativo de fase es el desfase desde el comienzo de la fase de llegada del ETA ajustado.

El selector de fase determina el tiempo para emitir la solicitud de TSP al controlador de intersección en el bloque 110. Se utilizan el ETA ajustado, la fase de llegada, el tiempo de llegada relativo de la fase y los umbrales relativos a los comienzos de las fases verde y no verde para determinar el momento de emitir la solicitud TSP. El tiempo para emitir la solicitud de TSP se puede especificar como un desplazamiento desde el momento en que se recibió la información de TSP, y se puede usar un temporizador para rastrear el tiempo transcurrido desde el momento en que el selector de fase determina que el vehículo se está acercando a la intersección y se le otorgará TSP.

Si la fase de llegada es una fase verde y el ETA ajustado está antes de un umbral de truncamiento no verde, el tiempo determinado para emitir la solicitud de TSP es el momento en el que enviar la solicitud de TSP al controlador de intersección causaría que el controlador de intersección para trunque la fase anterior no verde. Si el ETA ajustado es posterior al umbral de truncamiento no verde, el tiempo determinado para emitir la solicitud de TSP es el momento en el que enviar la solicitud de TSP al controlador de intersección haría que el controlador de intersección extendiera la fase verde de llegada.

Si la fase de llegada es una fase no verde y el ETA ajustado está antes de un umbral de extensión verde, el tiempo determinado para emitir la solicitud de TSP es el momento en el que enviar la solicitud de TSP al controlador de intersección haría que el controlador de intersección extendiera la fase verde anterior. Si el ETA ajustado es posterior al umbral de extensión verde, el tiempo determinado para emitir la solicitud TSP es el momento en el que enviar la solicitud TSP al controlador de intersección haría que el controlador de intersección truncara la fase de llegada no verde.

En el bloque 112, el selector de fase espera y emite la solicitud de TSP en el momento determinado en el bloque 110.

La figura 2 muestra una disposición de control de señales de tráfico que tiene un selector de fase que determina un momento adecuado para enviar una solicitud de TSP. La disposición de control de señales de tráfico incluye el selector 132 de fase, el controlador 134 de intersección y la señal 136 de tráfico. Se puede encontrar una descripción adicional de las implementaciones del controlador de intersección y el selector de fase en las patentes U.S. 5,202,683, 5,539,398, 5,926,113, 7,417,560.

EI selector de fase introduce información de TSP para vehículos en la línea 138 de señal e introduce señales indicativas de cambios de fase en la línea 140 de señal 1. La información de TSP puede recibirse directamente de los vehículos, tal como por radio o señales de luz IR, o recibirse indirectamente de un sistema centralizado. sistema informático de gestión del tráfico.

5 **EI** selector de fase monitoriza la señal de tráfico con el propósito de recopilar datos usados para determinar la fase de llegada, el desplazamiento relativo de fase y las duraciones promedio de las fases verde y no verde, entre otros datos. En una implementación, el selector de fase monitoriza las fases verdes a través de una conexión a los cables eléctricos que potencian la luz verde y detecta cuando la luz verde se enciende y apaga. En otra implementación, el selector de fase puede adquirir información de fase directamente desde el controlador de intersección. Sin embargo,
10 muchos controladores de intersecciones no son fácilmente accesibles o no proporcionan información de fase. En implementaciones en las que el selector de fase es parte de un sistema de gestión de tráfico centralizado, las transiciones de fase de la señal se detectan en la intersección y se transmiten al sistema de gestión de tráfico centralizado, tal como a través de una red inalámbrica o cableada.

15 **EI** selector 132 de fase envía solicitudes de TSP al controlador 134 de intersección en la línea 142 de señal en momentos determinados de acuerdo con los procedimientos descritos en la presente memoria. En respuesta a una solicitud de TSP, el controlador de intersección extiende una fase verde o trunca una fase roja del semáforo 136 por medio de señales de control transmitidas en la línea 144.

La figura 3 ilustra las fases de una señal de tráfico durante un período de tiempo. Cada fase roja, tal como la fase 172, está representada por un bloque que tiene líneas de direccionamiento verticales, cada fase verde, tal como la fase 174, está representada por un bloque que tiene líneas de direccionamiento horizontales, y cada fase amarilla, tal como la fase 176, está representada por un bloque que tiene líneas de direccionamiento diagonales. Una fase amarilla y la siguiente fase roja se denominan fase no verde. Por ejemplo, la fase 176 amarilla y la fase 178 roja constituyen la fase 180 no verde.

20 Las figuras 4, 5, 6 y 7 muestran escenarios en los que el selector de fase determina los tiempos adecuados para enviar solicitudes de TSP de acuerdo con la fase de la señal de tránsito y el tiempo en la fase de la señal de tránsito al que se espera que llegue el vehículo de tránsito. Las figuras también muestran el truncamiento o extensión verde resultante. La figura 4 ilustra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase verde, el ETA precede a un umbral de truncamiento no verde y la fase anterior no verde está truncada. Las fases 202 incluyen una secuencia de fases de señales de tráfico y muestran un tiempo 204 actual en el que se recibe la información de TSP, el ETA 206 del vehículo y un umbral 208 de truncamiento no verde. Las fases 210 muestran el resultado de esperar y emitir la solicitud de TSP en el tiempo determinado. Las fases 210 incluyen una secuencia de fases de señales de tráfico en las que la fase 212 anterior no verde se trunca en base al ETA relativo al umbral de truncamiento no verde.

25 En respuesta a recibir información de TSP en el tiempo 204 actual, el selector de fase determina el ETA 206. Como se determina que el ETA está en una fase 214 verde y el ETA relativo a la fase está antes del umbral de truncamiento no verde, el selector de fase determina que la fase anterior no verde puede truncarse. Al truncar la fase anterior no verde, la duración de la fase 214 verde aumenta a la fase 216 verde, y el tiempo de parada del vehículo de tránsito puede reducirse o eliminarse. El aumento en la fase verde se muestra como el truncamiento 218 no verde. El umbral de truncamiento no verde es un valor configurable que marca un tiempo en la fase verde en el que un vehículo de tránsito con un ETA anterior probablemente se beneficiaría de un truncamiento de la fase anterior no verde. Un vehículo de tránsito que tenga un ETA posterior al umbral de truncamiento no verde probablemente no se beneficiaría de truncar la fase anterior no verde.

35 El umbral de truncamiento no verde se establece en un valor que mejora la probabilidad de que el truncamiento beneficie al vehículo solicitante. El umbral de truncamiento no verde se utiliza porque los ETA no son precisos. Si los ETA fueran precisos, se podría presentar una solicitud de TSP para lograr un truncamiento no verde cuando el ETA se encuentre dentro de una fase no verde y fuera de una extensión verde de la fase verde anterior. En otras palabras, si la fase no fuera verde cuando llegue el vehículo, solicite al controlador de la intersección que haga la transición a la fase verde anterior. Aunque el vehículo tenga que detenerse, la duración de la parada será menor que sin el truncamiento.

45 Las condiciones variables afectarán a los ETA, y la desviación estándar de los ETA a los ATA se utiliza para adaptar el umbral de truncamiento no verde, de acuerdo con la presente invención. Una desviación estándar mayor implica que los ETA son menos seguros y es deseable un margen de tiempo mayor. Una desviación estándar más baja implica que los ETA son más precisos y que se puede optimizar el uso de TSP. El umbral de truncamiento no verde se puede configurar, tal como por un administrador del sistema. El valor predeterminado puede ser el final de la fase verde más la cantidad de tiempo para una extensión verde. Si la desviación estándar es alta, el umbral de truncamiento no verde puede establecerse al final de la fase verde.

50 La figura 5 muestra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase verde, el ETA está después de un umbral de truncamiento no verde y la fase verde de llegada se extiende. Las fases 232 incluyen una secuencia de fases de señales de tráfico y muestran un tiempo 234 actual en la que se recibe la información TSP, el ETA 236 del vehículo y el umbral 208 de truncamiento no verde. Las fases 240 incluyen una secuencia de fases de señales

de tráfico en las que la fase 242 verde de llegada se extiende en base al ETA relativa al umbral de truncamiento no verde.

En respuesta a recibir información de TSP en el tiempo 234 actual, el selector de fase determina el ETA 236. Como se determina que el ETA está en una fase 214 verde y el ETA relativo a la fase está después del umbral de truncamiento no verde, el selector de fase determina que la fase verde de llegada se puede extender. Al extender la fase verde de llegada, la duración de la fase 214 verde aumenta a la fase verde 242, y aumenta la probabilidad de que el vehículo transite por la intersección antes del comienzo de la fase no verde. El aumento en la fase verde se muestra como la extensión 244 verde. El umbral de truncamiento no verde es un valor configurable que marca un tiempo en la fase verde en el que un vehículo de tránsito con un ETA posterior probablemente se beneficiaría de la extensión de la fase verde de llegada. Un vehículo de tránsito que tenga un ETA antes del umbral de truncamiento no verde probablemente no se beneficiaría de extender la fase verde de llegada.

La figura 6 muestra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase no verde, y el ETA está antes de un umbral de extensión verde y la fase verde anterior se extiende. Las fases 262 incluyen una secuencia de fases de la señal de tránsito y muestran un tiempo 264 actual en la que se recibe la información del TSP, el ETA 266 del vehículo y el umbral 268 de extensión verde. Las fases 270 incluyen una secuencia de fases de señales de tráfico en las que la fase 272 verde anterior se extiende en base al ETA relativo al umbral de extensión verde.

En respuesta a la recepción de información de TSP en el tiempo 264 actual, el selector de fase determina el ETA 266. Como se determina que el ETA está en una fase 274 no verde y el ETA relativo a la fase está antes del umbral de extensión verde, el selector de fase determina que la fase verde anterior se puede extender. Al extender la fase verde anterior, la duración de la fase 272 verde aumenta a la fase 276 verde, y se incrementa la probabilidad de que el vehículo transite por la intersección antes del comienzo de la fase no verde. El aumento en la fase verde se muestra como la extensión 278 verde. El umbral de extensión verde es un valor configurable que marca un tiempo en la fase no verde en el que un vehículo de tránsito que tiene un ETA anterior probablemente se beneficiaría de la extensión de la fase verde anterior. Un vehículo de tránsito que tenga un ETA antes del umbral de extensión verde probablemente no se beneficiaría de extender la fase verde anterior.

El umbral de truncamiento de la extensión verde se establece en un valor que mejora la probabilidad de que la extensión beneficie al vehículo solicitante. El umbral de extensión verde se utiliza porque los ETA no son precisos. Si los ETA fueran precisos, se podría presentar una solicitud de TSP para lograr una extensión verde cuando el ETA esté al final o justo después del final de una fase verde.

