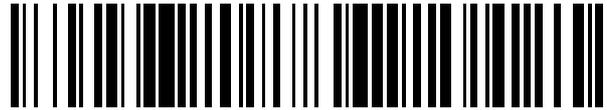


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 507 668**

51 Int. Cl.:

H04W 56/00 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2004 E 04758396 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.07.2014 EP 1606893**

54 Título: **Reloj en tiempo real virtual en base a información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación**

30 Prioridad:

27.03.2003 US 401816

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

15.10.2014

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)
5775 Morehouse Drive
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

FARMER, DOMINIC

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 507 668 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

Reloj en tiempo real virtual en base a información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación

Antecedentes**Campo**

- 5 La presente invención se refiere, en general, a la comunicación y, de manera más específica, a un procedimiento y aparato para implementar un reloj en tiempo real virtual en base a una información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación.

Antecedentes

- 10 A menudo es deseable, y a veces necesario, que un terminal inalámbrico conozca la hora precisa. Una aplicación específica que requiere la hora precisa es la determinación de posición en base al bien conocido Sistema de Posicionamiento Global (GPS), que es una constelación de 24 satélites bien separados que orbitan la Tierra. Cada satélite de GPS transmite una señal codificada con una información que permite que los receptores de GPS en tierra midan el tiempo de llegada de la señal recibida en relación con un punto arbitrario en el tiempo. A continuación, esta medición del tiempo de llegada relativo puede convertirse en un "pseudo-intervalo". La posición de un receptor de GPS puede estimarse de forma precisa en base a mediciones de pseudo-intervalo para un número suficiente de satélites y sus ubicaciones.

- 15 El tiempo de llegada de una señal a partir de un satélite de GPS puede determinarse mediante el procesamiento de la propia señal de GPS para obtener la información de tiempo necesaria. Para el GPS, la información de tiempo completa puede dividirse en tres componentes de tiempo diferentes: bit de semana (BOW), época (en bit) y trama de sub-código (la totalidad de los cuales se describen con detalle en lo sucesivo). Cada componente de tiempo cubre un intervalo de tiempo diferente y tiene una resolución de tiempo diferente. Cada componente de tiempo puede obtenerse de la señal de GPS en base a un procesamiento de señal diferente por el receptor. El procesamiento para obtener estas componentes de tiempo se realiza, por lo general, en orden secuencial, con una resolución de tiempo basta creciente, de tal modo que la temporización de la trama de sub-código (fino) se obtiene en primer lugar, la temporización de época (en bit) se obtiene a continuación, y la información de tiempo de BOW (basta) se obtiene en último lugar. Por lo tanto, el tiempo de procesamiento para obtener una componente de tiempo dada a partir de la señal de GPS es acumulativo (es decir, igual al tiempo de procesamiento para esa componente de tiempo más el tiempo de procesamiento para todas las componentes de tiempo más finas). Si el receptor de GPS tiene un conocimiento *a priori* de cualquiera de estas componentes de tiempo, a continuación este puede omitir el procesamiento correspondiente para obtener la componente. Esto reduciría a continuación la cantidad de tiempo que se necesita para obtener la medición de pseudo-intervalo y, en última instancia, una fijación de posición para el terminal.

- 20 Un terminal puede obtener el tiempo de GPS como uno de los resultados de una fijación de posición. El tiempo de GPS puede verse como un tiempo "verdadero" o absoluto, e incluye la totalidad de las tres componentes de tiempo que se han descrito en lo que antecede. Este tiempo de GPS puede usarse para dar una indicación de tiempo a la temporización interna del terminal, de tal modo que este conoce el tiempo verdadero o absoluto en un instante de tiempo específico. Entre las fijaciones de posición, el terminal puede operarse en un modo de espera mediante el cual se apaga tanta circuitería como es posible para conservar la potencia de batería. Mientras que se encuentra en el modo de espera, el terminal mantiene, por lo general, un contador que se opera en base a un reloj interno. El contador es, en realidad, un temporizador que se usa para proporcionar una información de tiempo para el terminal mientras que este se encuentra en espera y que no recibe señales a partir de transmisor alguno.

- 25 Puede ordenarse al terminal que realice una nueva fijación de posición en un instante de tiempo arbitrario. El contador puede usarse a continuación como un reloj en tiempo real para estimar la cantidad de tiempo que ha transcurrido, según se mide por el reloj interno del terminal, desde el instante de tiempo para el cual se obtuvo el último tiempo de GPS. El tiempo absoluto en este instante de tiempo arbitrario puede estimarse mediante la adición de la estimación de tiempo transcurrido al último tiempo de GPS. La precisión de esta estimación de tiempo absoluto es dependiente de la precisión de la estimación de tiempo transcurrido. Si el tiempo transcurrido puede estimarse con un grado relativamente alto de precisión, a continuación la estimación de tiempo absoluto es razonablemente precisa. En este caso, puede que no sea necesario recuperar la temporización de BOW y de época en bit para la nueva fijación de posición. En consecuencia, la nueva fijación de posición puede obtenerse en una cantidad de tiempo mucho más corta, lo que es sumamente deseable.

- 30 Desafortunadamente, el reloj interno del terminal puede no ser lo bastante preciso. Por ejemplo, el reloj interno que se usa para implementar el reloj en tiempo real del terminal puede tener un error tan grande como 100 partes por millón (ppm). A continuación, la estimación de tiempo transcurrido incurriría en error en la misma cantidad de ppm, siendo la magnitud del error más grande para un tiempo transcurrido más prolongado. Por ejemplo, un error de 100 ppm en un tiempo transcurrido de 50 segundos es de 5 ms, y el mismo error de 100 ppm en un tiempo transcurrido de 500 segundos es de 50 ms. Un error grande en la estimación de tiempo transcurrido puede hacer necesario recuperar a continuación la temporización de época en bit y (posiblemente) de BOW para una nueva

fijación de posición, lo que es sumamente poco deseable.

Por lo tanto, en la técnica existe una necesidad de un procedimiento y aparato para implementar un reloj en tiempo real que tenga una precisión más alta y que pueda usarse para diversas aplicaciones tales como la determinación de posición.

- 5 Se llama la atención sobre el documento US 2002/0173322 A1, que describe un procedimiento y sistema para supervisar un reloj de red inalámbrica en comparación con una escala de tiempo absoluto que usa las propias estaciones móviles de usuario. La mayor ventaja tal como se describe en dicho documento es la capacidad de transferir el tiempo de GPS a una estación móvil en una red inalámbrica y, por lo tanto, de disminuir el tiempo necesario para que un receptor móvil realice cálculos de posición, con un soporte físico mínimo requerido por la red.

10 **Sumario**

De acuerdo con la presente invención se proporcionan, respectivamente, un procedimiento, y un aparato, tal como se expone en las reivindicaciones independientes. En las reivindicaciones dependientes se describen realizaciones de la invención.

- 15 En el presente documento se proporciona un procedimiento y aparato para implementar un reloj en tiempo real "virtual" en un terminal en base a una información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación. Por lo menos un sistema (por ejemplo, GPS) proporciona una información de tiempo "absoluto" para el reloj en tiempo real virtual, y por lo menos otro sistema (por ejemplo, un sistema celular) proporciona una información de tiempo "relativo". Puede "darse una indicación de tiempo" al reloj en tiempo real virtual con el tiempo absoluto a medida que este se vuelve disponible a partir del primer sistema. El tiempo relativo (que puede recibirse a partir de múltiples transmisores asíncronos en el segundo sistema) puede correlacionarse con el diagrama de temporización del reloj en tiempo real virtual a medida que este se recibe a partir del segundo sistema. El tiempo absoluto en cualquier instante de tiempo arbitrario en el diagrama de temporización puede estimarse a continuación en base al tiempo absoluto a partir del primer sistema y el tiempo relativo a partir del segundo sistema. Los tiempos absolutos a partir del primer sistema para dos o más instantes de tiempo también pueden usarse para calibrar el tiempo relativo a partir del segundo sistema.

- 25 Una realización específica de un procedimiento que se describe en el presente documento puede proporcionar una estimación del tiempo absoluto en base a una información de tiempo procedente de un número de sistemas de comunicación. Inicialmente, el tiempo absoluto se obtiene de un primer sistema (por ejemplo, GPS) para un primer instante de tiempo. Un primer mensaje de señalización (por ejemplo, una ráfaga de sincronización) se recibe a partir de un primer transmisor en un segundo sistema (por ejemplo, un sistema de GSM o de W-CDMA) en un segundo instante de tiempo. A continuación, se determina un primer desplazamiento de tiempo entre los instantes de tiempo primero y segundo. Un segundo mensaje de señalización también puede recibirse a partir de un segundo transmisor en el segundo sistema en un tercer instante de tiempo (por ejemplo, en situación de traspaso). Los transmisores primero y segundo pueden ser asíncronos uno con respecto a otro, caso en el cual puede determinarse un segundo desplazamiento de tiempo entre los instantes de tiempo primero y tercero. A continuación de lo anterior, un tercer mensaje de señalización puede recibirse a partir de o bien el primer o bien el segundo transmisor en un cuarto instante de tiempo. Una estimación del tiempo absoluto en un instante de tiempo designado puede determinarse a continuación en base a (1) el tiempo absoluto para el primer instante de tiempo, (2) el primer [o segundo] desplazamiento de tiempo, (3) un tiempo transcurrido entre el segundo [o tercer] instante de tiempo y el cuarto instante de tiempo, y (4) la diferencia de tiempo entre el cuarto instante de tiempo y el instante de tiempo designado (la expresión en el interior del corchete es aplicable si el tiempo relativo del segundo transmisor se usa para estimar el tiempo absoluto en el instante de tiempo designado).

Diversos aspectos y realizaciones del procedimiento y aparato se describen con detalle adicional en lo sucesivo.

Breve descripción de los dibujos

- 45 Las características, la naturaleza y las ventajas de la presente invención se harán más evidentes a partir de la descripción detallada que se expone en lo sucesivo al tomarse junto con los dibujos, en los que caracteres de referencia similares se identifican de manera correspondiente en la totalidad del presente documento y en los que:

- la figura 1 es un diagrama que muestra un terminal inalámbrico capaz de recibir señales a partir de múltiples sistemas de comunicación;
- 50 la figura 2 es un diagrama que ilustra una implementación de un reloj en tiempo real virtual en base a una información de tiempo procedente de un GPS y un sistema celular;
- la figura 3 es un diagrama que ilustra una implementación del reloj en tiempo real virtual en base a una información de tiempo procedente del GPS y dos estaciones de base asíncronas en el sistema celular;
- la figura 4 es un diagrama que ilustra la estructura de trama para un sistema de GSM;
- 55 las figuras 5 y 6 son unos diagramas de flujo de dos realizaciones de un proceso para proporcionar una estimación del tiempo absoluto en base a una información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación;
- la figura 7 es un diagrama que ilustra el formato de transmisión de datos para una señal de GPS;

la figura 8 es un diagrama de flujo de una realización de un proceso para determinar la posición de una unidad de receptor en base a una estimación de tiempo absoluto precisa a partir del reloj en tiempo real virtual; y la figura 9 es un diagrama de bloques de una realización de una unidad de receptor, que puede ser un componente del terminal inalámbrico.

5 Descripción detallada

La figura 1 es un diagrama que muestra un terminal inalámbrico 110 capaz de recibir señales a partir de múltiples sistemas de comunicación. Un sistema de comunicación de este tipo es el bien conocido Sistema de Posicionamiento Global (GPS). Otro sistema de comunicación de este tipo es un sistema de comunicación inalámbrica (por ejemplo, celular), que puede ser un acceso múltiple por división en Código (CDMA), un acceso múltiple por división en tiempo (TDMA), un acceso múltiple por división en frecuencia (FDMA), o algún otro sistema de comunicación de acceso múltiple. El sistema de CDMA puede implementar una o más normas tales como ES-95, ES-2000, W-CDMA, y así sucesivamente. El sistema de TDMA puede implementar una o más normas tales como GSM, GPRS, y así sucesivamente. Estas diversas normas son conocidas en la técnica y se incorporan en el presente documento por referencia. En general, el terminal 110 puede recibir señales a partir de cualquier número de sistemas de comunicación que pueden ser de cualquier tipo (por ejemplo, un sistema de Bluetooth, de WI-FI, o cualquier otro, capaz de proporcionar una información de tiempo). En una realización específica que se describe con detalle en lo sucesivo, el terminal 110 es capaz de recibir señales a partir del sistema GPS y de GSM.