De acuerdo con la invención, el umbral de extensión verde es configurable, tal como por un administrador del sistema. El valor predeterminado puede ser el final de la fase verde. Si la desviación estándar es alta, el umbral de extensión verde se puede establecer en la mitad de la fase verde.

La figura 7 muestra un escenario en el que el ETA de un vehículo está en una fase no verde, y el ETA está después de un umbral de extensión verde y la fase no verde está truncada. Las fases 282 incluyen una secuencia de fases de señales de tráfico y muestran un tiempo 284 actual en la que se recibe la información de TSP, el ETA 286 del vehículo y el umbral 268 de extensión verde. Las fases 288 incluyen una secuencia de fases de señales de tráfico en las que la fase 290 de llegada no verde se trunca en base al ETA relativo al umbral de extensión verde.

En respuesta a recibir información de TSP en el tiempo 284 actual, el selector de fase determina el ETA 286. Como se determina que el ETA está en la fase 274 no verde y el ETA relativo a la fase está después del umbral 268 de extensión verde, el selector de fase determina que la fase de llegada no verde se puede truncar. Al truncar la fase no verde de llegada, la duración de la fase 292 verde aumenta a la fase 294 verde y el tiempo de parada del vehículo de tránsito se reduce o elimina. El aumento en la fase verde se muestra como el truncamiento 296 no verde. El umbral de extensión verde es un valor configurable que marca un tiempo en la fase no verde en el que un vehículo de tránsito que tiene un ETA posterior probablemente se beneficiaría del truncamiento de la fase de llegada no verde. Un vehículo de tránsito que tenga un ETA antes del umbral de extensión verde probablemente no se beneficiaría de truncar la fase de llegada no verde.

Algunos escenarios pueden requerir que no se realicen solicitudes de TSP. Es decir, en algunas situaciones, es poco probable que la emisión de una solicitud de TSP tenga un efecto positivo. Se puede usar una ventana sin TSP para suprimir ciertas solicitudes de TSP. Por ejemplo, la ventana sin TSP puede tener un límite en una desviación estándar después del comienzo de una fase verde y el otro límite una desviación estándar antes del final de la fase verde. Si el ETA cae dentro de la ventana sin TSP, no se realiza ninguna solicitud de TSP.

Al determinar el tiempo para enviar una solicitud de TSP, el selector de fase tiene en cuenta el comportamiento del controlador de intersección al otorgar un truncamiento no verde o una extensión verde. Existe un cierto período de tiempo en el que se debe enviar una solicitud de TSP al controlador de intersección para que el controlador de intersección extienda una fase verde en particular. Este período de tiempo puede denominarse "ventana de extensión verde". De manera similar, existe un cierto período de tiempo en el que se debe enviar una solicitud de TSP al controlador de intersección para que el controlador de intersección trunque una fase particular no verde. Este período de tiempo puede denominarse "ventana de truncamiento no verde". También puede haber una ventana en la que se realizan y no se administra tratamiento con TSP. Dicha ventana es una "ventana de tratamiento sin TSP".

La figura 8 muestra un escenario en el que una solicitud de TSP realizada dentro de la ventana de extensión verde da como resultado una extensión verde. Las fases 302 muestran fases ininterrumpidas de una señal de tráfico y las fases 304 muestran una extensión de una fase verde de la señal de tráfico. La ventana 306 de extensión verde abarca partes de la fase 308 no verde y la fase 310 verde. Si se realiza una solicitud 312 de TSP dentro de la ventana de extensión verde, el controlador de intersección extenderá la fase 310 verde por la extensión 314 verde. El período de tiempo entre el momento en el que se realizó la solicitud 312 de TSP y el momento en el que se otorgó el TSP puede denominarse Tiempo de concesión de TSP. El momento de la concesión de una extensión verde es al final de la fase verde y al comienzo de la extensión. El selector de fase promedia el tiempo de concesión de TSP para extensiones verdes, y el promedio se usa para calcular el tiempo en el que se realiza una solicitud de TSP al controlador de intersección para causar una extensión verde.

La figura 9 muestra un escenario en el que una solicitud de TSP realizada dentro de la ventana de truncamiento no verde da como resultado un truncamiento no verde. Las fases 302 muestran fases ininterrumpidas de una señal de tráfico y las fases 322 muestran un truncamiento de una fase no verde de la señal de tráfico. La ventana 324 de truncamiento no verde abarca partes de la fase 328 verde y la fase 330 no verde. Si se realiza una solicitud 332 de TSP al controlador de intersección dentro de la ventana de truncamiento no verde, el controlador de intersección trunca la fase 330 no verde por la extensión 334 de truncamiento no verde. El tiempo de concesión para un truncamiento no verde es al comienzo del truncamiento en el que la señal cambia a verde. El selector de fase promedia el tiempo de concesión de TSP para el truncamiento no verde, y el promedio se usa para calcular el tiempo en el que se realiza una solicitud de TSP al controlador de intersección para causar un truncamiento no verde.

La ventana 336 de tratamiento dado sin TSP cubre una porción de la fase 328 verde entre la ventana 306 de extensión verde (figura 8) y la ventana 324 de truncamiento no verde.

Junto con los promedios del tiempo de concesión de TSP para extensiones verdes y truncamientos no verdes, el selector de fase usa duraciones promedio de fases verdes y no verdes para determinar el tiempo apropiado para emitir solicitudes de TSP. Al acumular puntos de datos para calcular las duraciones promedio de las fases verde y no verde, el selector de fase distingue entre las fases verdes que se han extendido y las fases verdes que no se han extendido, y distingue entre las fases no verdes que se han truncado y las fases no verdes que no se han truncado. El selector de fase también usa temporizadores que rastrean cuánto tiempo ha transcurrido en la fase actual, lo que indica la cantidad de tiempo restante en una fase cuando se recibe la información de TSP.

La figura 10 muestra un procedimiento para establecer y rastrear la duración promedio de una fase no verde y establecer y rastrear la duración promedio de un truncamiento no verde. Puede haber influencias externas que afecten la duración de una fase, tal como la detección de vehículos, la hora del día, los pasos de peatones y otros factores, que es la razón para promediar las duraciones en el tiempo. El selector de fase utiliza un temporizador de fase verde y un temporizador de fase no verde para rastrear la duración de cada fase verde y cada fase no verde. En una transición 402 de una fase no verde a una fase verde, el selector de fase detiene el temporizador de fase no verde en el bloque 404.

Una fase no verde truncada es más corta que una fase no verde estándar. Sin embargo, el selector de fase no tiene inicialmente el valor de la fase estándar no verde. El selector de fase en los bloques 406 - 412 realiza un promedio inicial para establecer un promedio de línea base de fases no verdes. El promedio inicial se realizará antes de que se utilicen los promedios para calcular los tiempos de solicitud.

En el bloque 406 de decisión, el selector de fase determina si se han producido o no N ciclos de fases de verde a no verde con el propósito de la inicialización. Un tamaño de muestra de 10 debería ser suficiente para la mayoría de las aplicaciones. Si no es así, el procedimiento pasa al bloque 408 de decisión para determinar si se hizo o no una solicitud de TSP en los dos ciclos anteriores de fases de verde a no verde. De lo contrario, la duración promedio de las fases no verdes (NGP) se actualiza en el bloque 410 con el valor del temporizador de fase no verde. De lo contrario, en el bloque 412, el selector de fase se reinicia e inicia el temporizador de fase verde.

Una vez que se han producido los N ciclos iniciales de fases de verde a no verde, el selector de fase continúa procesando en el bloque 414 de decisión. En el bloque 414 de decisión, el selector de fase determina si la fase que acaba de terminar tuvo un truncamiento no verde comparando el temporizador de fase no verde con la duración promedio de la fase no verde. Si la fase no verde no se truncó, en el bloque 416, el selector de fase actualiza la duración promedio de las fases no verdes (NGP). De lo contrario, en el bloque 418, el selector de fase actualiza la duración promedio de un truncamiento no verde (TSPrt). Después de los bloques 416 y 418, el selector de fase pasa al bloque 420.

En el bloque 420, el selector de fase se reinicia e inicia el temporizador de fase verde. En el bloque 422 de decisión, el selector de fases comprueba si se espera una extensión verde. Se puede esperar una extensión verde si el selector de fase envió una solicitud de TSP dentro de la ventana de extensión verde con el tratamiento deseado por el controlador de intersección siendo una extensión verde. Si se espera una extensión verde, el selector de fase pasa al bloque 424.

Se usa un temporizador de tiempo para no verde para rastrear el tiempo restante en la fase verde actual, y un temporizador de tiempo para verde se usa para rastrear el tiempo restante hasta la siguiente fase verde. En el bloque 424, el temporizador de tiempo para no verde se establece en la duración promedio de las fases verdes (GP) más la duración promedio de las extensiones verdes (TSPe) (tiempo para no verde = GP + TSPe), y el temporizador de tiempo para verde se establece en GP más la duración promedio de las fases no verdes (NGP) (tiempo para verde = GP + NGP). El temporizador de tiempo para verde no incluye el TPSe, porque la siguiente fase no verde se acortará debido a la extensión verde.

Si no se espera una extensión verde, el selector de fase procede al bloque 426 de decisión. En el bloque 426 de decisión, el selector de fases comprueba si se espera un truncamiento no verde. Se puede esperar un truncamiento no verde si el selector de fase envió una solicitud de TSP dentro de la ventana de truncamiento no verde con el tratamiento deseado por parte del controlador de intersección como un truncamiento no verde. Si se espera una extensión de truncamiento no verde, el selector de fase procede al bloque 428. En el bloque 428, el temporizador de tiempo hasta no verde se establece en la duración promedio de las fases verdes (GP) (tiempo hasta no verde) verde = GP), y el temporizador de tiempo para verde se establece en GP más la duración promedio de las fases no verdes (NGP) menos la duración promedio de los truncamientos no verdes (TSpt) (tiempo para verde = GP + NGP - TSpt).

Si no se espera una extensión verde ni un truncamiento no verde, en el bloque 430, el selector de fase establece el temporizador de tiempo a verde en GP + NGP y establece el temporizador de tiempo a no verde a GP. En el bloque 432, el selector de fase inicia los temporizadores de tiempo a verde y tiempo a no verde.

La figura 11 muestra un procedimiento realizado por el selector de fase en la transición de una fase verde a una fase no verde, actualizando la duración promedio de una fase verde y controlando los temporizadores de fase verde y no verde. En el bloque 454, el selector de fase detiene el temporizador de fase verde.

En el bloque 456 de decisión, el selector de fase determina si se han producido o no N ciclos de fases de verde a no verde con el propósito de la inicialización. Un tamaño de muestra de 10 debería ser suficiente para la mayoría de las aplicaciones. De lo contrario, el procedimiento pasa al bloque 458 de decisión para determinar si se realizó o no una solicitud de TSP en los dos ciclos anteriores de fases de verde a no verde. De lo contrario, la duración promedio de las fases verdes (GP) se actualiza en el bloque 460 con el valor del temporizador de fase verde. De lo contrario, en el bloque 462, el selector de fase se reinicia e inicia el temporizador de fase no verde.

Una vez que se han producido los N ciclos iniciales de fases de verde a no verde, el selector de fase continúa procesando en el bloque 464 de decisión. El selector de fase determina en el bloque 464 de decisión si la fase verde recién completada se extendió o no comparando el valor del temporizador de fase verde con la duración promedio de las fases verdes (GP). Si el valor del temporizador de fase verde es mayor que la duración promedio de las fases verdes (GP), se ha producido una extensión verde y el selector de fase procede al bloque 466 donde se actualiza la duración promedio de la extensión verde (TSPe). Si no se produjo una extensión verde, en el bloque 468 el selector de fase actualiza la duración promedio de la fase verde (GP). Los promedios pueden ser promedios acumulativos o móviles y pueden ser una media, mediana o modo de los valores de datos recopilados. En el bloque 470, el selector de fase restablece y reinicia el temporizador de fase no verde.

La figura 12 muestra un procedimiento de cronometraje de la duración entre el momento en que se envía una solicitud de TSP al controlador de intersección y el tiempo en que se otorga el TSP; determinar si se concede TSP truncamiento no verde, extensión verde o no; y actualizar la ventana de extensión verde y la ventana de truncamiento no verde en las que se pueden realizar solicitudes de TPS y se espera que se otorguen.

En el bloque 502, al enviar una solicitud de TSP al controlador de intersección, el selector de fase inicia un temporizador de tiempo de concesión de TSP. Después de enviar la solicitud de TSP, el selector de fase monitoriza la señal de tráfico para detectar un cambio de fase. En el bloque 504 de decisión, el selector de fase detecta un cambio de fase y determina el tipo de cambio de fase. Para un cambio de fase de no verde a verde, el selector de fase detiene el temporizador de tiempo de concesión de TSP en el bloque 506. En el bloque 508 de decisión, el selector de fase determina si se produjo o no un truncamiento no verde como resultado de la solicitud de TSP comparando el valor del temporizador de fase no verde (de la figura 10) con la duración promedio de las fases no verde (NGP). Si el valor del temporizador de fase no verde es menor que NGP, se produjo un truncamiento no verde y el selector de fase en el bloque 510 almacena el valor del temporizador de tiempo de concesión de TSP en un conjunto de datos de valores de temporizador de tiempo de concesión de TSP para truncamiento no verde. Los valores máximo y mínimo del conjunto de datos definen la extensión de la ventana de truncamiento no verde. En el bloque 512, se calcula un tiempo deseado dentro de la ventana de truncamiento no verde para enviar una solicitud de TSP para obtener un truncamiento no verde. El tiempo deseado se designa como Gana para TSP GE y puede ser un promedio acumulativo o móvil (media, mediana o modo) del conjunto de datos.

Para un cambio de fase de verde a no verde, el selector de fase detiene el temporizador de tiempo de concesión de TSP en el bloque 514. En el bloque 516 de decisión, el selector de fase determina si se produjo o no una extensión verde como resultado de la solicitud de TSP comparando el valor del temporizador de fase verde (de la figura 11) con la duración promedio de las fases verdes (GP). Si el valor del temporizador de fase verde es mayor que GP, se produjo una extensión verde y el selector de fase en el bloque 518 almacena el valor del temporizador de tiempo de concesión de TSP en un conjunto de datos de valores del temporizador de tiempo de concesión de TSP para la

extensión verde. Los valores máximo y mínimo del conjunto de datos definen la extensión de la ventana de extensión verde. En el bloque 520, se calcula un tiempo deseado dentro de la ventana de extensión verde para enviar una solicitud de TSP para obtener una extensión verde. El tiempo deseado se designa como Gana para TSP GE y puede ser un promedio acumulativo o móvil (media, mediana o modo) del conjunto de datos.

- 5 Si ni un truncamiento no verde ni una extensión verde resultó de la solicitud de TSP, en el bloque 522 el selector de fase almacena el valor del temporizador de tiempo de concesión de TSP en un conjunto de datos de valores de temporizador para los que no se concedieron truncamientos no verdes y extensiones verdes. Esta ventana se conoce como "Ventana dada de tratamiento sin TSP".

- 10 Como se explicó anteriormente, el ETA calculado en base a la velocidad del vehículo y la distancia desde la intersección puede variar consistentemente del ATA en alguna cantidad. Es decir, el ETA puede ser consistentemente anterior a la ATA o consistentemente posterior al ATA. En un esfuerzo por mejorar la precisión del tiempo en el que se envían las solicitudes de TSP, el selector de fase calcula un ETA ajustado que representa una desviación entre un ETA y el ATA.

- 15 La figura 13 muestra un procedimiento mediante el cual se recopilan datos para determinar un desplazamiento de ETA que se puede utilizar para calcular un ETA ajustado. En el bloque 552, el selector de fase recibe información TSP inicial de un vehículo, y en el bloque 556, el selector de fase determina y almacena un ETA inicial, que es el ETA en base a recibir primero la información TSP del vehículo, y pone en marcha un temporizador para determinar la duración del tiempo desde el momento en que se recibe la información del TSP en el ATA. Dependiendo del sistema implementado, la información del TSP puede incluir el ETA, o el selector de fase puede calcular el ETA en base a la información de velocidad y ubicación de la información del TSP y la ubicación de la intersección.

- 20 El selector de fase continúa recibiendo información TSP del vehículo transmisor en el bloque 560 y determina un ETA actualizado en el bloque 562. Una vez que el ETA actualizado es 0 según se determina en el bloque 558 de decisión, lo que significa que el vehículo está en la intersección, el selector de fase detiene el temporizador en el bloque 564. Después de detener el temporizador, el selector de fase determina la diferencia entre el ATA, que se indica mediante el valor del temporizador y el ETA inicial. La diferencia se almacena en un conjunto de datos en el bloque 566. El procedimiento vuelve al bloque 552 para recopilar más puntos de datos para calcular el desplazamiento de ETA.

- 25 En el bloque 568, el selector de fase calcula el desplazamiento de ETA, que es un promedio de las diferencias entre ETA y ATA, utilizando los valores del conjunto de datos. En una implementación, el desplazamiento de ETA puede ser un promedio móvil o acumulativo de los valores en el conjunto de datos. El promedio puede ser una media, mediana o modo, por ejemplo.

- 30 La figura 14 muestra un procedimiento para determinar el momento de emitir una solicitud de TSP. El procedimiento se ilustra mediante secciones de pseudocódigo. En la sección 602, el selector de fase recibe información TSP, y en la sección 604 el selector de fase calcula un ETA ajustado. El ETA ajustado es el ETA del vehículo (ETAv) más el desplazamiento de ETA (ETAd). ETAv y ETAd se pueden calcular como se describe en la figura 13, por ejemplo.

- 35 En la sección 606, el selector de fase determina la cantidad de tiempo que queda en la fase actual y cuál será la siguiente fase (verde o no verde). Si el tiempo restante hasta la siguiente fase verde es mayor que el tiempo restante hasta la siguiente fase no verde, como puede determinarse mediante los valores del temporizador de tiempo para verde y el temporizador de tiempo para no verde de las figuras 10 y 11, Fases Totales se establece en el valor del temporizador de tiempo para no verde (tiempo restante en la fase verde actual), y Siguiente Fase se establece en NO VERDE. Fases Totales se utiliza para acumular la cantidad de tiempo desde el tiempo actual en la que se recibe la información de TSP hasta la fase de ETA ajustado. Si el tiempo restante hasta la siguiente fase verde no es mayor que el tiempo restante hasta la siguiente fase no verde (el tiempo hasta la siguiente fase verde es menor o igual que el tiempo hasta la siguiente fase no verde), Fases Totales se establece en el valor del temporizador de tiempo a verde y Siguiente Fase se establece en VERDE.

- 45 El selector de fase en la sección 608 determina cuál será la siguiente fase de la señal de tráfico después del ETA ajustado sumando los tiempos de las fases que comienzan con la fase que sigue a la fase durante la cual se recibió la información de TSP ("fase actual"). Las duraciones promedio de la fase verde (GP) y la fase no verde (NGP) se utilizan para acumular el tiempo en Fases Totales. Una vez que Fases Totales es mayor que el ETA ajustado, el valor de Siguiente Fase indica la fase que sigue a la fase en la que ocurrirá el ETA ajustado. El valor de Fases Totales es la cantidad de tiempo total desde el momento en que se recibió la información de TSP hasta el comienzo de la fase, después de la fase en la que se producirá el ETA ajustado (véase figura 15).

- 50 En la sección 610, el selector de fase determina si emitir una solicitud de TSP que se espera que dé como resultado un truncamiento no verde o emitir una solicitud de TSP que se espera que dé como resultado una extensión verde. El selector de fase generalmente usa el umbral de truncamiento no verde, el umbral de extensión verde y el ETA ajustado para seleccionar entre un truncamiento no verde y una extensión verde. El selector de fase determina el tiempo relativo de llegada de la fase (fase TE), que es el tiempo dentro de la fase que se espera que llegue el vehículo y es la diferencia entre Fases Totales y el ETA ajustado.

El selector de fase usa relaciones para evaluar el tiempo relativo de llegada de la fase en comparación con el umbral de truncamiento no verde y el umbral de extensión verde. Si la Siguiente Fase es NO VERDE, lo que significa que se espera que la fase de llegada sea verde, el selector de fase determina que el tiempo en la fase verde del ETA ajustado será fase Loc = fase TE/GP. Tenga en cuenta que la relación en fase, fase Loc que tiene un valor 1 indica que el tiempo en la fase verde del ETA ajustado está al comienzo de la fase verde, y fase Loc que tiene un valor 0 indica que el tiempo en la fase verde del ETA ajustado es al final de la fase verde.

Si se espera que el vehículo llegue antes del umbral de truncamiento no verde, (fase Loc > Umbral de truncamiento no verde), el selector de fase determina que es deseable truncar la fase no verde que precede al verde de llegada e indica la determinación, estableciendo un tiempo de TSP objetivo para hacer la solicitud de TSP, $T_TSP_deseado = Fases\ Totales - GP$, que es el final de la fase anterior no verde, y configurando TSP-Tratamiento = Truncamiento no verde. De lo contrario, se espera que el vehículo llegue al umbral de truncamiento no verde o después, y el selector de fase determina que es deseable extender la fase verde de llegada, indica la determinación estableciendo el tiempo de TSP objetivo para realizar la solicitud de TSP, $T_TSP_deseado = Fases\ Totales$, que es el final de la fase verde de llegada, y establece TSP-Tratamiento = extensión verde.