El terminal 110 puede recibir señales a partir de un número de satélites de GPS 130, y puede procesar estas señales de GPS para obtener una estimación de su posición actual. El terminal puede obtener el tiempo de GPS como uno de los resultados de una fijación de posición (o puede operarse para procesar las señales de GPS para obtener solo el tiempo de GPS). Este tiempo de GPS es una indicación precisa del tiempo real, debido a que los relojes mantenidos por los satélites de GPS son muy precisos y se ajustan adicionalmente según sea necesario para realizar el seguimiento de un reloj atómico extremadamente preciso en tierra. Por lo tanto, el tiempo de GPS puede verse como un tiempo "verdadero" o absoluto. El terminal puede calibrar su propia temporización siempre que este esté provisto con el tiempo de GPS. No obstante, debido a que el terminal puede realizar fijaciones de posición en unos instantes de tiempo esporádicos (por ejemplo, siempre que esté dirigido por el usuario y / o el sistema celular), el tiempo de GPS puede estar disponible solo en estos instantes de tiempo esporádicos.

El terminal 110 también puede recibir señales a partir de una o más estaciones de base 120 en el sistema celular, y puede procesar estas señales terrestres para recibir información o para comunicarse con el sistema celular. Como parte de un proceso de sincronización y de adquisición, puede requerirse que el terminal determine la temporización de cada estación de base con el que esta recibe datos o se comunica. Para el sistema de GSM, una ráfaga de sincronización se transmite de forma periódica por cada estación de base para proporcionar datos de sincronización a nivel de trama a los terminales. La temporización de cada estación de base puede determinarse mediante el procesamiento de las ráfagas de sincronización que se transmiten por la estación de base.

Algunos sistemas celulares (por ejemplo, sistemas de ES-95 y de cdma2000) se operan de forma síncrona de tal modo que la temporización de todas las estaciones de base está alineada. Además, la temporización de las estaciones de base en estos sistemas celulares puede sincronizarse adicionalmente con (es decir, enclavarse con) el tiempo de GPS. En este caso, el terminal puede ser capaz de actualizar de forma continua su temporización interna con el tiempo de GPS, que puede obtenerse en base a señales a partir de los satélites de GPS y / o las estaciones de base.

No obstante, algunos sistemas celulares (por ejemplo, sistemas de GSM y de W-CDMA) pueden operarse de forma asíncrona. Para W-CDMA, las estaciones de base pueden operarse de tal modo que todas estas están sincronizadas una con otra o son todas asíncronas entre sí. Las estaciones de base también pueden operarse de tal modo que algunas estaciones de base están sincronizadas mientras que algunas otras no lo están. La elección del funcionamiento síncrono o asíncrono es dependiente de la forma en la que el sistema se opera por un operador de red. Para GSM, las estaciones de base son asíncronas una con respecto a otra.

Para un sistema celular asíncrono (por ejemplo, sistema de GSM o de W-CDMA), la temporización de las estaciones de base no está alineada y puede presentar deriva con el tiempo. El valor promedio a largo plazo de esta deriva puede ser cero o puede ser un cierto valor distinto de cero (es decir, la diferencia de tiempo entre las estaciones de base puede aumentar o disminuir de forma continua). Debido a la temporización asíncrona, no es probable que las tramas para estas estaciones de base se inicien en el mismo instante de tiempo (excepto por coincidencia). Además, la temporización de las estaciones de base en el sistema celular asíncrono no es, por lo general, síncrona con el tiempo de GPS. Por estas razones, el terminal no sería capaz de actualizar su temporización interna, en base a una información de tiempo procedente de estas estaciones de base asíncronas, de la misma forma que para un sistema síncrono.

En el presente documento se proporciona un procedimiento y aparato para implementar un reloj en tiempo real "virtual" en un terminal en base a una información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación, uno de los cuales puede ser un sistema asíncrono (por ejemplo, un sistema de GSM o de W-CDMA). El inventor de la presente invención ha reconocido que, a pesar de que las estaciones de base en un sistema celular pueden

operarse de forma asíncrona, la temporización de cada estación de base se obtiene en base a un reloj que es, por lo general, más preciso que el reloj interno del terminal. Por ejemplo, mientras que el reloj interno del terminal puede tener una precisión del orden de 10 ppm o peor, el reloj de una estación de base puede tener una precisión del orden de $\pm 0,05$ ppm o posiblemente 0,01 ppm (es decir, de 100 a 1000 veces más preciso). Un reloj en tiempo real virtual preciso puede implementarse a continuación por el terminal en base al tiempo de GPS procedente del GPS (siempre que se encuentre disponible) y la temporización precisa de las estaciones de base en el sistema celular.

La figura 2 es un diagrama que ilustra una implementación del reloj en tiempo real virtual en un terminal en base a una información de tiempo procedente del sistema GPS y celular. La figura 2 muestra tres diagramas de temporización diferentes para el terminal, una estación de base en el sistema celular, y el GPS. Estos tres diagramas de temporización diferentes resultan del uso de tres relojes diferentes (que no están enclavados) para el terminal, la estación de base, y el GPS.

Tal como se muestra en la figura 2, el GPS está asociado con su propio diagrama de temporización, que se determina de forma efectiva en base al reloj atómico extremadamente preciso en tierra. Los relojes de satélite de GPS se controlan y se corrigen para permitir que la relación entre el tiempo de GPS absoluto y los relojes de satélites individuales se conozca muy bien en cualquier momento dado.

Para un sistema celular asíncrono, la temporización de cada estación de base puede ser diferente del de otras estaciones de base en el sistema celular. La temporización de cada estación de base se determina en base a su propio reloj, que puede, o puede no, enclavarse con alguna otra referencia de tiempo (por ejemplo, GPS). Sin embargo, la frecuencia de reloj de la estación de base es, por lo general, mucho más precisa que la frecuencia del reloj interno del terminal. Cada estación de base transmite datos en unas tramas de una duración particular que se define por la norma que se esté implementando por el sistema celular. Con fines de simplicidad, la temporización de solo una estación de base se muestra en la figura 2. El periodo de trama de esta estación de base se indica como T_{trama} , y el inicio de cada trama se muestra en la figura 2.

El terminal mantiene, por lo general, un contador o un temporizador que se usa para proporcionar un “tiempo de sistema” para todos los elementos de procesamiento en el interior del terminal. Con fines de simplicidad, la siguiente descripción supone que un contador se mantiene para proporcionar un tiempo de sistema. Este contador se opera en base al reloj interno del terminal, que es, por lo general, el más impreciso de todos los relojes en las tres entidades (es decir, el terminal, la estación de base y el GPS). El reloj interno “avanza libremente” a menos que este esté enclavado con otro reloj (por ejemplo, el reloj de estación de base). La precisión del tiempo de sistema en el terminal está vinculada directamente con este reloj interno.

Inicialmente, en el arranque, el contador puede restablecerse (por ejemplo, en un cierto instante de tiempo arbitrario) y, a continuación de lo anterior, se incrementa en base al reloj interno. Con fines de claridad, el contador se muestra como un contador de desbordamiento que tiene una salida que se incrementa de forma lineal con cada ciclo de reloj hasta que se alcanza el máximo valor de contador, instante en el cual este se restablece de vuelta al mínimo valor de contador. Por lo tanto, la salida de contador puede representarse de manera gráfica como una forma de onda en dientes de sierra. Los valores de contador máximo y mínimo pueden seleccionarse de tal modo que cada periodo de la forma de onda en dientes de sierra es aproximadamente igual a una trama procedente de la estación de base. En una implementación típica, pueden usarse bits adicionales en este contador u otro contador para cubrir un alcance temporal más prolongado. Por ejemplo, puede mantenerse otro contador para contar el número de veces que se desborda el primer contador (es decir, el número de tramas).

El contador proporciona un tiempo de sistema para el terminal así como define el diagrama de temporización del terminal. En particular, cualquier instante de tiempo dado en el diagrama de temporización de terminal está asociado con un valor de contador particular, que se usa como el tiempo de sistema para el terminal en ese instante de tiempo. Sin otra información de tiempo externa, el contador es capaz de proporcionar un tiempo “relativo” (es decir, la cantidad de tiempo que ha transcurrido entre dos instantes de tiempo) pero no es capaz de proporcionar el tiempo “absoluto” (es decir, el tiempo “verdadero” o real en un instante de tiempo dado).

El reloj en tiempo real virtual puede implementarse en el terminal tal como sigue. Inicialmente, en el instante de tiempo T_1 en el diagrama de temporización de terminal, el terminal está provisto con el tiempo absoluto t_{abs1} para ese instante de tiempo. Este tiempo absoluto t_{abs1} puede ser el tiempo de GPS que se obtiene mediante el procesamiento de señales a partir de un número de satélites de GPS (por ejemplo, para obtener una fijación de posición), o puede obtenerse por algunos otros medios. El terminal asocia a continuación un valor de contador de C_1 para el instante de tiempo T_1 con el tiempo absoluto t_{abs1} . Esto establece a continuación una relación entre la temporización de terminal y la temporización de GPS.

El terminal también procesa (de forma continua o periódica) la señal procedente de la estación de base para recibir mensajes y / o para comunicarse con el sistema celular. Como parte del procesamiento de señal, el terminal puede detectar determinados mensajes de señalización (por ejemplo, ráfagas de sincronización) que se transmiten por la estación de base para proporcionar una sincronización para el terminal. Tal como se muestra en la figura 2, el terminal detecta el inicio de la trama k como que tiene lugar en el instante de tiempo T_2 . El terminal procesa adicionalmente el mensaje de señalización en la trama k para extraer el número de trama de esta trama. El terminal

asocia a continuación un valor de contador de C_2 para el instante de tiempo T_2 con el inicio de la trama k y asocia adicionalmente el número de trama de la trama k con el instante de tiempo T_2 . Esto establece a continuación una relación entre la temporización de terminal y la temporización de estación de base.

5 El terminal puede establecer a continuación una relación entre la temporización de GPS y la temporización de estación de base. En particular, el terminal puede determinar un desplazamiento de tiempo ΔT_{BS} entre el instante de tiempo T_1 para el cual se recibió el tiempo absoluto t_{abs1} y el instante de tiempo T_2 para el inicio de la trama k . Este desplazamiento de tiempo puede expresarse como:

$$\Delta T_{BS} = T_2 - T_1 . \quad \text{Ec. (1)}$$

10 Debido a que los valores de contador se usan para indicar el tiempo para el diagrama de temporización de terminal, el desplazamiento de tiempo ΔT_{BS} puede determinarse como $\Delta T_{BS} = (C_2 - C_1) / F_{nom}$, en la que F_{nom} es la frecuencia de reloj nominal y C_2 se ajusta para responder por cualquier desbordamiento en el contador desde el instante de tiempo T_1 .

15 A continuación de lo anterior, el terminal puede encontrarse en espera durante una cantidad de tiempo. En un instante de tiempo arbitrario T_4 en el diagrama de temporización de terminal, puede necesitarse el tiempo absoluto (por ejemplo, para una nueva fijación de posición). Una estimación de tiempo absoluto \hat{t}_{abs2} en el instante de tiempo T_4 puede determinarse a continuación de la siguiente forma. En primer lugar, el inicio de una trama antes (o cerca) del instante de tiempo T_4 (por ejemplo, la trama $k + n$) se detecta como que tiene lugar en el instante de tiempo T_3 . La diferencia de tiempo ΔT entre el inicio de la trama $k + n$ y el instante de tiempo T_4 en el que se necesita la estimación de tiempo absoluto puede determinarse a continuación como:

$$20 \quad \Delta T = T_4 - T_3 . \quad \text{Ec. (2)}$$

De nuevo, la diferencia de tiempo ΔT puede determinarse como $\Delta T = (C_4 - C_3) / F_{nom}$, en la que C_3 y C_4 son, respectivamente, los valores de contador en los instantes de tiempo T_3 y T_4 .

25 También se determina el número de tramas completas entre los instantes de tiempo T_2 y T_3 . Este puede obtenerse en base a los números de trama que se extraen de los mensajes de señalización que se transmiten en las tramas k y $k + n$, o en base a otro contador mantenido por el terminal para contar el número de tramas. El tiempo absoluto t_{abs2} en el instante de tiempo T_4 puede estimarse a continuación como:

$$\hat{t}_{abs2} = t_{abs1} + \Delta T_{BS} + nT_{trama} + \Delta T \cong t_{abs2} , \quad \text{Ec. (3)}$$

en la que n es el número de tramas completas entre los instantes de tiempo T_2 y T_3 .