Si la Fase Siguiente es VERDE, lo que significa que se espera que la fase de llegada no sea verde, el selector de fase determina que el tiempo en la fase no verde del ETA ajustado es fase Loc = fase TE/NGP. Tenga en cuenta que la relación en fase, fase Loc que tiene un valor 1 indica que el tiempo en la fase no verde del ETA ajustado se encuentra al comienzo de la fase verde, y fase Loc que tiene un valor 0 indica el tiempo en la fase no verde del ETA ajustado se encuentra al final de la fase no verde.

Si se espera que el vehículo llegue antes del umbral de extensión verde, (Fase Loc > umbral de extensión verde), el selector de fase determina que es deseable extender la fase verde que precede a la fase no verde de llegada e indica la determinación estableciendo el tiempo de TSP objetivo para realizar la solicitud de TSP, $T_TSP_deseado = Fases\ Totales - NGP$, que es el final de la fase verde anterior, y estableciendo TSPTratamiento = Extensión verde. De lo contrario, se espera que el vehículo llegue al umbral de extensión verde o después, y el selector de fase determina que es deseable truncar la fase no verde de llegada, indica la determinación estableciendo el tiempo de TSP objetivo para realizar la solicitud de TSP, $T_TSP_deseado = Fases\ Totales$, que es el final de la fase de llegada no verde, y establece TSPTratamiento = Truncamiento no verde.

En la sección 612, el selector de fase determina el momento en el que se debe realizar la solicitud de TSP al controlador de intersección ajustando el valor $T_TSP_deseado$, que es el final de una fase verde o no verde anterior. El tiempo para emitir la solicitud de TSP se establece en el valor $T_TSP_deseado$ menos un valor de desplazamiento de truncamiento no verde o un valor de desplazamiento de extensión verde. El valor de desplazamiento de truncamiento no verde es el punto medio de la ventana de truncamiento no verde, y el valor de desplazamiento de extensión verde es el punto medio de la ventana de extensión verde (figuras 8 y 9). Si TSPTratamiento es un truncamiento no verde, $Tiempo_para_emitir = T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_RT$ ($Gana_para_TSP_RT$ es el punto medio de la ventana de truncamiento no verde). De lo contrario, TSPTratamiento es una extensión verde y $Tiempo_para_emitir = T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_GT$ ($Gana_para_TSP_GE$ es el punto medio de la ventana de truncamiento no verde).

Si el $Tiempo_para_emitir$ calculado en el bloque 612 cae dentro de la ventana de tratamiento dado sin TSP (figura 9, # 336), el selector de fase puede optar por suprimir la emisión de la solicitud de TSP, porque el controlador de intersección probablemente no procesará la solicitud y proporcionó la extensión verde deseada o el truncamiento no verde.

Las figuras 15 y 16 muestran ejemplos de fases de una señal de tráfico en relación con el procedimiento de determinar el tiempo para emitir una solicitud de TSP como se describe en la figura 14. La figura 15 muestra las fases de una señal de tráfico y el momento en que se recibe por primera vez la información TSP de un vehículo, el ETA ajustado del vehículo, el tiempo total de las fases (Fases Totales) a través del ETA ajustado y la Siguiente Fase después del ETA. La información de TSP se recibe en el tiempo marcado por la línea 702, que se encuentra en una fase no verde. El tiempo restante en la fase no verde hasta la siguiente fase verde se muestra en la línea 704. La duración promedio de las fases verdes se muestra en las líneas 706, y la duración promedio de las fases no verdes se muestra en la línea 708. El tiempo del ETA ajustado se muestra en la línea 710. Fases Totales, que es la cantidad de tiempo desde el momento en que se recibe la información de TSP por primera vez y el comienzo de la fase que sigue inmediatamente al ETA ajustado, se muestra en la línea 712.

La figura 16 muestra un escenario en el que el ETA ajustado de un vehículo está en una fase verde, el ETA ajustado está antes de un umbral de truncamiento no verde y el $Tiempo_para_emitir$ se calcula en base al tiempo de truncamiento no verde deseado y un desplazamiento requerido para obtener el truncamiento en el tiempo deseado.

La línea 752 muestra el tiempo en el que se recibe la información de TSP en una fase no verde, y la línea 754 muestra el tiempo del ETA ajustado. El ETA ajustado precede al umbral 756 de truncamiento no verde, y el selector de fase determina truncar la fase anterior no verde. El tiempo en el que se desea TSP se determina como el final de la fase anterior no verde ($T_TSP_deseado = Fases\ Totales - GP$) y se muestra como la línea 758.

El desplazamiento de truncamiento no verde (Gana_para_TSP_RT) se muestra como la línea 760 y se extiende desde el momento en el que se desea 758 TSP ($T_TSP_deseado$) hasta el punto medio de la ventana de truncamiento no verde, que se muestra como la línea 762. El tiempo en el que se emitirá la solicitud de TSP se muestra en la línea 764 y se calcula como $Tiempo_para_emitir = T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_RT$).

- 5 La figura 17 muestra un escenario en el que el ETA ajustado de un vehículo está en una fase verde, el ETA ajustado después del umbral de truncamiento no verde, y el $Tiempo_para_emitir$ se calcula en base al tiempo de extensión verde deseado y un desplazamiento requerido para obtener la extensión en el tiempo deseado.

- 10 La línea 802 muestra el tiempo al que se recibe la información de TSP en una fase no verde, y la línea 804 muestra el tiempo del ETA ajustado. El ETA ajustado está después del umbral 756 de truncamiento no verde, y el selector de fase determina extender la fase verde de llegada. El tiempo en el que se desea TSP se determina como el final de la fase verde de llegada ($T_TSP_deseado = Fases\ Totales$) y se muestra como línea 806.

- 15 El desplazamiento de la extensión verde (Gana_para_TSP_GE) se muestra como la línea 808 y se extiende desde el tiempo en el que se desea 806 TSP ($T_TSP_deseado$) hasta el punto medio de la ventana de extensión verde, que se muestra como la línea 810. El tiempo en el que la solicitud de TSP que se va a emitir se muestra en la línea 812 y se calcula como $Tiempo_para_emitir = T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_RT$).

La figura 18 muestra un escenario en el que el ETA ajustado de un vehículo se encuentra después del umbral de truncamiento no verde en una fase verde, y el tiempo_de_emisión calculado cae dentro de la ventana sin tratamiento TSP dada.

- 20 La línea 832 muestra el tiempo al que se recibe la información de TSP en una fase no verde, y la línea 834 muestra el tiempo del ETA ajustado. El ETA ajustado está después del umbral 756 de truncamiento no verde, y el selector de fase determina inicialmente extender la fase verde de llegada. El tiempo en el que se desea TSP se determina como el final de la fase verde de llegada ($T_TSP_deseado = Fases\ Totales$) y se muestra como línea 836.

- 25 El desplazamiento de extensión verde (Gana_para_TSP_GE) se muestra como la línea 838 y se extiende desde el tiempo en el que se desea TSP 836 ($T_TSP_deseado$) hasta la ventana 336 sin tratamiento de TSP dado (véase también la figura 9). Debido a que el tiempo en el que se emitirá la solicitud de TSP, que se muestra como la línea 840 y se calcula como $Tiempo_para_emitir = T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_RT$, cae dentro de la ventana Sin tratamiento TSP dado, el selector de fase omite la emisión de una solicitud de TSP para la extensión verde.

- 30 Se pueden implementar diversos bloques, módulos, dispositivos, sistemas, unidades, controladores o motores para llevar a cabo una o más de las operaciones y actividades descritas en la presente memoria y/o mostradas en las figuras. En estos contextos, un bloque, módulo, dispositivo, sistema, unidad o controlador es un circuito que lleva a cabo una o más de las operaciones/actividades divulgadas o relacionadas. Por ejemplo, en algunas de las implementaciones discutidas anteriormente, uno o más bloques, módulos, dispositivos, sistemas, unidades o controladores son circuitos lógicos discretos o circuitos programables configurados y dispuestos para implementar estas operaciones/actividades, como se muestra en la figura 2. Los circuitos programables pueden ser uno o más circuitos de ordenador programados para ejecutar un conjunto (o conjuntos) de instrucciones (y/o datos de configuración). Las instrucciones (y/o datos de configuración) pueden estar en forma de firmware o software almacenados y accesibles desde una memoria (circuito).

- 40 Algunas implementaciones están dirigidas a un producto de programa de ordenador (por ejemplo, un dispositivo de memoria no volátil), que incluye una máquina o un medio legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas que pueden ser ejecutadas por un ordenador (u otro dispositivo electrónico) para realizar estas operaciones/actividades.

Aunque los aspectos y características pueden describirse en algunos casos en figuras individuales, se apreciará que las características de una figura se pueden combinar con características de otra figura incluso aunque la combinación no se muestre explícitamente o no se describa explícitamente como una combinación.

- 45 Se cree que las realizaciones son aplicables a una variedad de sistemas para controlar las fases de las señales de tráfico. Otros aspectos y realizaciones resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la consideración de la memoria descriptiva. Las realizaciones pueden implementarse como uno o más procesadores configurados para ejecutar software, como un circuito integrado específico de aplicación (ASIC) o como una lógica en un dispositivo lógico programable. Se pretende que la memoria descriptiva y las realizaciones ilustradas se consideren únicamente como ejemplos, indicándose el verdadero alcance de la invención mediante las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para enviar solicitudes de prioridad de señal de tránsito (TSP), que comprende:

recibir información TSP de un vehículo mediante un selector de fase en un tiempo actual;
determinar a partir de la información TSP, un tiempo estimado de llegada (ETA) del vehículo en una
intersección que tiene una señal de tráfico controlada por un controlador de intersección;
determinar una fase de la señal de tráfico en el ETA, en la que la fase en el ETA es una fase de llegada;
determinar si la fase de llegada es una fase verde o una fase no verde;
determinar un tiempo de llegada relativo a la fase dentro de la fase de llegada en la que se produce el ETA;
determinar un tiempo para emitir la solicitud de TSP en base al tiempo de llegada relativo a la fase;
determinar un umbral de truncamiento no verde y un umbral de extensión verde en base a un promedio de
desviaciones de ETA de una pluralidad de vehículos de los tiempos de llegada reales asociados (ATA) de
los vehículos;
determinar si truncar una fase no verde o extender una fase verde en base al tiempo de llegada relativo a la
fase en relación con el umbral de truncamiento no verde y el umbral de extensión verde en la fase de
llegada, respectivamente; y
emitir la solicitud TSP por el selector de fase al controlador de intersección en el tiempo determinado.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

la determinación de la fase en el ETA incluye determinar si la fase de llegada es una fase verde o una fase
no verde; y
la determinación del tiempo para emitir la solicitud de TSP incluye la determinación de truncar una fase no
verde que precede a la fase de llegada en respuesta a que la fase de llegada es una fase verde y el tiempo
de llegada relativo a la fase precede a un umbral de truncamiento no verde.

3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

la determinación de la fase en el ETA incluye determinar si la fase de llegada es una fase verde o una fase
no verde; y
la determinación del tiempo para emitir la solicitud de TSP incluye la determinación de extender una fase
verde que es la fase de llegada en respuesta a que la fase de llegada es una fase verde y el tiempo de
llegada relativo a la fase que sucede en un umbral de truncamiento no verde.

4. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

la determinación de la fase en el ETA incluye determinar si la fase de llegada es una fase verde o una fase
no verde; y
la determinación del tiempo para emitir la solicitud de TSP incluye la determinación de extender una fase
verde que precede a la fase de llegada en respuesta a que la fase de llegada es una fase no verde y el
tiempo de llegada relativo a la fase precede a un umbral de extensión verde.

5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que:

la determinación de la fase en el ETA incluye determinar si la fase de llegada es una fase verde o una fase
no verde; y
la determinación del tiempo para emitir la solicitud de TSP incluye la determinación de truncar una fase no
verde que es la fase de llegada en respuesta a que la fase de llegada es una fase no verde y el tiempo de
llegada relativo a la fase sucede a un umbral de extensión verde.

6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la determinación del ETA incluye:

determinar un ETA inicial en base a la información del TSP; y
añadir un desplazamiento de ETA al ETA inicial, lo que da como resultado el ETA, en la que el
desplazamiento de ETA indica un promedio de diferencias entre los tiempos reales de llegada y los ETA
iniciales de una pluralidad de vehículos.

7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la determinación de la fase de llegada incluye:

determinar una cantidad de tiempo restante en una fase actual en el momento de recibir la información de
TSP; y
totalizar una cantidad de tiempo que incluye el tiempo restante en la fase actual y un tiempo respectivo de
cada fase entre la fase actual y un primer cambio de fase después del ETA usando una duración promedio
de fases verdes y una duración promedio de fases no verdes.

8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la determinación de la cantidad de tiempo restante en una fase
actual incluye realizar, en respuesta a una transición de una fase no verde a una fase verde, operaciones que
incluyen:

establecer un temporizador de tiempo para no verde a la duración promedio de las fases verdes más una duración promedio de extensiones verdes en respuesta a una extensión verde esperada;
establecer un temporizador de tiempo para verde a la duración promedio de las fases verdes más la duración promedio de las fases no verdes en respuesta a la extensión verde esperada;
5 establecer el temporizador de tiempo para no verde a la duración promedio de las fases verdes en respuesta a un truncamiento no verde esperado;
establecer el temporizador de tiempo para verde a la duración promedio de las fases en verde más la duración promedio de las fases no verdes menos una duración promedio de los truncamientos no verdes en respuesta al truncamiento no verde esperado;
10 establecer el temporizador de tiempo para no verde a la duración promedio de las fases verdes más la duración promedio de las fases no verdes en respuesta a ninguna extensión verde esperada y ningún truncamiento no verde esperado;
establecer el temporizador de tiempo para verde a la duración promedio de las fases verdes en respuesta a una extensión verde no esperada y un truncamiento no verde esperado; y
15 iniciar el temporizador de tiempo a no verde y el temporizador de tiempo a verde.

9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la determinación del momento para emitir la solicitud de TSP incluye:

determinar un tiempo de TSP objetivo indicativo de un tiempo en una fase en el que se apunta una extensión de truncamiento no verde; y
20 calcular el tiempo para emitir la solicitud de TSP como una diferencia entre el tiempo de TSP objetivo y un valor de desplazamiento de truncamiento no verde.

10. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:

determinar si el controlador de la intersección otorgará o no un truncamiento no verde en respuesta a la solicitud de TSP que se emite en el momento determinado; y
25 omitir la emisión de la solicitud de TSP al controlador de intersección en respuesta a la determinación de que el momento para emitir la solicitud de TSP está dentro de un período en el que el controlador de intersección no otorgará un truncamiento no verde.

11. El procedimiento de la reivindicación 9, que comprende además:

iniciar un temporizador de tiempo de concesión a TPS en respuesta a la emisión de la solicitud de TSP;
30 detener el temporizador de tiempo de concesión a TPS en respuesta a una transición de una fase no verde a una fase verde;
determinar después de detener el temporizador de tiempo para la concesión a TPS, si la fase no verde se truncó o no;
almacenar un valor indicado por el temporizador de tiempo de concesión a TPS en un conjunto de datos, en
35 respuesta a la determinación de que la fase no verde se truncó; y
determinar el desplazamiento de truncamiento no verde del conjunto de datos.

12. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la determinación del momento para emitir la solicitud de TSP incluye:

determinar un tiempo de TSP objetivo indicativo de un tiempo en una fase en el que se apunta una extensión verde; y
40 calcular el tiempo para emitir la solicitud de TSP como una diferencia entre el tiempo de TSP objetivo y un valor de desplazamiento de extensión verde.

13. El procedimiento de la reivindicación 12, que comprende además:

determinar si el controlador de la intersección otorgará o no una extensión verde en respuesta a la solicitud de TSP que se emite en el tiempo determinado; y
45 omitir la emisión de la solicitud de TSP al controlador de intersección en respuesta a la determinación de que el tiempo para emitir la solicitud de TSP está dentro de un período en el que el controlador de intersección no otorgará una extensión verde.

14. El procedimiento de la reivindicación 12, que comprende además:

iniciar un temporizador de tiempo de concesión a TPS en respuesta a la emisión de la solicitud de TSP;
50 detener el temporizador de tiempo de concesión a TPS en respuesta a una transición de una fase verde a una fase no verde;
determinar después de detener el temporizador de tiempo de concesión a TPS, si se extendió o no la fase verde;
55 almacenar un valor indicado por el temporizador de tiempo de concesión a TPS en un conjunto de datos, en respuesta a la determinación de que se extendió la fase verde; y

determinar el desplazamiento de la extensión verde del conjunto de datos.