30 Tal como se muestra en la ecuación (3), la estimación de tiempo absoluto, \hat{t}_{abs2} , se obtiene en base a cuatro términos. El término \hat{t}_{abs1} es muy preciso y se considera que no tiene error alguno. Por ejemplo, el tiempo de GPS puede proporcionarse con una precisión del orden de 100 ns. El término nT_{trama} se basa en la temporización de la estación de base, caso en el cual T_{trama} puede ser preciso hasta 0,1 ppm o 0,01 ppm. El término nT_{trama} cubre, por lo general, una gran porción del tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo T_1 y T_4 . Los términos ΔT_{BS} y ΔT se basan en la temporización del terminal, que tiene, por lo general, la peor precisión de la totalidad de las tres entidades. No obstante, el periodo de tiempo cubierto por los términos ΔT_{BS} y ΔT es, por lo general, corto en relación con el tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo T_1 y T_4 . La estimación de tiempo absoluto, \hat{t}_{abs2} , es por lo tanto una estimación precisa del tiempo absoluto t_{abs2} en el instante de tiempo T_4 debido a que (1) la mayor parte de del tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo T_1 y T_4 (es decir, nT_{trama}) se estima en base a la temporización de estación de base precisa y (2) solo una porción relativamente pequeña del tiempo transcurrido (es decir, $\Delta T_{BS} + \Delta T$) puede haberse estimado en base a la menos precisa temporización de terminal.

45 Tal como se ilustra en la figura 2, el reloj en tiempo real virtual se implementa de forma efectiva en base a una información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación (por ejemplo, sistema GPS y celular). La información de tiempo procedente de un sistema de comunicación (por ejemplo, GPS) puede proporcionarse en forma de tiempo absoluto preciso (por ejemplo, t_{abs1}) en un instante de tiempo particular. La información de tiempo procedente del otro sistema de comunicación (por ejemplo, un sistema celular) puede proporcionarse en forma de tiempo relativo preciso (por ejemplo, nT_{trama} , que se basa en una temporización a nivel de trama precisa). El reloj en tiempo real virtual puede proporcionar a continuación una estimación precisa del tiempo absoluto en cualquier instante de tiempo arbitrario en base al tiempo absoluto a partir de un sistema de comunicación y el tiempo relativo a partir del otro sistema de comunicación. Un reloj menos preciso (por ejemplo, el reloj interno en el interior del terminal) puede usarse para cualquier periodo de tiempo no cubierto por el tiempo relativo a partir del otro sistema de comunicación, tal como se ha descrito en lo que antecede.

55 La temporización de la estación de base puede calibrarse (o compensarse) adicionalmente en base al tiempo absoluto preciso que se obtiene para múltiples instantes de tiempo. Por ejemplo, si el tiempo absoluto preciso t_{abs2} está disponible a partir del GPS en el instante de tiempo T_4 (en lugar de tener que estimarse tal como se ha descrito en lo que antecede), a continuación el periodo de tiempo cubierto por cada trama a partir de la estación de base

puede obtenerse como:

$$T_{\text{trama}} = \frac{t_{\text{abs2}} - t_{\text{abs1}} - \Delta T_{\text{BS}} - \Delta T}{n} \quad \text{Ec. (4)}$$

Tal como se muestra en la ecuación (4), el periodo de trama, T_{trama} , se obtiene en base a cuatro términos. Los términos t_{abs1} y t_{abs2} son muy precisos y se considera que no tienen error alguno. Los términos ΔT_{BS} y ΔT se basan en la temporización del terminal. El efecto del error de temporización de terminal sobre la obtención del periodo de trama, T_{trama} , se reduce si $(t_{\text{abs2}} - t_{\text{abs1}})$ es grande en relación con $(\Delta T_{\text{BS}} + \Delta T)$. El periodo de trama, T_{trama} , que se obtiene a partir de la ecuación (4) puede almacenarse y, a continuación de lo anterior, usarse como el periodo de trama para esta estación de base siempre que se necesita estimar el tiempo absoluto. El periodo de trama, T_{trama} , también puede actualizarse a medida que se vuelve disponible un nuevo tiempo absoluto preciso. La calibración de temporización que se ha descrito en lo que antecede es equivalente a calcular el desplazamiento de frecuencia de la estación de base.

El reloj en tiempo real virtual también puede implementarse para un sistema de comunicación asíncrono (por ejemplo, un sistema de GSM o de W-CDMA). Tal como se ha indicado en lo que antecede, la temporización para las estaciones de base en un sistema de comunicación asíncrono de este tipo puede no estar alineada pero es, sin embargo, precisa. Mientras que se encuentra en espera o durante la comunicación con el sistema celular, el terminal puede traspasarse (o "volver a seleccionarse") de una estación de base a otra a medida que este sale de, y entra en, las áreas de cobertura de estas estaciones de base. La temporización de cada estación de base puede usarse para implementar el reloj en tiempo real virtual a medida que este se vuelve disponible.

La figura 3 es un diagrama que ilustra una implementación del reloj en tiempo real virtual en base a una información de tiempo procedente del GPS y dos estaciones de base asíncronas en un sistema celular. La figura 3 muestra tres diagramas de temporización diferentes para el terminal y las dos estaciones de base. Estos tres diagramas de temporización diferentes resultan del uso de tres relojes diferentes (que no están enclavados) para el terminal y las dos estaciones de base. El diagrama de temporización para el GPS no se muestra con fines de simplicidad.

Inicialmente, en el instante de tiempo T_1 en el diagrama de temporización de terminal, el terminal está provisto con el valor de tiempo absoluto t_{abs1} , que puede ser el tiempo de GPS, para ese instante de tiempo. El terminal asocia a continuación un valor de contador de C_1 para el instante de tiempo T_1 con el tiempo absoluto t_{abs1} , lo que establece a continuación una relación entre la temporización de terminal y la temporización de GPS.

A continuación de lo anterior, el terminal detecta el inicio de la trama k a partir de la estación de base 1 que tiene lugar en el instante de tiempo T_2 . El terminal asocia a continuación un valor de contador de C_2 para el instante de tiempo T_2 con el inicio de la trama k a partir de la estación de base 1. Esto establece a continuación una relación entre la temporización de terminal y la temporización de la estación de base 1. El terminal puede establecer una relación entre la temporización de GPS y la temporización de la estación de base 1 mediante la determinación del desplazamiento de tiempo ΔT_{BS1} entre el instante de tiempo T_1 en el que se recibió el tiempo absoluto t_{abs1} y el instante de tiempo T_2 para el inicio de la trama k a partir de la estación de base 1, tal como se ha mostrado en lo que antecede en la ecuación (1).

El terminal también recibe una transmisión a partir de la estación de base 2. Para establecer una relación de temporización entre la estación de base 2 y el GPS, el terminal detecta en primer lugar el inicio de la trama i a partir de la estación de base 2 como que tiene lugar en el instante de tiempo T_3 . El terminal asocia a continuación un valor de contador de C_3 para el instante de tiempo T_3 con el inicio de la trama i a partir de la estación de base 2. La diferencia de tiempo ΔT_{BS12} entre el inicio de las tramas k e i para las estaciones de base 1 y 2, respectivamente, puede determinarse a continuación como:

$$\Delta T_{\text{BS12}} = T_3 - T_2 \quad \text{Ec. (5)}$$

El terminal puede establecer a continuación una relación entre la temporización de GPS y la temporización de la estación de base 2 mediante la determinación del desplazamiento de tiempo ΔT_{BS2} entre el instante de tiempo T_1 para el cual se recibió el tiempo absoluto t_{abs1} y el instante de tiempo T_3 para el inicio de la trama i a partir de la estación de base 2, tal como sigue:

$$\Delta T_{\text{BS2}} = \Delta T_{\text{BS1}} + \Delta T_{\text{BS12}} \quad \text{Ec. (6)}$$

En un instante de tiempo arbitrario T_6 en el diagrama de temporización de terminal, puede necesitarse el tiempo absoluto (por ejemplo, para una nueva fijación de posición). El tiempo absoluto t_{abs2} en el instante de tiempo T_6 puede estimarse a continuación en base a la temporización de la estación de base 1 y/o 2, que puede ser dependiente de la estación o estaciones de base a partir de las cuales el terminal aún puede recibir tramas cerca del instante de tiempo T_6 . El proceso para estimar el tiempo absoluto t_{abs2} en el instante de tiempo T_6 en base a la temporización de la estación de base 1 puede conseguirse tal como se ha descrito en lo que antecede para la figura 2.

El proceso para estimar el tiempo absoluto t_{abs2} en el instante de tiempo T_6 en base a la temporización de la estación de base 2 puede conseguirse tal como sigue. En primer lugar, el inicio de la trama $i + n$ cerca del instante de tiempo T_6 se detecta como que tiene lugar en el instante de tiempo T_5 . La diferencia de tiempo ΔT_2 entre el inicio de la trama $i + n$ y el instante de tiempo T_6 en el que se necesita la estimación de tiempo absoluto puede determinarse a continuación como:

$$\Delta T_2 = T_6 - T_5 . \quad \text{Ec. (7)}$$

También se determina el número de tramas completas entre los instantes de tiempo T_3 y T_5 (por ejemplo, en base a los números de trama que se extraen de los mensajes de señalización que se transmiten en las tramas i e $i + n$, o en base a otro contador mantenido por el terminal para contar el número de tramas). El tiempo absoluto t_{abs2} en el instante de tiempo T_6 puede estimarse a continuación como:

$$\hat{t}_{abs2} = t_{abs1} + \Delta T_{BS2} + nT_{trama} + \Delta T_2 \cong t_{abs2} , \quad \text{Ec. (8)}$$

en la que n es el número de tramas completas entre los instantes de tiempo T_3 y T_5 .

Tal como se muestra en la ecuación (8), la estimación de tiempo absoluto, \hat{t}_{abs2} , se obtiene en base a cuatro términos. El término t_{abs1} es muy preciso y el término nT_{trama} se basa en la temporización de la estación de base 2, que también es precisa. Los términos ΔT_{BS2} y ΔT_2 para la estación de base 2 se obtienen en base a la temporización del terminal, y tienen aproximadamente la misma cantidad de error que los términos ΔT_{BS1} y ΔT_1 que se obtienen para la estación de base 1. Por lo tanto, el reloj en tiempo real virtual puede mantenerse de forma precisa incluso a medida que el terminal se traspasa de una estación de base a otra en un sistema celular asíncrono.

Con fines de simplicidad, la figura 3 muestra la obtención de los desplazamientos de tiempo ΔT_{BS1} y ΔT_{BS2} en base a dos tramas k e i que se reciben dentro de un periodo de trama del instante de tiempo T_1 . En general, las tramas que se transmiten en cualquier instante de tiempo por las estaciones de base asíncronas pueden usarse para obtener la información de tiempo relativo. Las fases (es decir, temporización a nivel de bit) y los números de estas tramas pueden determinarse (por ejemplo, a partir de los mensajes de señalización que se transmiten en estas tramas) y usarse para obtener los desplazamientos de tiempo ΔT_{BS1} y ΔT_{BS2} . Cada desplazamiento de tiempo puede ser menor que un periodo de trama (es decir, $\Delta T_{BS} < T_{trama}$) o mayor que un periodo de trama (es decir, $\Delta T_{BS} > T_{trama}$).

El traspaso entre estaciones de base también puede tener lugar en cualquier instante y puede responderse por el mismo (por ejemplo, de tal modo que el desplazamiento de tiempo para cada estación de base cubre solo el periodo de tiempo para el cual el tiempo relativo no está disponible). Además, el reloj en tiempo real virtual puede usar la información de tiempo relativo a partir de cualquier número de estaciones de base asíncronas. En general, la información de tiempo relativo a partir de cada estación de base puede usarse para cualquier periodo de tiempo aplicable para el cual se reciban tramas a partir de esa estación de base. El tiempo transcurrido entre cualesquiera dos instantes de tiempo puede estimarse a continuación por una combinación por etapas del tiempo relativo a partir de un número de estaciones de base, tal como sigue:

$$\sum_{i=1}^{N_B} n_i T_{trama,i} ,$$

en la que n_i es el número de tramas cubierto por el tiempo relativo a partir de la estación de base i , $T_{trama,i}$ es el periodo de trama para la estación de base i , y N_B es el número de estaciones de base que se usan para estimar el tiempo transcurrido.