15. Un sistema de control de señales de tráfico, adaptado para realizar el procedimiento de las reivindicaciones 1 a 14.

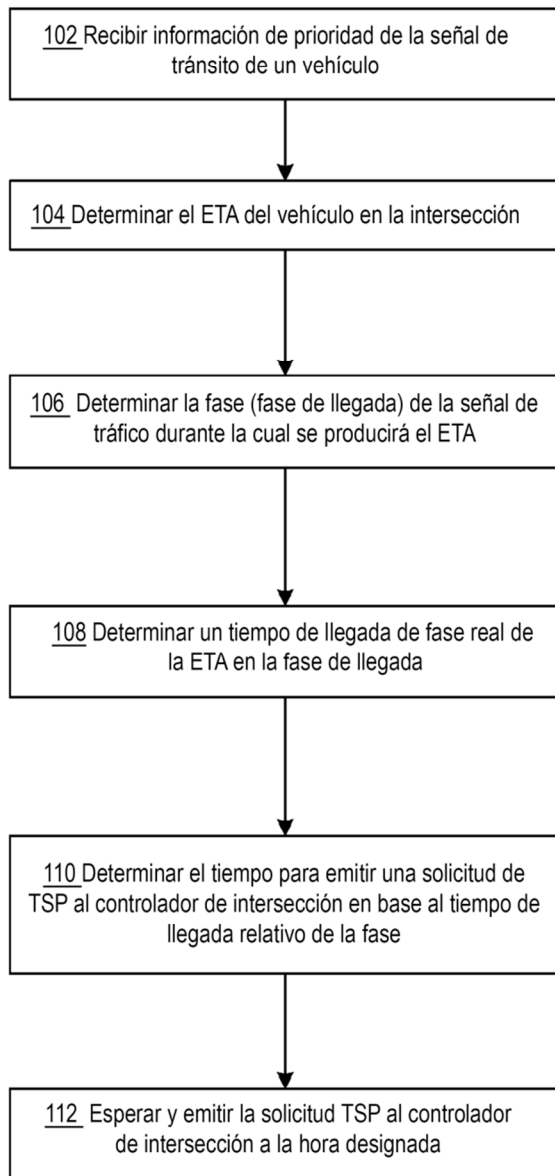


FIG. 1

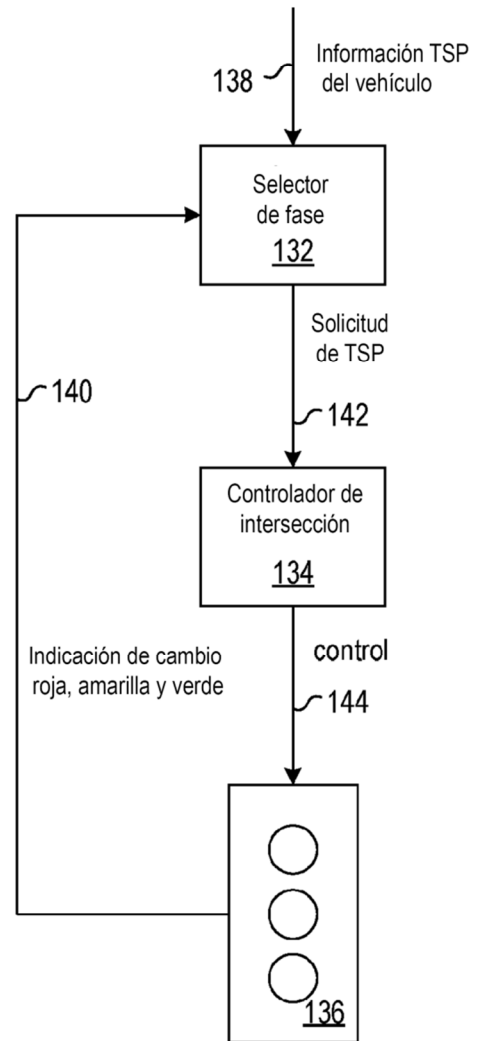
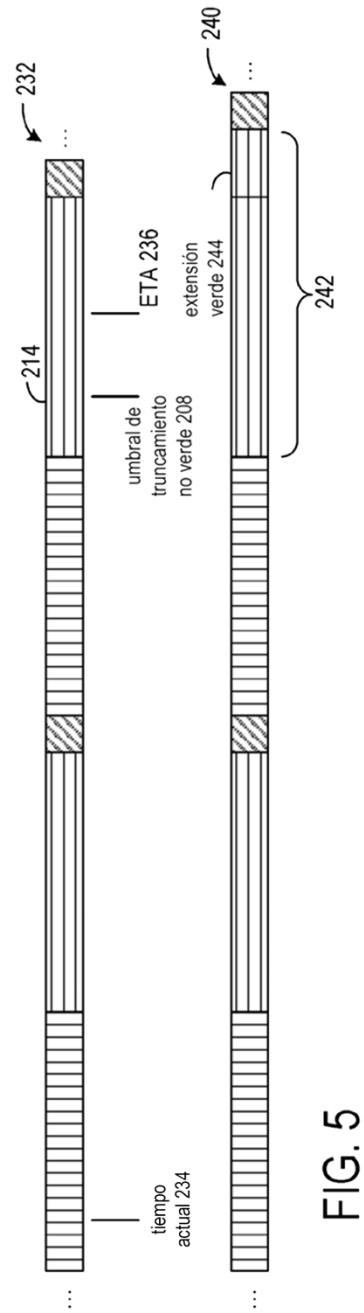
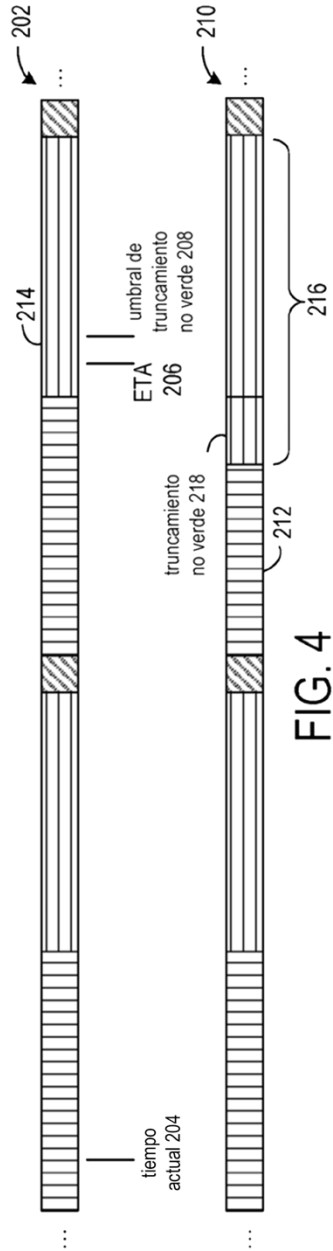
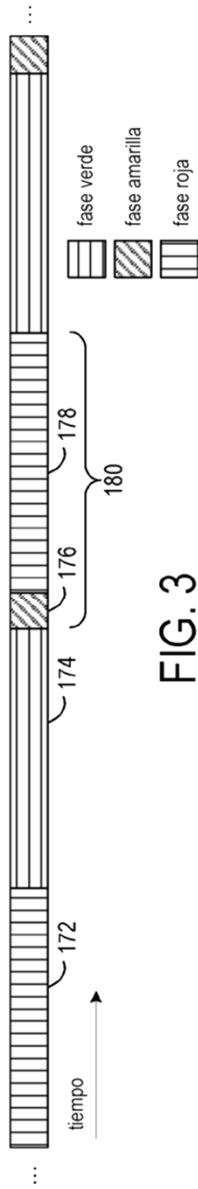
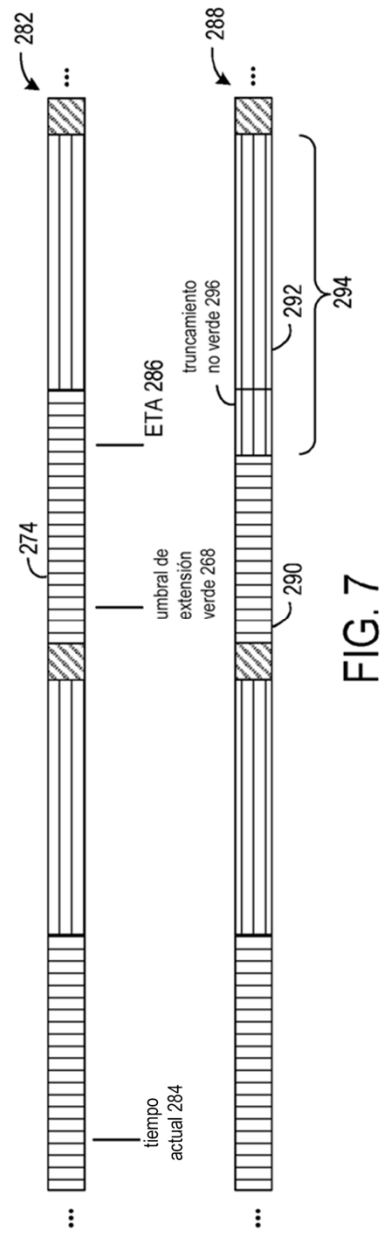
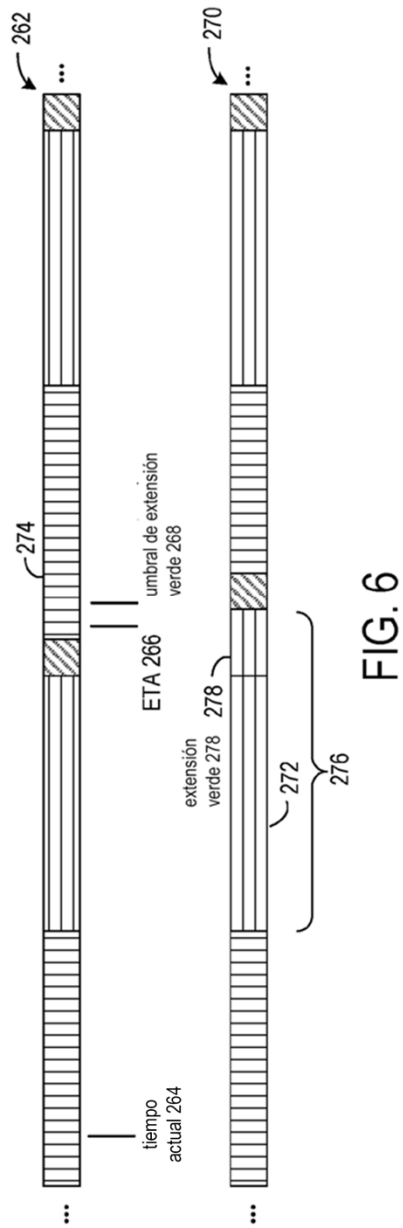


FIG. 2





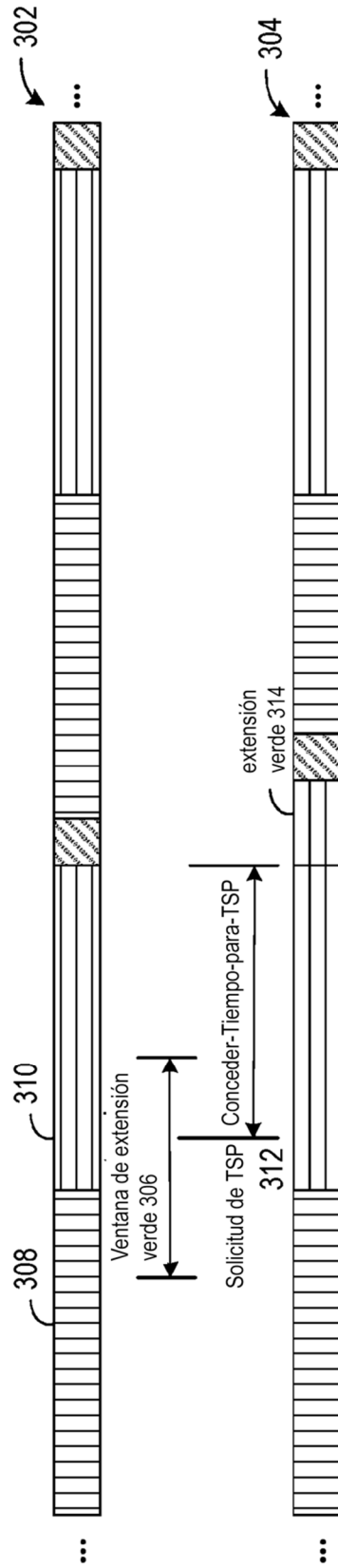


FIG. 8

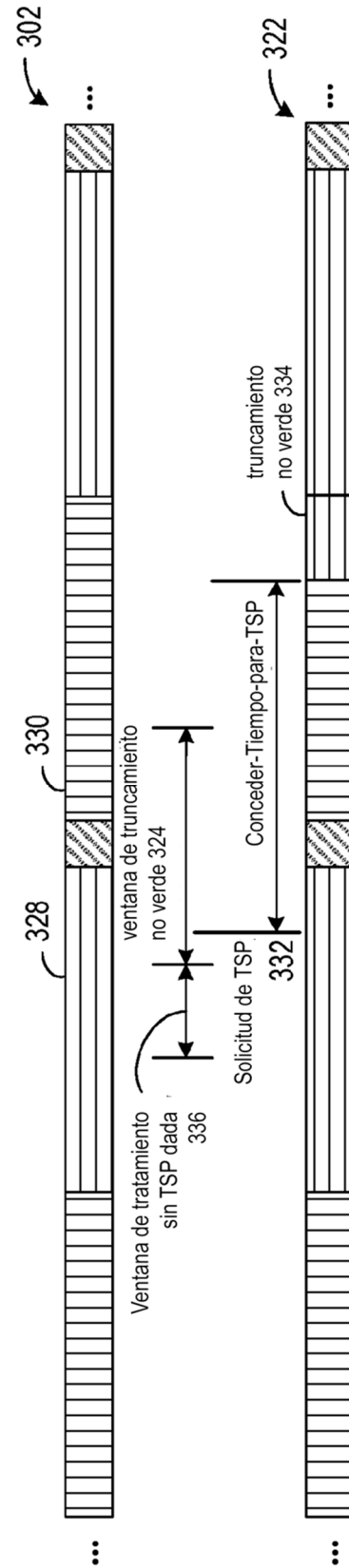


FIG. 9

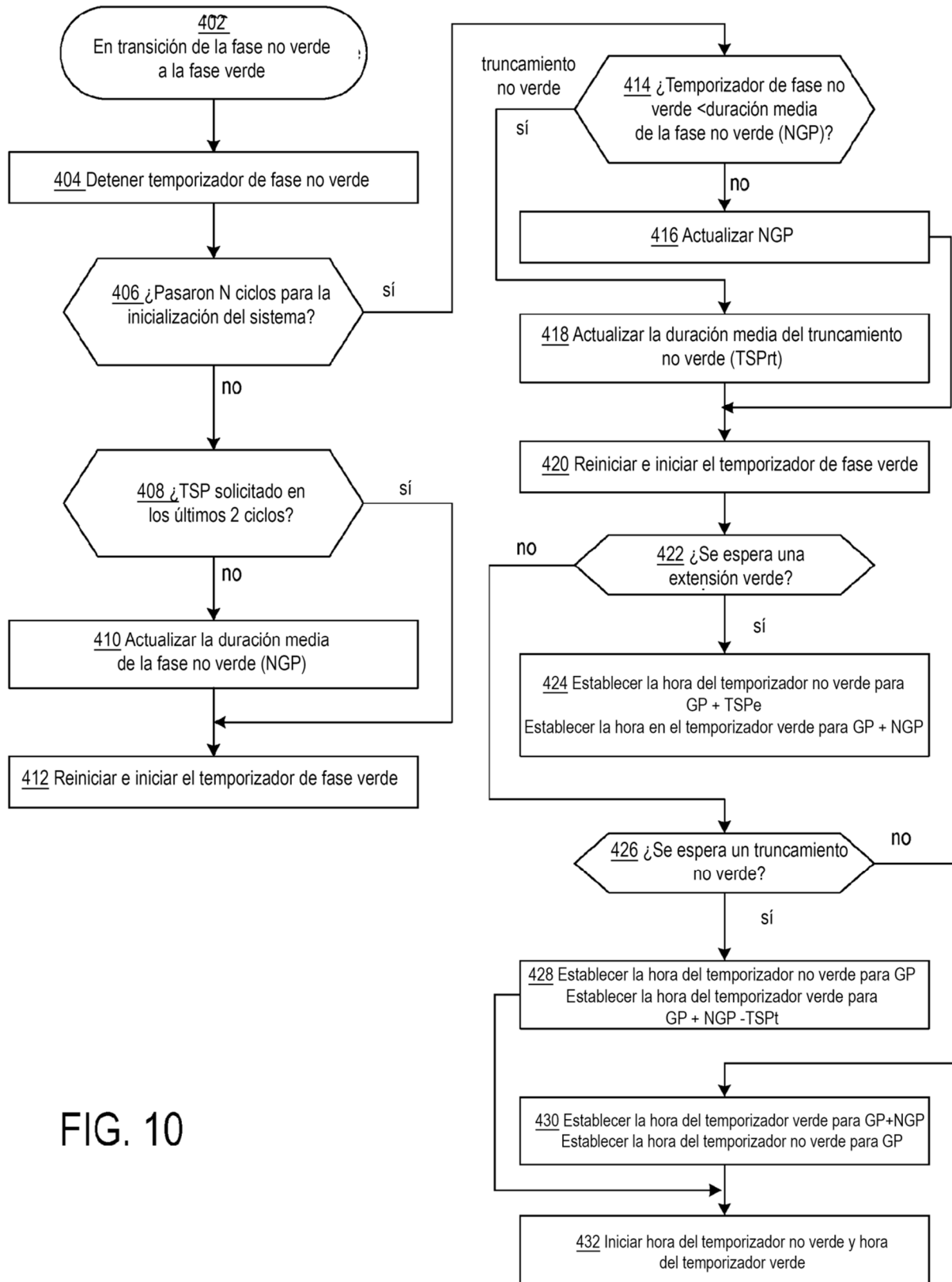


FIG. 10

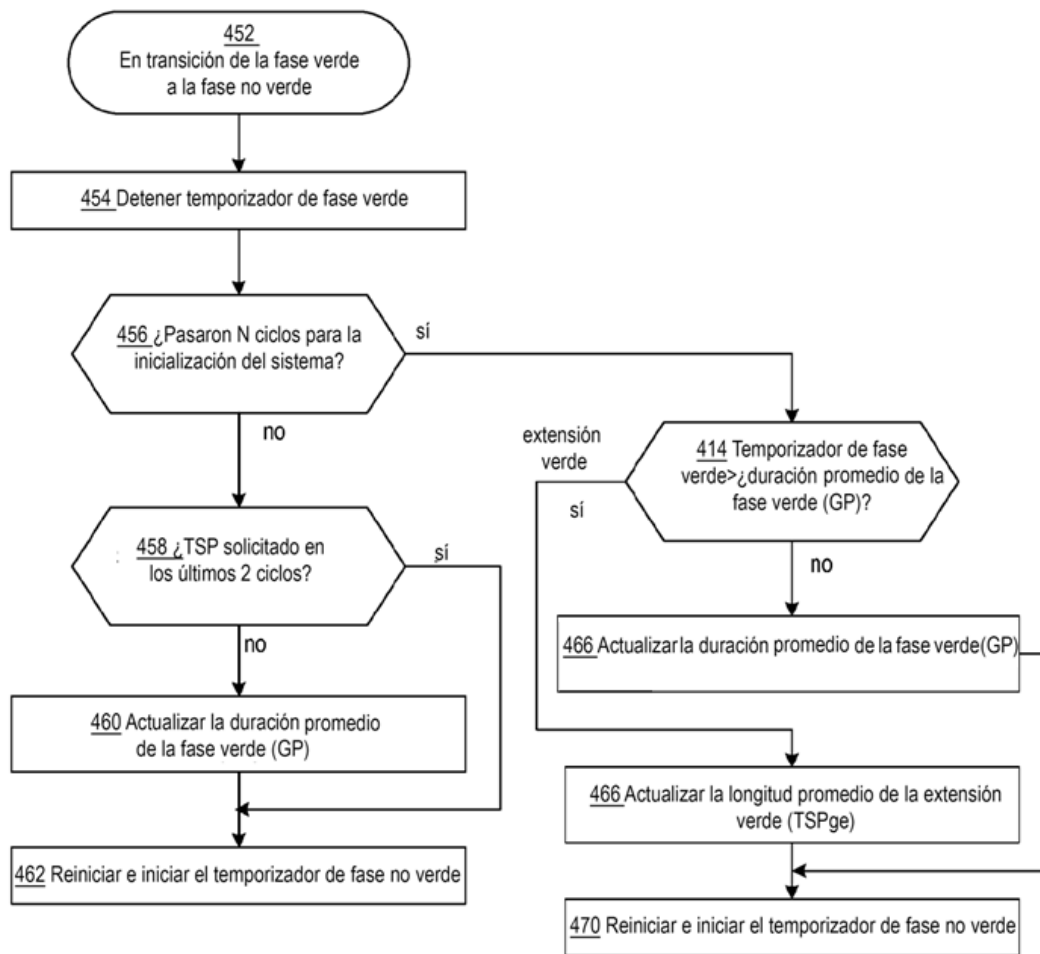


FIG. 11

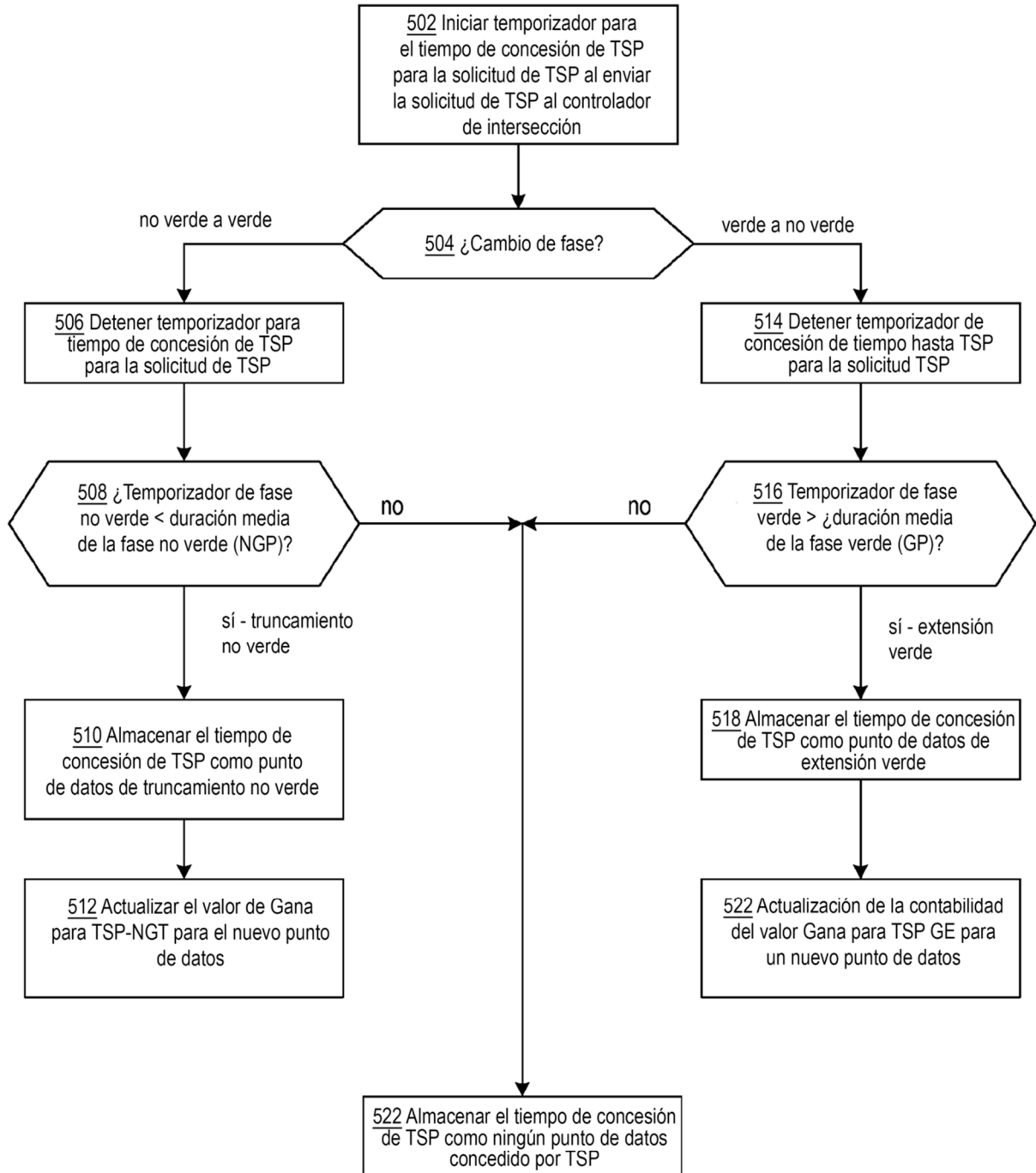


FIG. 12

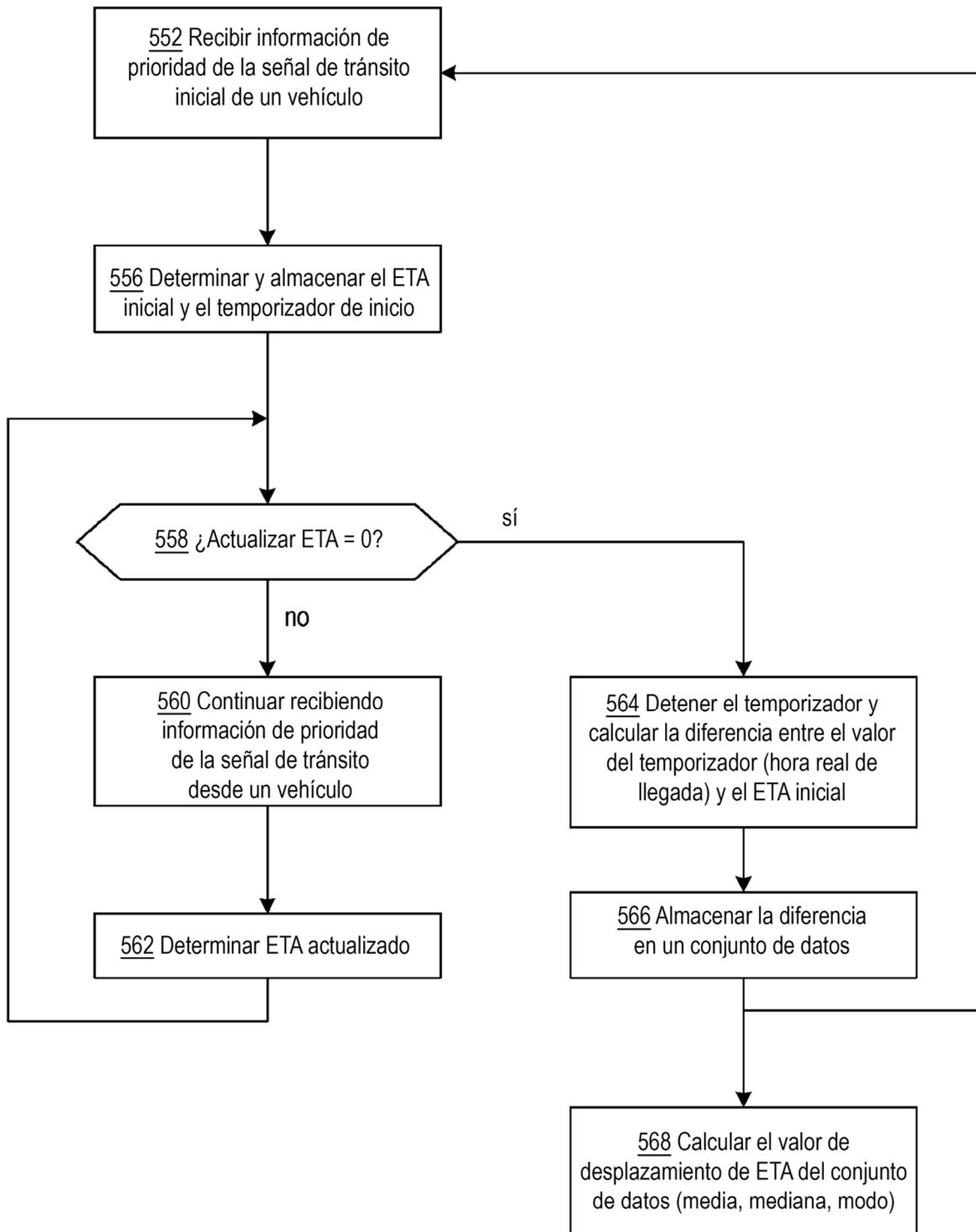


FIG. 13

602	Recibir información de prioridad de la señal de tránsito de un vehículo
604	Determinar ETA ajustado = $ETA_v + ETAd$, compensando la desviación entre ETA y ATA
606	Determinar la cantidad de tiempo restante en la fase actual y establecer cuál será la próxima fase si el tiempo para verde es mayor que el tiempo para no verde Fases totales = tiempo para no verde Próxima fase = NO VERDE De lo contrario (el tiempo para volverse verde es menor que el tiempo para no verde) Fases totales = tiempo para volverse verde Próxima Fase = VERDE
608	El total de la cantidad de tiempo hasta el primer cambio de fase después del ETA ajustado y determinar cuál será la fase en ese momento. Mientras (Fases totales $\leq$ ETA ajustado) Si la siguiente fase == VERDE Fases totales + = GP Siguiente fase == NO VERDE De lo contrario (la siguiente fase no es verde) Fases totales + = NGP Siguiente fase == VERDE
610	Determinar si el truncamiento no verde o la extensión verde y el momento en que se desea el truncamiento o la extensión Fase TE = Fases totales - ETA ajustado (tiempo relativo de llegada de la fase: cuando en la fase se espera que llegue el vehículo) Si la siguiente fase == NO VERDE (se espera que la fase de llegada sea verde) Fase Loc = fase TE/GP (en relación de