La información de tiempo relativo puede obtenerse mediante el procesamiento de los mensajes de señalización que se transmiten por las estaciones de base en el sistema celular. Cada norma define el mensaje de señalización específico que va a usarse, la frecuencia de su transmisión, y así sucesivamente. Con fines de claridad, el mensaje de señalización para GSM que se usa para obtener la información de tiempo relativo se describe en lo sucesivo.

La figura 4 es un diagrama que ilustra la estructura de trama para un sistema de GSM. Una hipertrama se define como que incluye 2048 supertramas y cubre un periodo de tiempo de 3 horas, 28 minutos, 53 segundos y 760 ms. Cada supertrama incluye 1326 tramas de TDMA y puede dividirse en un número de multitramas de 51 tramas o multitramas de 26 tramas. Cada trama de TDMA incluye 8 ranuras de tiempo y cubre 4,615 ms. Cada ranura de tiempo incluye 156,25 bits y cubre 0,577 ms, y cada bit tiene una duración de 3,69 μ s.

Cada estación de base transmite de forma periódica unas ráfagas de sincronización, que pueden usarse por los terminales para la sincronización con la estación de base y para obtener la temporización. Se transmiten cinco ráfagas de sincronización cada 51 tramas, lo que se corresponde con una tasa de aproximadamente 21,2 Hz. Tal como se muestra en la figura 4, una ráfaga de sincronización que comprende 148 bits puede transmitirse en la primera ranura de tiempo de una trama de TDMA. Cada ráfaga de sincronización incluye 78 bits cifrados que pueden descifrarse para obtener un número de trama de TDMA reducido (RFN, *reduced TDMA frame number*) de 19 bits y

un código de identificación de sistema de transceptor de base (BSIC, *base transceiver system identification code*) de 6 bits. El número de trama de TDMA reducido de 19 bits identifica una trama de TDMA específica, en la que se transmite la ráfaga de sincronización, dentro de la hipertrama. El BSIC identifica una estación de base específica a partir de la cual se transmitió la ráfaga de sincronización, y puede usarse para identificar de forma única cada estación de base. El inicio de cada ráfaga de sincronización recibida puede determinarse y usarse como el inicio de trama que se muestra en las figuras 2 y 3. El número de trama de TDMA reducido de 19 bits puede usarse para determinar el número de tramas que se han transmitido entre cualesquiera dos ráfagas de sincronización. Debido a que cada bit tiene una duración de 3,69 μ s, el tiempo relativo puede obtenerse con una resolución de no más de 3,69 μ s con respecto a las ráfagas de sincronización.

La figura 5 es un diagrama de flujo de una realización de un proceso 500 para proporcionar una estimación del tiempo absoluto en base a una información de tiempo procedente de múltiples sistemas de comunicación. La información de tiempo absoluto se recibe a partir de un primer sistema de comunicación (por ejemplo, GPS) (la etapa 512). La información de tiempo absoluto puede encontrarse en forma de tiempo absoluto para un instante de tiempo específico. La información de tiempo relativo también se recibe a partir de un primer transmisor en un segundo sistema de comunicación (por ejemplo, un sistema celular) (la etapa 514). La información de tiempo relativo puede encontrarse en forma de mensajes de señalización (por ejemplo, ráfagas de sincronización) que se transmiten de forma periódica por el primer transmisor. La información de tiempo relativo también puede recibirse a partir de un segundo transmisor en el segundo sistema de comunicación (la etapa 516, que es opcional y se muestra como una caja de trazo discontinuo). Los transmisores primero y segundo pueden operarse de forma asíncrona. Una estimación del tiempo absoluto en un instante de tiempo designado se proporciona en base a la información de tiempo absoluto a partir del primer sistema de comunicación y la información de tiempo relativo a partir de los transmisores primero y (posiblemente) segundo en el segundo sistema de comunicación (la etapa 518).

La figura 6 es un diagrama de flujo de una realización de un proceso 600 para proporcionar una estimación del tiempo absoluto en base a una información de tiempo procedente de un número de sistemas de comunicación. Inicialmente, el tiempo absoluto se obtiene de un primer sistema de comunicación (por ejemplo, GPS) para un primer instante de tiempo (la etapa 612). Un primer mensaje de señalización se recibe a partir de un primer transmisor en un segundo sistema de comunicación (por ejemplo, celular) en un segundo instante de tiempo (la etapa 614). Un primer desplazamiento de tiempo entre los instantes de tiempo primero y segundo se determina a continuación (la etapa 616). Un segundo mensaje de señalización también puede recibirse a partir de un segundo transmisor en el segundo sistema de comunicación en un tercer instante de tiempo (la etapa 618, que es opcional y se muestra como una caja de trazo discontinuo). Un segundo desplazamiento de tiempo entre los instantes de tiempo primero y tercero puede determinarse a continuación (la etapa 620, que también es opcional). A continuación de lo anterior, un tercer mensaje de señalización puede recibirse a partir de o bien el primer o bien el segundo transmisor en un cuarto instante de tiempo (la etapa 622).

Si el tercer mensaje de señalización procede del primer transmisor, a continuación una estimación del tiempo absoluto en un instante de tiempo designado puede determinarse en base a (1) el tiempo absoluto para el primer instante de tiempo (por ejemplo, t_{abs1} en la figura 3), (2) el primer desplazamiento de tiempo (por ejemplo, ΔT_{BS1}), (3) un tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo segundo y cuarto (por ejemplo, nT_{trama1}), y (4) la diferencia de tiempo entre los instantes de tiempo designados tercero y cuarto (por ejemplo, ΔT_1) (la etapa 624). Como alternativa, si el tercer mensaje de señalización procede del segundo transmisor, a continuación la estimación de tiempo absoluto para el instante de tiempo designado puede determinarse en base a (1) el tiempo absoluto para el primer instante de tiempo, (2) el segundo desplazamiento de tiempo (por ejemplo, ΔT_{BS2}), (3) un tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo tercero y cuarto (por ejemplo, nT_{trama}), y (4) la diferencia de tiempo entre los instantes de tiempo designados tercero y cuarto (por ejemplo, ΔT_2).

En general, el reloj en tiempo real virtual puede implementarse en base a una información de tiempo que se recibe a partir de múltiples sistemas de comunicación. En una realización, por lo menos un sistema de comunicación (por ejemplo, GPS) proporciona el tiempo absoluto para el reloj en tiempo real virtual, y por lo menos otro sistema de comunicación (por ejemplo, un sistema celular) proporciona un tiempo relativo para el reloj en tiempo real virtual.

En otra realización, el sistema de comunicación que proporciona la información de tiempo relativo también puede proporcionar una información de tiempo absoluto (por ejemplo, en mensajes) en los instantes de tiempo designados. Por ejemplo, una estación de base en el sistema celular puede transmitir (de forma periódica o cuando se solicite) un mensaje con el tiempo absoluto en el instante de la transmisión del mensaje (por ejemplo, el inicio de la trama con el mensaje). En la patente de EE. UU. con N° 5.945.944, titulada "*Method and Apparatus for Determining Time for GPS Receivers*", expedida el 31 de agosto de 1999, que se incorpora en el presente documento por referencia, se describen técnicas para recibir un tiempo a partir de una información procedente de una red celular.

Puede darse una indicación de tiempo al reloj en tiempo real virtual con el tiempo absoluto a medida que este se vuelve disponible. Los tiempos absolutos para dos o más instantes de tiempo también pueden usarse para calibrar el tiempo relativo a partir del otro sistema de comunicación.

La información de tiempo relativo puede proporcionarse por diversos medios. Un medio común es por medio de la transmisión de mensajes de señalización en unos instantes de tiempo seleccionados de tal modo que puede

establecerse la diferencia de tiempo entre cualesquiera dos mensajes de señalización. Como ejemplos, los mensajes de señalización pueden ser (1) las ráfagas de sincronización que se transmiten por cada estación de base en el sistema de GSM, tal como se describe en la figura 4, (2) el número de trama de sistema (SFN, *system frame number*) que se transmite por cada estación de base en el sistema de W-CDMA, (3) indicadores de radiobúsqueda que se transmiten a unos intervalos de tiempo conocidos, y así sucesivamente. Pueden usarse diversos tipos de mensaje de señalización, y esto se encuentra dentro del alcance de la invención.

Por lo general, la información de tiempo relativo a partir del sistema celular es de fácil acceso para un terminal. Mientras que se encuentra en comunicación activa con por lo menos una estación de base, el terminal determina de forma continua la temporización a nivel de trama y puede usar esta información para actualizar el reloj en tiempo real virtual. Incluso mientras que se encuentra en espera, el terminal se activa de forma periódica para verificar si hay mensajes de radiobúsqueda en un canal de radiobúsqueda que lo alerten de llamadas entrantes. Como parte del procesamiento del canal de radiobúsqueda para los mensajes de radiobúsqueda, el terminal determina la temporización a nivel de trama y puede usar esta información para actualizar el reloj en tiempo real virtual.

El reloj en tiempo real virtual puede usarse para proporcionar una estimación precisa del tiempo absoluto en cualquier instante de tiempo designado. Esta estimación de tiempo precisa puede usarse de forma ventajosa para diversas aplicaciones, una de las cuales es la determinación de posición. En particular, la estimación de tiempo precisa puede usarse para (1) proporcionar una fijación de posición en un periodo de tiempo más corto y / o (2) proporcionar una sensibilidad más alta en el procesamiento de las señales que se usan para la fijación de posición. Los beneficios que pueden lograrse con la estimación de tiempo precisa para unas fijaciones de posición en base a señales de GPS se describen en lo sucesivo.

La posición de un terminal puede determinarse en base a (1) distancias a un número suficiente de transmisores, que se usan como puntos de referencia, y (2) las ubicaciones de estos transmisores. Para el GPS, el terminal puede estimar la distancia a cada satélite de GPS mediante la medición del tiempo que se requiere para que una señal se propague desde el satélite hasta el terminal. Si se conoce el tiempo en el que la señal se transmite a partir del satélite de GPS (por ejemplo, con indicación de tiempo o codificada en la señal), a continuación el tiempo de propagación de la señal puede determinarse mediante la observación del tiempo en el que la señal se recibe en el terminal (en base al reloj interno del terminal). No obstante, la cantidad de tiempo entre la transmisión y la recepción no puede determinarse, por lo general, con exactitud debido a los desplazamientos entre los relojes en el terminal y el satélite de GPS. Por lo tanto, un "pseudo-intervalo" se obtiene, por lo general, en base a la diferencia entre un tiempo de referencia y el tiempo en el que se recibe la señal. Por lo tanto, el pseudo-intervalo representa la distancia relativa entre el terminal y el satélite de GPS a partir del cual se recibió la señal.

La figura 7 es un diagrama que ilustra el formato de transmisión de datos para una señal de GPS. Cada satélite de GPS transmite datos de navegación, que incluyen diversos tipos de información tal como efemérides de satélite, tiempo de sistema GPS (por ejemplo, información de bit de semana (BOW, *bit of week*)), datos de corrección, y así sucesivamente. Los datos de navegación se proporcionan a una tasa de 50 bits por segundo (bps), y cada bit de datos cubre un periodo de tiempo de 20 ms. Un periodo X1 se define como el que cubre 75 bits de datos, que es de 1,5 s.

Los datos de navegación de 50 bps se ensanchan espectralmente a lo largo de un ancho de banda de 1,023 MHz mediante ensanchamiento (o aleatorización) de los datos con una secuencia de números pseudo-aleatorios (PN) continua generada mediante la repetición de una secuencia en código Gold de 1023 bits. En particular, cada bit de datos está compuesto por 20 tramas de código, y cada trama de código está compuesta por una secuencia en código Gold de 1023 bits. La secuencia en código Gold tiene una tasa de chips de 1,023 Mcps, y cada bit de código de Gold o de PN cubre un periodo de chips de 0,977 μ s.

Para el GPS, el tiempo absoluto puede dividirse en tres componentes de tiempo diferentes: bit de semana (BOW), época (en bit) y trama de sub-código. (Estas tres componentes de tiempo pueden verse como que son análogas a la hora, minuto y segundo que se usan para indicar la hora del día). Cada componente de tiempo cubre un intervalo de tiempo diferente y tiene una resolución de tiempo diferente. En particular, la temporización de trama de sub-código cubre un intervalo de 0 a 1 ms y tiene una resolución a nivel de chip, la temporización de época en bit cubre un intervalo de 1 ms a 20 ms y tiene una resolución de trama de código (o 1 ms) y la información de tiempo de BOW cubre un intervalo de 20 ms y superior y tiene una resolución de bit de datos (o 20 ms). El tiempo absoluto puede representarse por la combinación de estas tres componentes de tiempo.

Cada una de las tres componentes de tiempo puede obtenerse de la señal de GPS en base a un procesamiento de señal diferente por el receptor de GPS. En particular, la temporización de trama de sub-código puede obtenerse mediante la realización de un filtrado de correlación de la señal de GPS recibida. Esto puede conseguirse mediante la correlación de la señal de GPS recibida con una secuencia de PN generada de forma local en una fase particular que se corresponde con una hipótesis que se está evaluando. La correlación da como resultado un alto valor de salida si la secuencia de PN generada de forma local está alineada en el tiempo con una secuencia de PN que se usa para ensanchar los datos de navegación en la señal de GPS recibida, y un bajo valor de salida en caso contrario. Por lo tanto, la correlación puede proporcionar una temporización a nivel de chip.

La temporización de época (en bit) puede obtenerse mediante la realización de una detección de flanco de los bits de datos de navegación. Cada bit de datos se transmite a lo largo de un periodo de tiempo de 20 ms que cubre 20 tramas de código. Las 20 tramas de código para cada bit de datos tienen una polaridad que se determina por ese bit de datos. Una vez que la temporización a nivel de chip se ha determinado mediante el filtrado de correlación, los 1023 chips de cada trama de código pueden acumularse de forma coherente para proporcionar un valor de trama de código correspondiente. Si se acumulan adicionalmente 20 valores de trama de código para un único bit de datos, a continuación se obtiene un alto valor de bits. No obstante, si se acumulan 20 valores de trama de código para dos bits de datos con la polaridad opuesta, a continuación se obtiene un valor de bits más bajo, determinándose el valor exacto mediante el número de tramas de código asociadas con cada uno de los dos bits de datos. Por lo tanto, al acumular diferentes conjuntos de 20 tramas de código, la detección de flanco es capaz de determinar el inicio de cada bit de datos, lo que puede usarse a continuación para determinar la temporización a nivel de trama de código (o 1 ms).

La información de tiempo de BOW puede obtenerse mediante la desmodulación de los bits de datos recibidos y la extracción de los diversos tipos de información incluidos en los datos de navegación. La información de tiempo de BOW también puede obtenerse usando una técnica de correlación de patrones que compara los bits de datos recibidos con los bits de datos predichos. La técnica de correlación de patrones se describe en las patentes de EE. UU. con N° 5.812.087, 6.052.081 y 6.239.742, que se incorporan en el presente documento por referencia. El formato de datos para los datos de navegación se describe con detalle en un documento titulado "Global Position System Standard Positioning Service Signal Specification", 2ª edición, 2 de junio de 1995, que es de fácil acceso en la técnica y se incorpora en el presente documento por referencia.

La tabla 1 enumera las tres componentes de tiempo, el intervalo de tiempo y la resolución asociados con cada componente de tiempo, la técnica de procesamiento que se usa para recuperar cada componente de tiempo, y una cantidad de tiempo aproximada que se necesita para recuperar cada componente de tiempo (lo que supone que las componentes de tiempo con una resolución más fina, de haber alguna, ya se han recuperado).

Tabla 1

Componente de tiempo	Intervalo de tiempo	Resolución	Técnica de procesamiento	Tiempo de procesamiento
BOW	> 20 ms	20 ms	Desmodular datos	> 5 segundos
Época (en bit)	1 a 20 ms	1 ms	Detección de flanco	~ 2-3 segundos
Trama de sub-código	0 a 1 ms	0,977 μs	Filtrado de correlación	~ 1-2 segundos

El procesamiento para obtener las tres componentes de tiempo se realiza, por lo general, en orden secuencial, con una resolución de tiempo basta creciente, de tal modo que la temporización de trama de sub-código (a nivel de chip) se obtiene en primer lugar, la temporización de época en bit (nivel de trama de código) se obtiene a continuación y la información de tiempo de BOW se obtiene en último lugar. Por lo tanto, el tiempo de procesamiento para obtener cada componente de tiempo a partir de la señal de GPS es acumulativo (es decir, igual al tiempo de procesamiento para esa componente de tiempo más el tiempo de procesamiento para todas las componentes de tiempo más finas). Tal como puede verse a partir de la tabla 1, el procesamiento para recuperar información de tiempo de BOW puede ser relativamente prolongado.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 2, el terminal puede encontrarse en espera durante un periodo de tiempo y a continuación se le puede ordenar que realice una fijación de posición en el instante de tiempo T_4 . Para calcular la fijación de posición, el receptor puede omitir el procesamiento para cualquier componente de tiempo del que este tenga un conocimiento *a priori*. En particular, si la estimación de tiempo absoluto t_{abs2} para el instante de tiempo T_4 tiene una incertidumbre de menos de $\pm 0,5$ ms, a continuación solo se necesita que el receptor de GPS determine la temporización de trama de sub-código (a nivel de chip) para calcular la fijación de posición. En caso contrario, si esta estimación de tiempo absoluto t_{abs2} tiene una incertidumbre de menos de, o igual a, ± 10 ms, a continuación solo se necesitaría que el receptor de GPS determinara tanto la trama de sub-código como la temporización de época en bit para calcular la fijación de posición. Y, si la estimación de tiempo absoluto t_{abs2} tiene una incertidumbre de más de ± 10 ms, a continuación se necesitaría que el receptor de GPS determinara la trama de sub-código, la época en bit y la temporización de BOW para calcular la fijación de posición.

El reloj en tiempo real virtual puede usarse para proporcionar unas estimaciones de tiempo absoluto precisas. En particular, para la determinación de posición, el reloj en tiempo real virtual puede usarse para proporcionar unas estimaciones de tiempo absoluto precisas de tal modo que no se necesita que se recupere la temporización de época en bit y de BOW. Esto reduciría a continuación la cantidad de tiempo que se necesita para obtener una fijación de posición debido a que solo se necesita que se determine la temporización de trama de sub-código (a nivel de chip) (que tiene el procesamiento más corto de la totalidad de las tres componentes de tiempo).

Las estimaciones de tiempo absoluto precisas que se proporcionan por el reloj en tiempo real virtual también pueden proporcionar una sensibilidad más alta en el procesamiento de una señal de GPS. En muchos casos, la señal de GPS puede recibirse con una calidad de señal baja o pobre debido a (1) atenuación de señal por la gran trayectoria

de propagación entre el satélite de GPS y el receptor, (2) obstrucciones en la trayectoria de propagación, y así sucesivamente. Si la temporización de época en bit y de BOW es conocida *a priori*, a continuación la señal de GPS recibida puede procesarse de una forma que se mejore la recuperación de la temporización a nivel de chip.

5 Haciendo referencia de nuevo a la figura 7, si la temporización de época en bit es conocida, a continuación puede determinarse el inicio de cada bit de datos. En ese caso, la acumulación coherente (es decir, la correlación) puede realizarse a lo largo de la totalidad de un bit de datos (es decir, integración síncrona de bits) en lugar de a lo largo de cada trama de código (que es solo un 1 / 20-ésimo la duración de un bit de datos). El intervalo de acumulación coherente más prolongado prevé una detección mejorada de la temporización a nivel de chip en una señal de GPS recibida deteriorada. Esto permite a continuación que el receptor de GPS proporcione una fijación de posición en base a unas señales de GPS recibidas con una relación de señal a ruido (SNR, *signal-to-noise ratio*) más baja. Por lo tanto, la sensibilidad del receptor de GPS puede potenciarse con el conocimiento de la temporización de época en bit, lo que permite a continuación que el receptor proporcione fijaciones de posición en entornos más hostiles.

15 También se necesita un tiempo preciso para proporcionar unas estimaciones precisas de la ubicación de los satélites de GPS que se usan para una fijación de posición. Cada satélite transmite una información de "efemérides", que incluye una predicción modelada con alta precisión de su propia órbita, según se realice el seguimiento de la misma y se notifique por las estaciones de seguimiento en tierra. La efemérides se proporciona en forma de función con el tiempo como una variable de entrada. Debido a que cada satélite de GPS se mueve a una velocidad de aproximadamente 3600 m / s, se necesita una estimación precisa del tiempo absoluto (por ejemplo, sin más de unos pocos μ s) para obtener una estimación precisa de la ubicación del satélite. La estimación de tiempo absoluto a partir del reloj en tiempo real virtual puede proporcionarse como el tiempo que se introduce en la función para obtener una estimación de posición inicial para un satélite. A continuación, puede calcularse un pseudo-intervalo a partir del terminal para la estimación de posición de satélite inicial. El terminal puede buscar la señal que se transmite por el satélite bajo la suposición de que el pseudo-intervalo calculado es correcto. Una vez que se ha obtenido la fase de código, pueden resolverse las otras dos componentes de tiempo. El uso de una estimación de tiempo inicial para procesar una señal de GPS se describe en las patentes de EE. UU. con N^o 5.945.944, 6.150.980 y 6.215.442, que se incorporan en el presente documento por referencia.

La figura 8 es un diagrama de flujo de una realización de un proceso 800 para determinar la posición de una unidad de receptor en base a una estimación de tiempo absoluto precisa a partir de un reloj en tiempo real virtual. La unidad de receptor puede encontrarse en el interior de un terminal inalámbrico en un sistema de comunicación inalámbrica. Inicialmente, el tiempo absoluto se obtiene del primer sistema de comunicación (por ejemplo, GPS) para un primer instante de tiempo (la etapa 812). Este tiempo absoluto puede obtenerse como uno de los resultados de una fijación de posición que se realiza para el primer instante de tiempo. A continuación de lo anterior, la unidad de receptor puede pasar a reposo durante un periodo de tiempo que puede determinarse en base a la estabilidad de la temporización / frecuencia de un segundo sistema de comunicación que se usa para proporcionar la información de tiempo relativo para el reloj en tiempo real virtual (la etapa 814, que es opcional). Mientras que la unidad de receptor se encuentra en reposo, la información de tiempo relativo se recibe a partir del segundo sistema de comunicación (la etapa 816). El tiempo absoluto en un segundo instante de tiempo puede estimarse a continuación en base al tiempo absoluto para el primer instante de tiempo y la información de tiempo relativo a partir del segundo sistema de comunicación (la etapa 818). A continuación se realiza una fijación de posición por la unidad de receptor en base a la estimación de tiempo absoluto para el segundo instante de tiempo (la etapa 820).

El reloj en tiempo real virtual también puede usarse para proporcionar unas estimaciones de tiempo absoluto precisas para otras aplicaciones, y esto se encuentra dentro del alcance de la invención. Por ejemplo, las estimaciones de tiempo absoluto pueden usarse para la comunicación (por ejemplo, transferencia entre sistemas síncronos y asíncronos), astronomía, fotografía, criptografía (por ejemplo, sistemas de seguridad), y así sucesivamente.

En la figura 1, el terminal 110 puede ser cualquier dispositivo capaz de recibir y de procesar señales a partir de múltiples sistemas de comunicación para obtener una información de tiempo. En una realización, el terminal 110 es un teléfono celular capaz de recibir señales a partir de un número de transmisores. En otras realizaciones, el terminal 110 puede ser una unidad de electrónica (por ejemplo, un terminal de ordenador, un asistente digital personal (PDA, *personal digital assistant*), y así sucesivamente) que tiene un módem inalámbrico, una unidad de receptor capaz de recibir señales a partir de satélites y / o estaciones de base, o cualquier otro tipo de receptor.

La figura 9 es un diagrama de bloques de una realización de una unidad de receptor 900, que puede ser un componente del terminal inalámbrico 110. La unidad de receptor 900 puede diseñarse con la capacidad de procesar señales a partir de múltiples sistemas de comunicación tal como el sistema GPS y celular. En la realización que se muestra en la figura 9, el dispositivo de receptor 900 incluye una antena 910, un receptor de GPS 912a, un receptor terrestre 912b, una unidad de procesamiento 914, una unidad de reloj / contador (o temporizador) 916, una unidad de memoria 918 y un controlador 920.