fase: 1 => al principio, 0 => al final) Si la fase Loc > Umbral de truncamiento no verde (el vehículo llegará cerca del comienzo de la fase verde) T_TSP_deseado = Fases totales - GP (establecer el tiempo para la solicitud TSP, truncar anterior) TSPTratamiento = Truncamiento no verde De otro modo (vehículo que llegará más tarde en fase verde, extensión verde) T_TSP_deseado = Fases totales (establecer el tiempo para que la solicitud de TSP finalice la fase verde) TSPTratamiento = Extensión verde De otro modo (se espera que la fase de llegada no sea verde) Fase Loc = fase TE/NGP (en relación de fase: 1 => al principio, 0 => al final) Si Fase Loc > Umbral de extensión verde (el vehículo llegará cerca del comienzo de la fase no verde) T_TSP_deseado = Fases totales - NGP (establecer el tiempo para la solicitud de TSP, extienda el verde anterior) TSPTratamiento = Extensión verde De otro modo (el vehículo llegará más tarde en la fase no verde, por lo que truncar no verde) T_TSP_deseado = Fases totales (establecer el tiempo para que la solicitud de TSP finalice la fase verde) TSPTratamiento = Truncamiento no verde
612	Determinar la hora en que se debe realizar la solicitud de TSP al controlador de intersección Si TSPTratamiento == Truncamiento no verde Hora de emisión = $T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_RT$ (restar el tiempo para permitir el procesamiento de la solicitud de TSP) De otro modo Hora de emisión = $T_TSP_deseado - Gana_para_TSP_GE$

FIG. 14

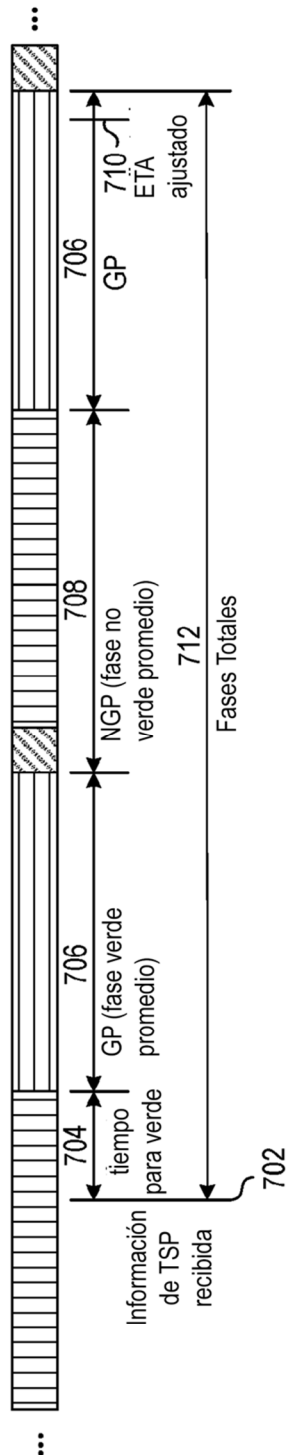


FIG. 15

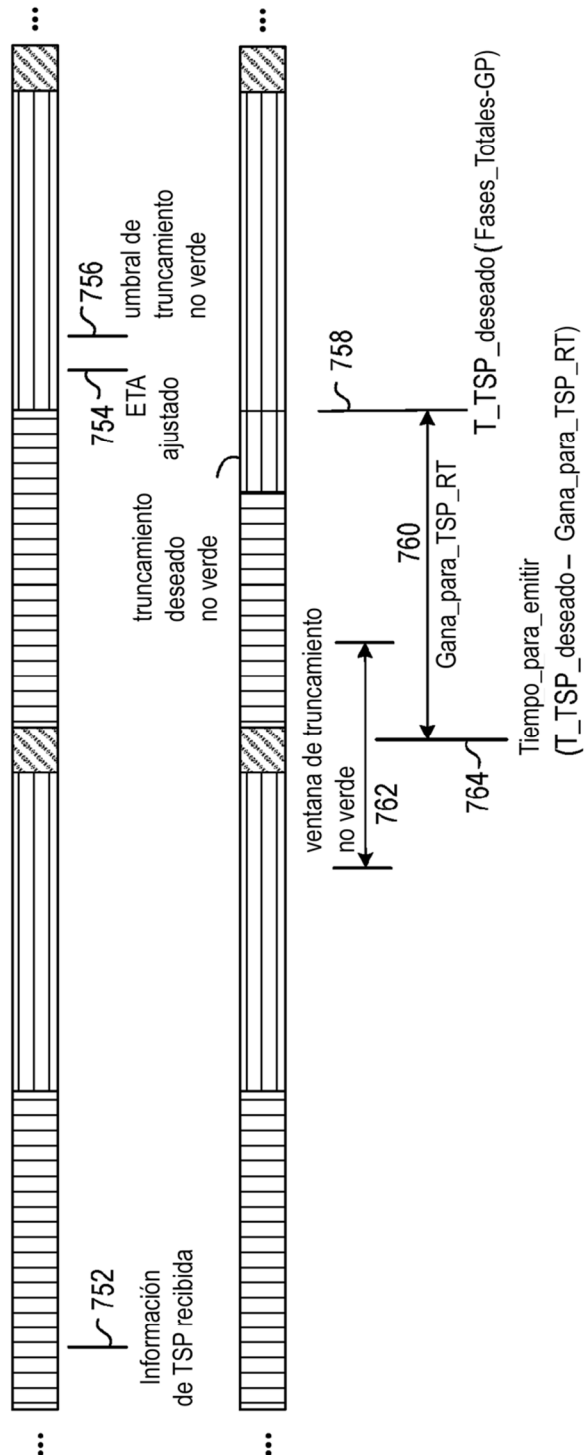


FIG. 16