La antena 910 recibe señales a partir de un número de transmisores, que pueden ser cualquier combinación de satélites de GPS y / o estaciones de base, y proporciona la señal recibida a los receptores de GPS y terrestre 912a y 912b. El receptor de GPS 912a incluye una circuitería frontal (por ejemplo, circuitería de RF y / o circuitería de

procesamiento) que procesa señales que se transmiten a partir de satélites de GPS para obtener una información que puede usarse para la determinación de posición. El procesamiento por el receptor de GPS 912a para extraer la información pertinente a partir de las señales de GPS es conocido en la técnica y no se describe con detalle en el presente documento. El receptor de GPS 912a proporciona a la unidad de procesamiento 914 diversos tipos de información tales como, por ejemplo, una información de tiempo (por ejemplo, el tiempo absoluto), las identidades y ubicaciones de los transmisores cuyas señales se reciben, y así sucesivamente. El receptor terrestre 912b incluye una circuitería frontal que procesa las señales que se transmiten a partir de las estaciones de base y puede proporcionar la información de tiempo relativo que se obtiene a partir de estas señales. Por ejemplo, el receptor terrestre 912b puede determinar la temporización a nivel de trama de una trama recibida. La información de tiempo absoluto a partir del receptor de GPS 912a y la información de tiempo relativo a partir del receptor terrestre 912b pueden usarse para implementar el reloj en tiempo real virtual.

La unidad de procesamiento 914 puede diseñarse para realizar diversas funciones. Por ejemplo, la unidad de procesamiento puede realizar (por ejemplo, cuando está dirigida) una fijación de posición para la unidad de receptor 900 en base al sistema GPS y / o celular. La unidad de procesamiento 914 puede implementar adicionalmente el reloj en tiempo real virtual en base a la información de tiempo absoluto que se obtiene del GPS y la información de tiempo relativo que se obtiene del sistema celular. Cuando se solicite, la unidad de procesamiento 914 puede estimar el tiempo absoluto en un instante de tiempo designado y proporcionar esta estimación de tiempo absoluto a una unidad que lo solicite (por ejemplo, el receptor de GPS 912a).

La unidad de reloj / contador 916 es una unidad de temporizador que proporciona el reloj que se necesita por diversos elementos en el interior de la unidad de receptor 900. La unidad de reloj / contador 916 puede implementar adicionalmente un contador o un temporizador que se opera en base al reloj. El diagrama de temporización para la unidad de receptor 900 se determina de forma efectiva a continuación por la salida de contador.

La unidad de memoria 918 almacena diversos datos que se usan por la unidad de procesamiento 914 y / o el controlador 920. Por ejemplo, la unidad de memoria 918 puede almacenar la información relacionada con la temporización (por ejemplo, los tiempos absolutos para diversos instantes de tiempo, desplazamientos de tiempo calculados, y así sucesivamente). La unidad de memoria 918 también puede almacenar datos y códigos de programa para la unidad de procesamiento 914 y / o el controlador 920.

El controlador 920 puede dirigir el funcionamiento de la unidad de procesamiento 914. Por ejemplo, el controlador 920 puede seleccionar los tipos particulares de funcionamiento que van a realizarse por la unidad de procesamiento 914.

El procedimiento y aparato que se describe en el presente documento para implementar un reloj en tiempo real virtual y usar el mismo para diversas aplicaciones puede implementarse por diversos medios, tal como en soporte físico, soporte lógico, o una combinación de los mismos. Para una implementación en soporte físico, el reloj en tiempo real virtual puede implementarse dentro de uno o más circuitos integrados específicos de la aplicación (ASIC, *application specific integrated circuit*), procesadores de señales digitales (DSP, *digital signal processor*), dispositivos de procesamiento de señales digitales (DSPD, *digital signal processing device*), dispositivos lógicos programables (PLD, *programmable logic device*), matriz de puertas programable en campo (FPGA, *field programmable gate array*), procesadores, controladores, micro-controladores, microprocesadores, otras unidades de electrónica diseñadas para realizar las funciones que se describen en el presente documento, o una combinación de los mismos.

Para una implementación en soporte lógico, el reloj en tiempo real virtual puede implementarse con módulos (por ejemplo, procedimientos, funciones, y así sucesivamente) que realizan las funciones que se describen en el presente documento. Los códigos de soporte lógico pueden almacenarse en una unidad de memoria (por ejemplo, la memoria 918 en la figura 9) y ejecutarse por un procesador (por ejemplo, la unidad de procesamiento 914 o el controlador 920). La unidad de memoria puede implementarse en el interior del procesador o ser externa al procesador, caso en el cual esta puede estar acoplada de manera comunicativa con el procesador por medio de diversos medios según se sabe en la técnica.

El procedimiento y aparato que se describen en el presente documento para implementar un reloj en tiempo real virtual puede usarse en diversas redes y sistemas de comunicación inalámbrica. Por ejemplo, el procedimiento y aparato puede usarse para CDMA, TDMA, FDMA y otros sistemas de comunicación inalámbrica. Estos sistemas pueden implementar una o más normas aplicables. Por ejemplo, los sistemas de CDMA pueden implementar ES-95, cdma2000, ES-856, W-CDMA, y así sucesivamente. Los sistemas de TDMA pueden implementar GSM y así sucesivamente. Estas diversas normas son conocidas en la técnica y se incorporan en el presente documento por referencia.

La descripción previa de las realizaciones divulgadas se proporciona para posibilitar, a cualquier experto en la materia, la realización o el uso de la presente invención. Diversas modificaciones a estas realizaciones serán evidentes de manera inmediata para los expertos en la materia, y los principios genéricos que se definen en el presente documento pueden aplicarse a otras realizaciones sin alejarse del ámbito de la invención. Por lo tanto, no se pretende que la presente invención se limite a las realizaciones que se muestran en el presente documento sino que se le conceda el alcance consistente con las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para proporcionar una estimación del tiempo absoluto en base a una información de tiempo procedente de una pluralidad de sistemas de comunicación, que comprende:
 - 5 obtener el tiempo absoluto a partir de un primer sistema de comunicación para un primer instante de tiempo; recibir un primer mensaje de señalización a partir de un segundo sistema de comunicación en un segundo instante de tiempo;
 - determinar un desplazamiento de tiempo entre los instantes de tiempo primero y segundo;
 - 10 recibir un segundo mensaje de señalización a partir del segundo sistema de comunicación en un tercer instante de tiempo;
 - determinar un tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo segundo y tercero;
 - determinar una diferencia de tiempo entre el tercer instante de tiempo y un cuarto instante de tiempo; y proporcionar una estimación del tiempo absoluto en el cuarto instante de tiempo en base al tiempo absoluto para el primer instante de tiempo, el desplazamiento de tiempo, el tiempo transcurrido y la diferencia de tiempo.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que cada uno del desplazamiento de tiempo y la diferencia de tiempo se determinan en base a un reloj local.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
 - 20 obtener el tiempo absoluto a partir del primer sistema de comunicación para un quinto instante de tiempo; y determinar una diferencia en el tiempo absoluto entre los instantes de tiempo primero y quinto, y en el que el tiempo transcurrido se determina en base, por lo menos en parte, a la diferencia en el tiempo absoluto.
4. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende además:
 - determinar un periodo de trama para el segundo sistema de comunicación en base, por lo menos en parte, a la diferencia en el tiempo absoluto, y en el que el tiempo transcurrido se determina en base al periodo de trama.
5. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los mensajes de señalización primero y segundo se transmiten en unas ubicaciones conocidas en dos tramas.
6. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el primer sistema de comunicación es el Sistema de Posicionamiento Global.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el segundo sistema de comunicación es un sistema de comunicación celular.
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la información de tiempo relativo comprende una temporización a nivel de trama.
9. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el sistema de comunicación celular se opera de forma asíncrona.
10. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el sistema de comunicación celular es un sistema de GSM.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que los mensajes de señalización primero y segundo son unas ráfagas de sincronización que se transmiten en un canal de sincronización en el sistema de GSM.
12. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que el sistema de comunicación celular es un sistema de W-CDMA.
13. Un aparato para proporcionar una estimación del tiempo absoluto en base a una información de tiempo procedente de una pluralidad de sistemas de comunicación, que comprende:
 - 40 unos medios para obtener el tiempo absoluto a partir de un primer sistema de comunicación para un primer instante de tiempo;
 - unos medios para recibir un primer mensaje de señalización a partir de un segundo sistema de comunicación en un segundo instante de tiempo;
 - unos medios para determinar un desplazamiento de tiempo entre los instantes de tiempo primero y segundo;
 - 45 unos medios para recibir un segundo mensaje de señalización a partir del segundo sistema de comunicación en un tercer instante de tiempo;
 - unos medios para determinar un tiempo transcurrido entre los instantes de tiempo segundo y tercero;
 - unos medios para determinar una diferencia de tiempo entre el tercer instante de tiempo y un cuarto instante de tiempo; y
 - 50 unos medios para proporcionar una estimación del tiempo absoluto en el cuarto instante de tiempo en base al tiempo absoluto para el primer instante de tiempo, el desplazamiento de tiempo, el tiempo transcurrido y la diferencia de tiempo.

14. Un producto de programa de ordenador que comprende:

un medio utilizable por ordenador para almacenar código para llevar a cabo los procedimientos de cualquiera de las reivindicaciones 1-12.

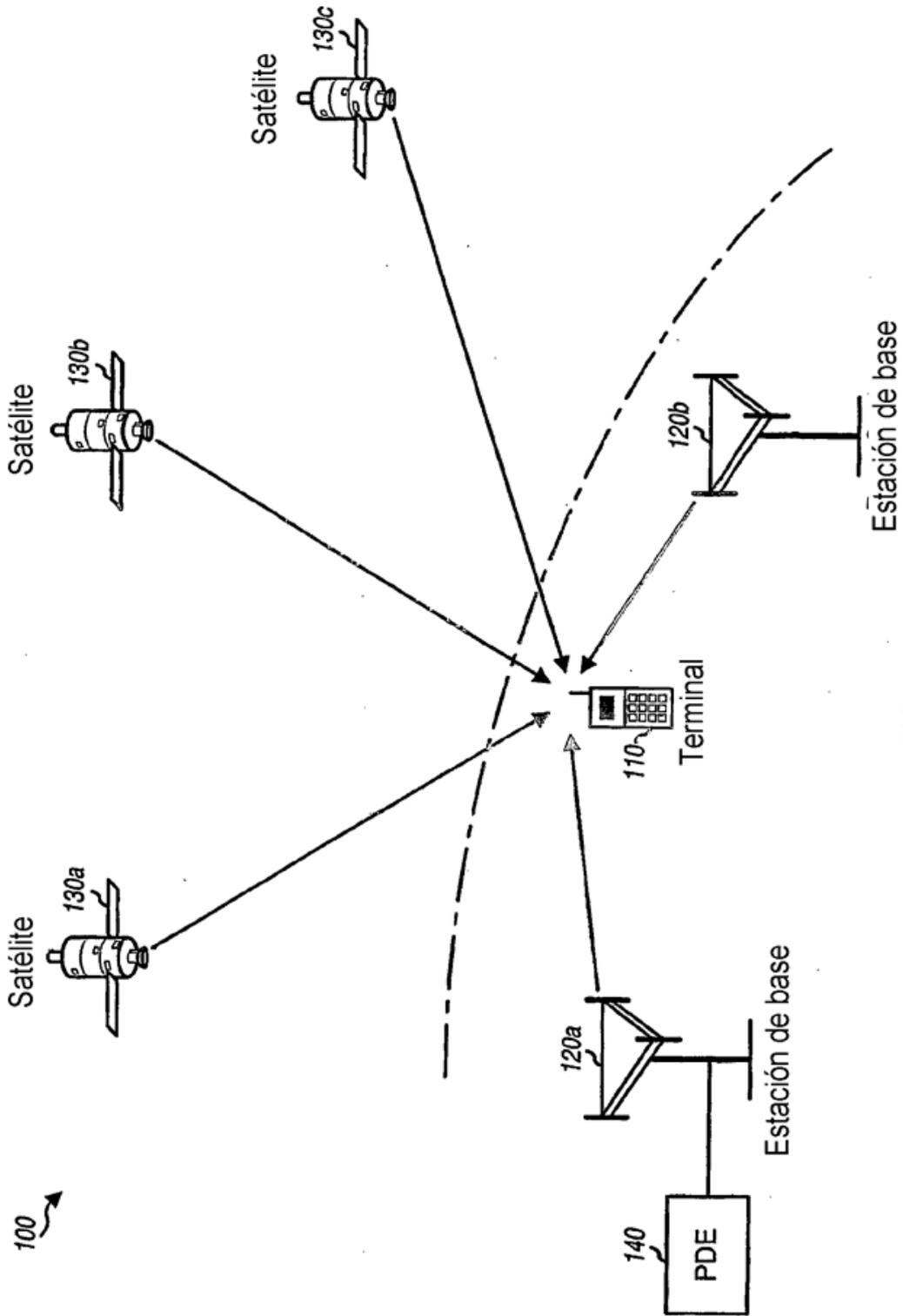


FIG. 1

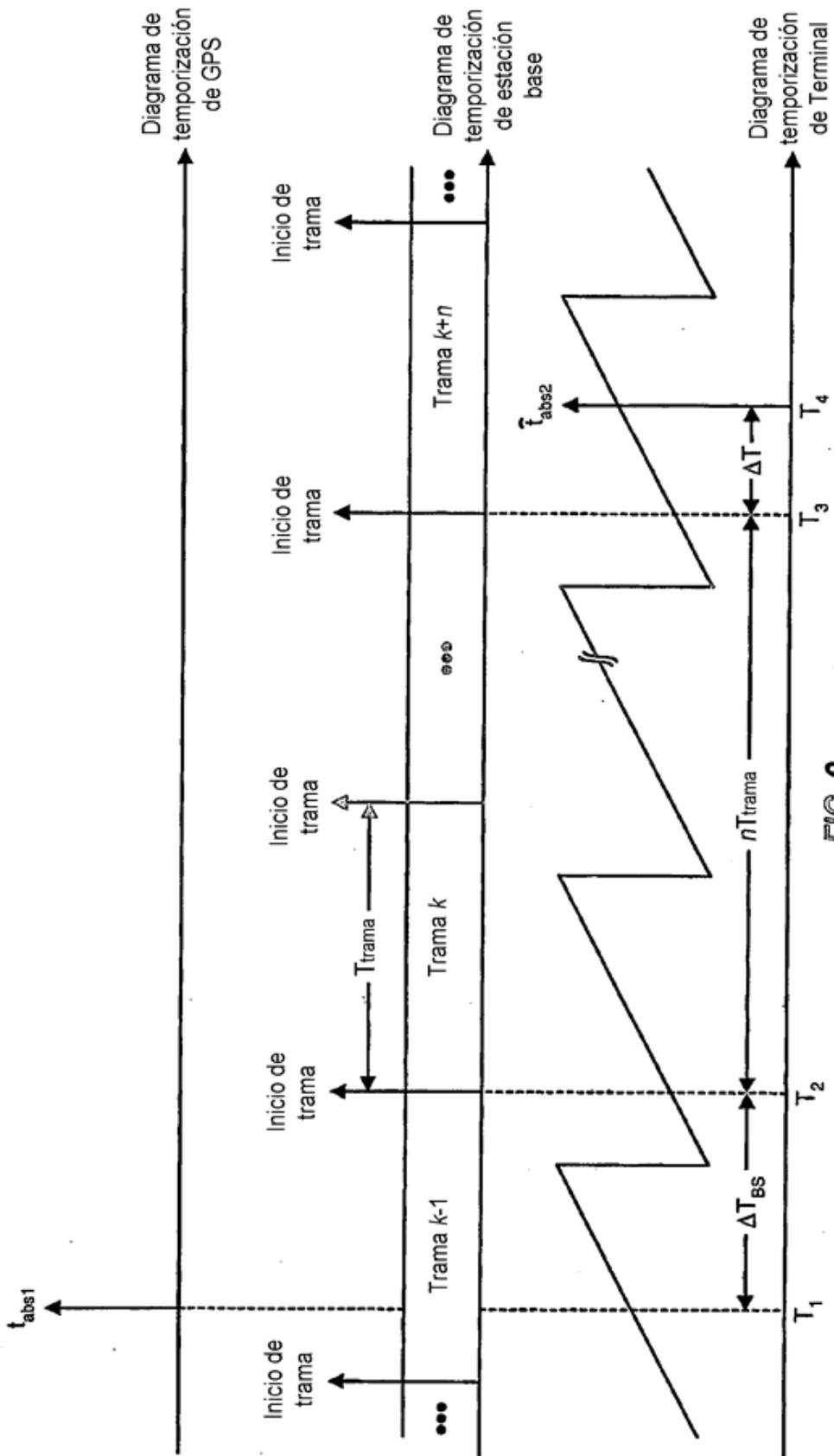


FIG. 2

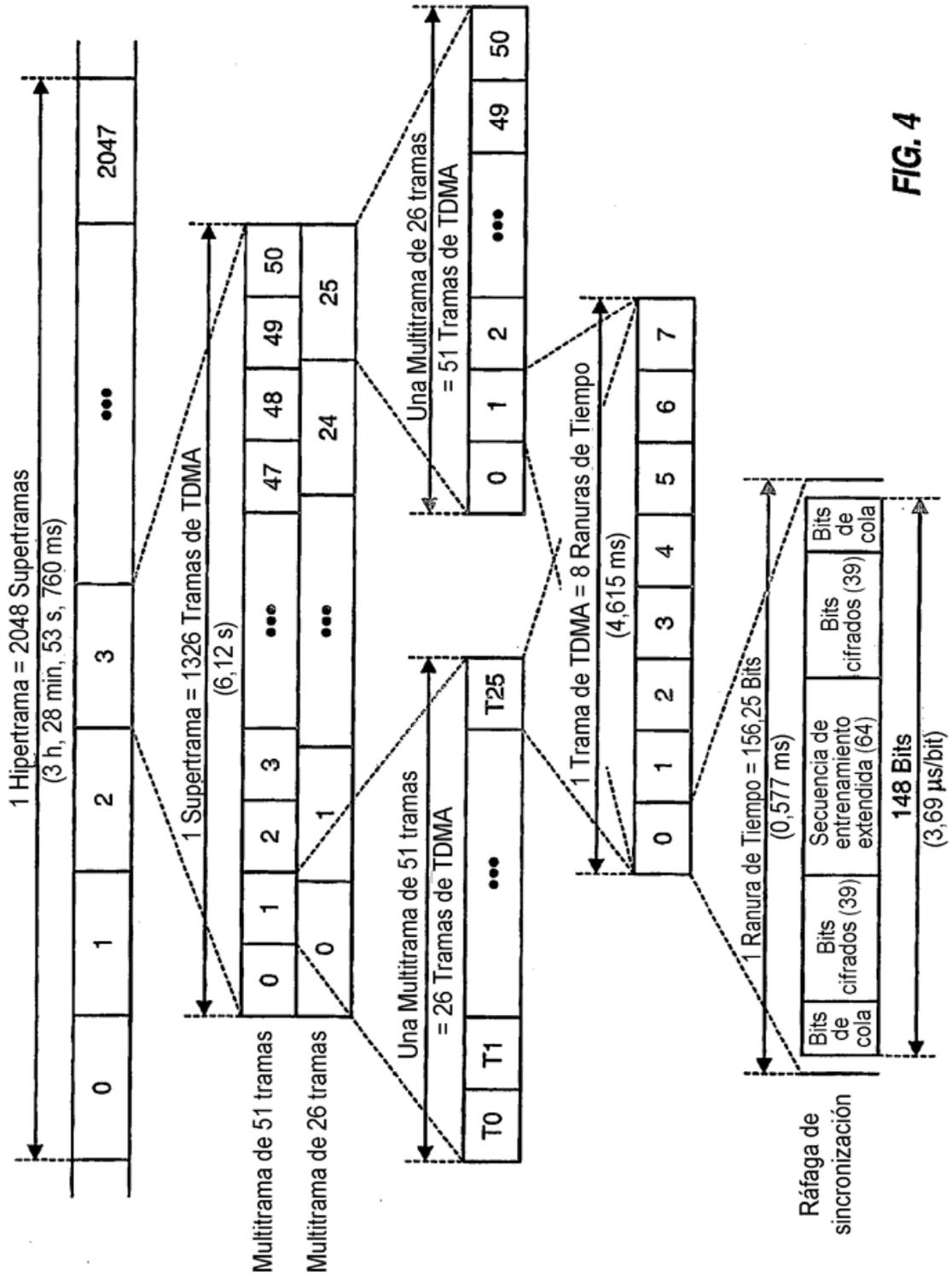


FIG. 4

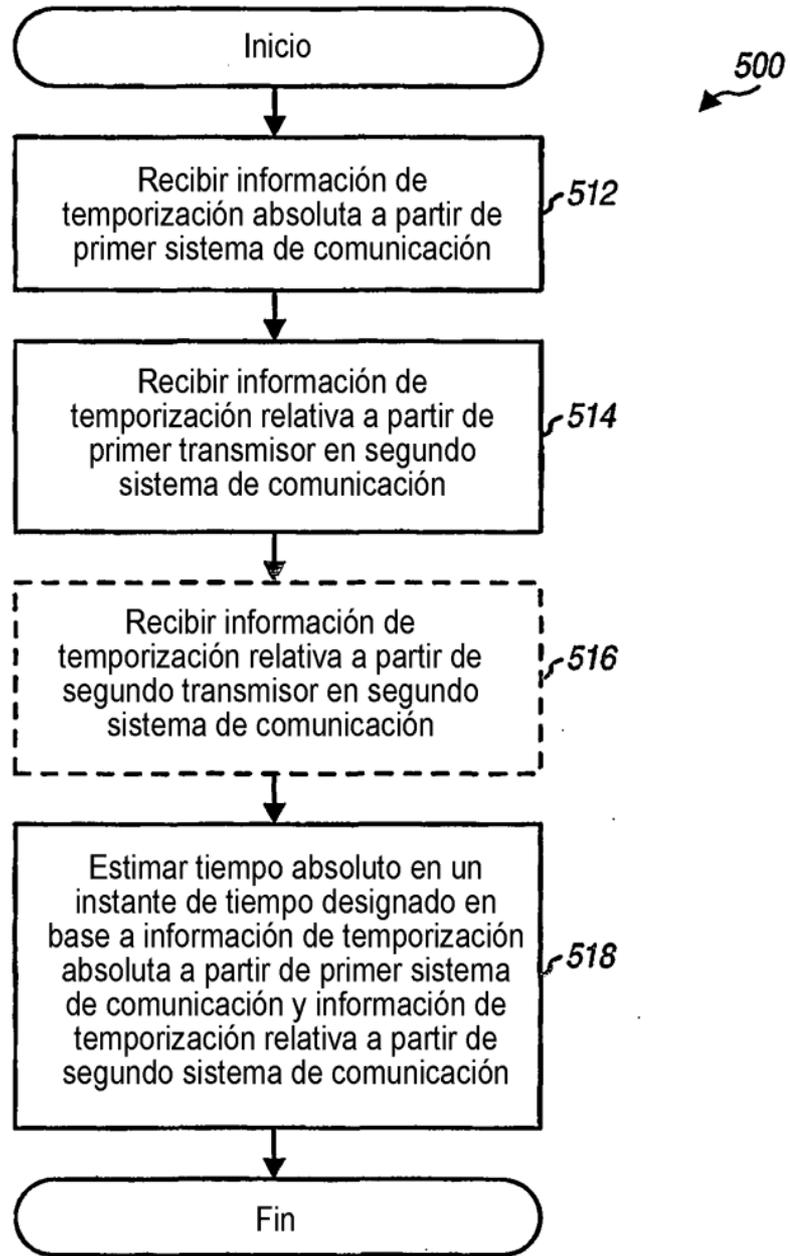


FIG. 5

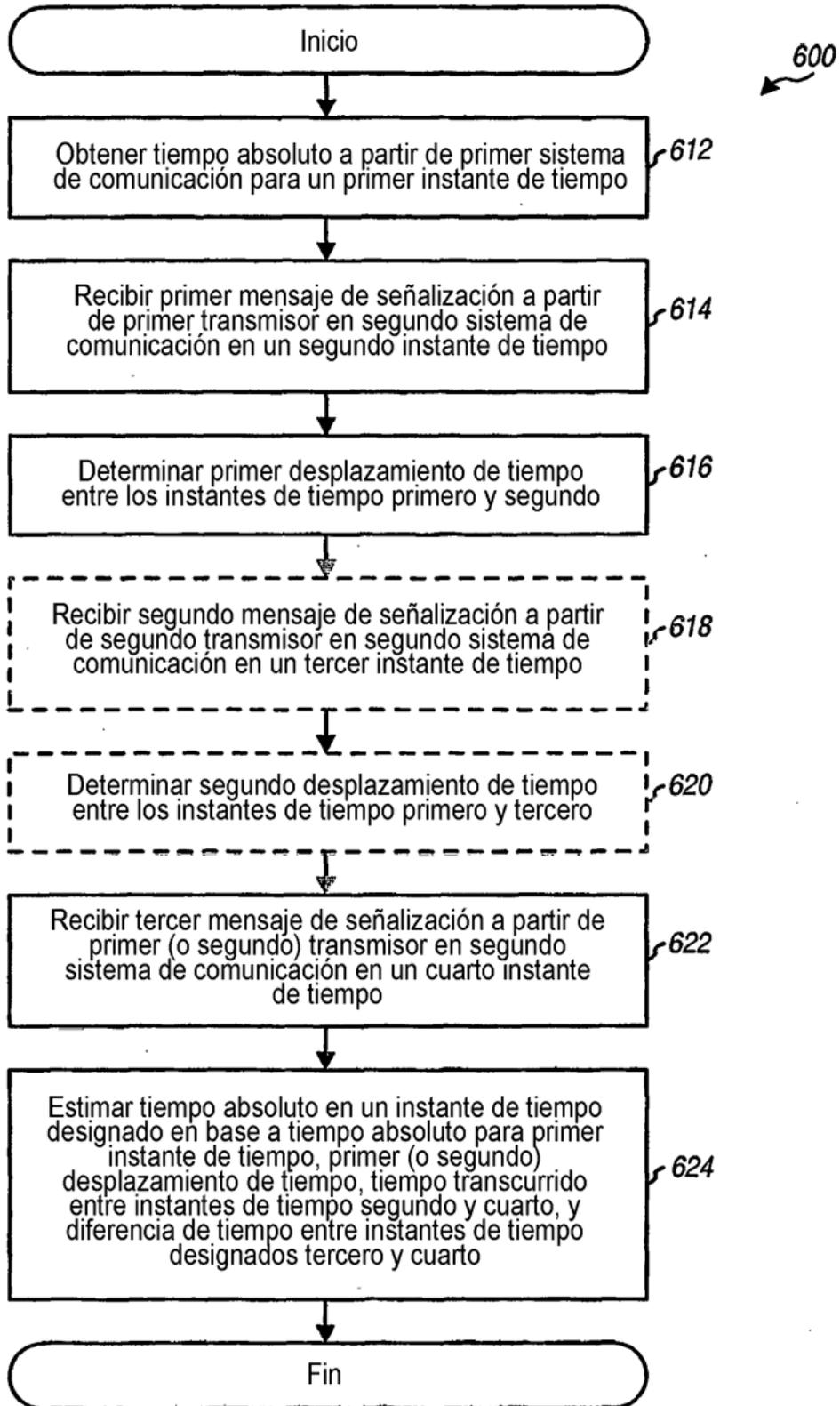


FIG. 6

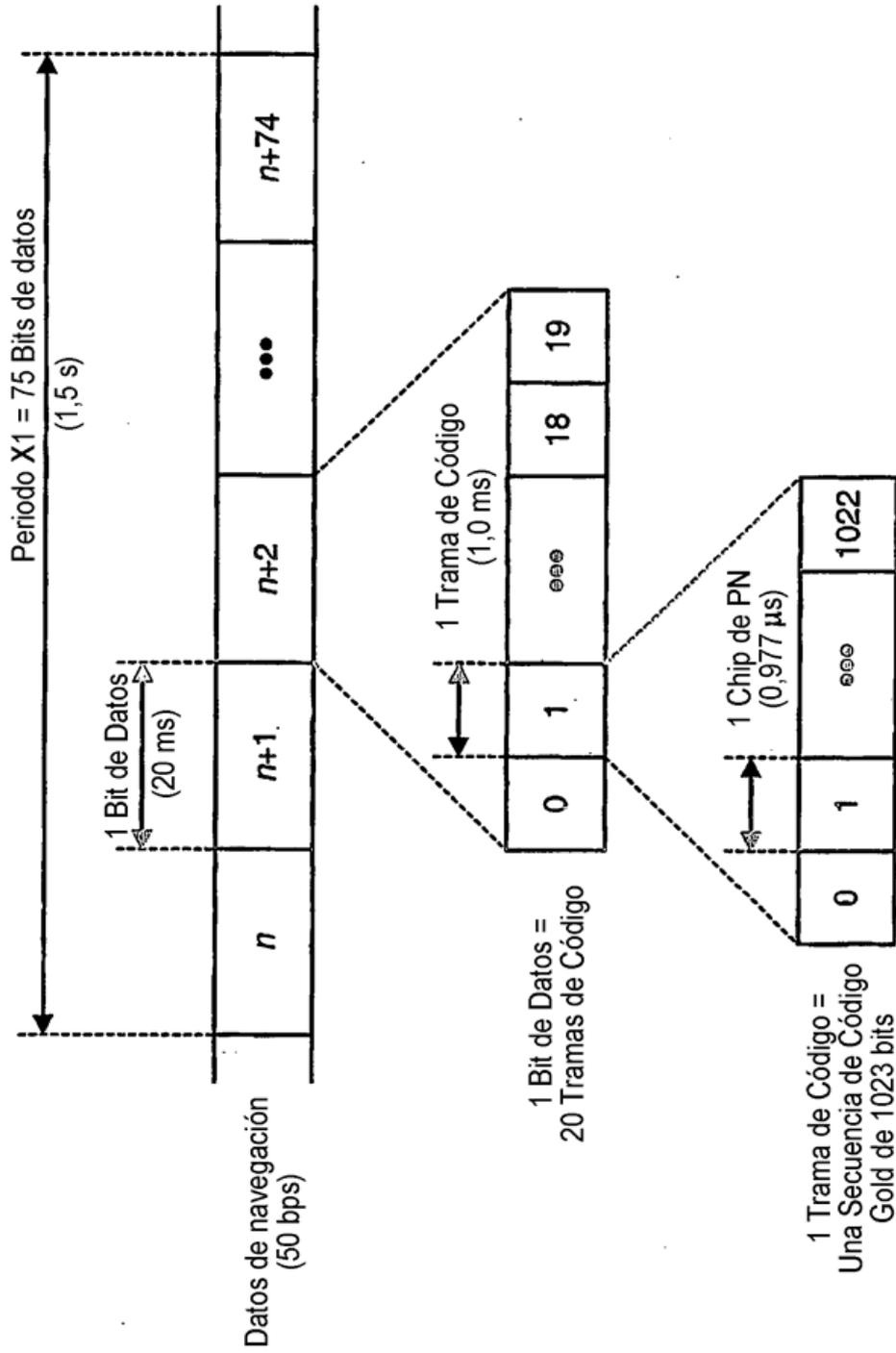


FIG. 7

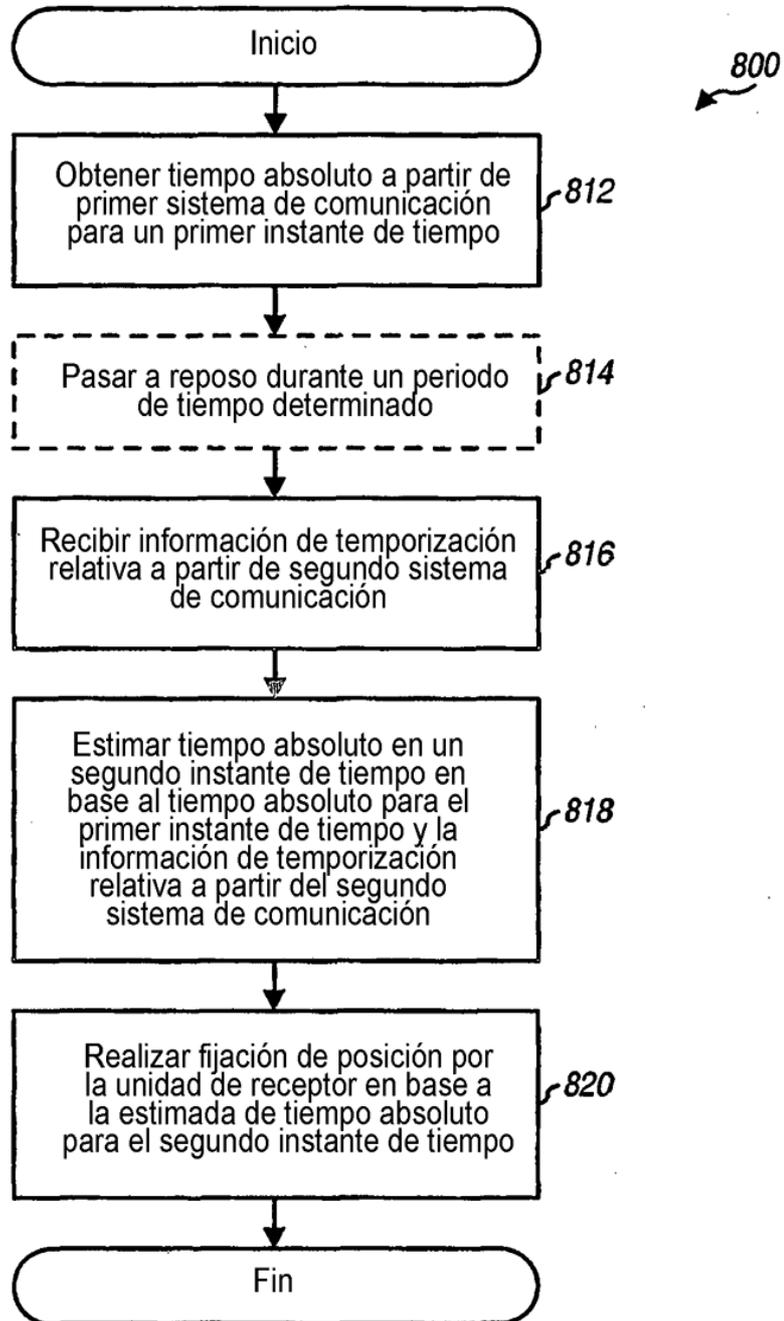


FIG. 8

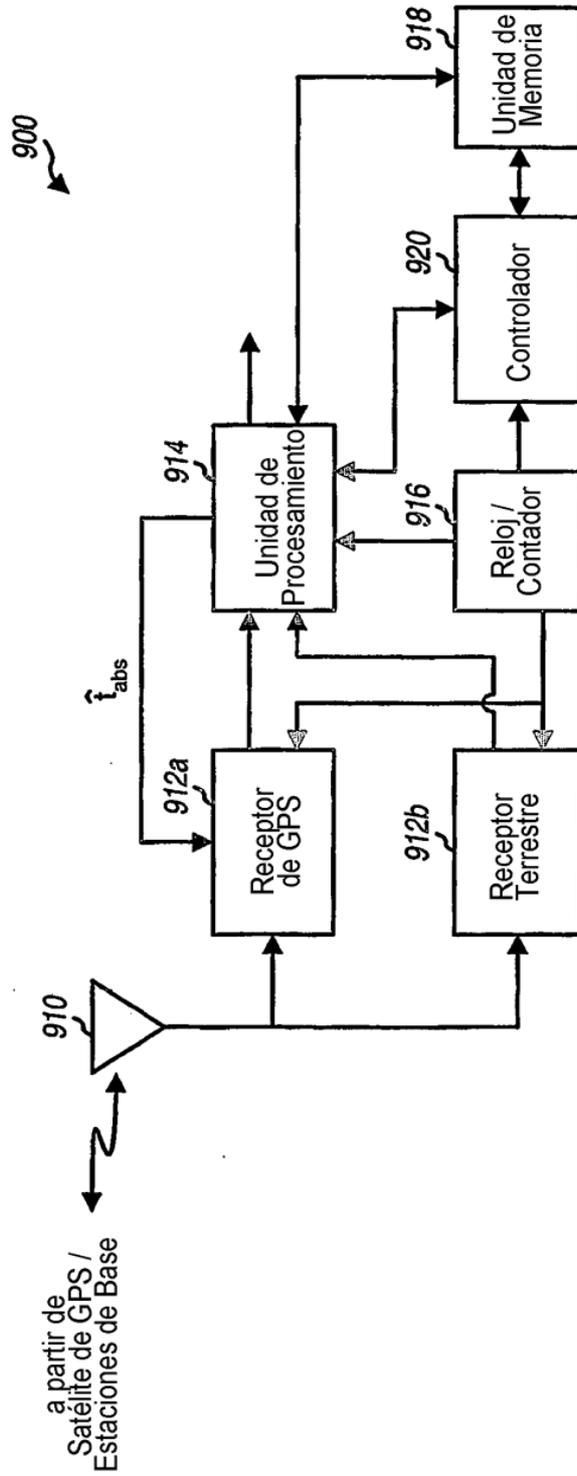


FIG. 9