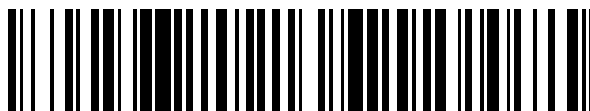


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 736**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2006.01)

G01S 5/06 (2006.01)

G04G 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.07.2006 PCT/GB2006/050188**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.02.2007 WO07012888**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2006 E 06744368 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 1910900**

54 Título: **Sistema y método para determinar la diferencia de tiempo entre dos plataformas**

30 Prioridad:

27.07.2005 GB 0515300
27.07.2005 EP 05270033

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.02.2017

73 Titular/es:

SELEX ES LTD (100.0%)
Christopher Martin Road
Basildon, Essex SS14 3EL, GB

72 Inventor/es:

GOULD, DALE MARTIN y
COOPER, R.D.

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 602 736 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

Sistema y método para determinar la diferencia de tiempo entre dos plataformas

Campo de la invención

5 Esta invención se refiere a un método y un aparato para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas, para sincronizar plataformas, para determinar el tiempo de llegada de una señal a plataformas para ubicar un emisor, y más particularmente para comparar la diferencia en tiempo de llegada de una señal a dos o más plataformas.

10 Los emisores de radiofrecuencia (RF), tales como radares, se han ubicado previamente mediante plataformas individuales que usan un ángulo de información de llegada. La plataforma mide el ángulo de llegada de una emisión mientras registra la posición actual de la plataforma a partir de datos de navegación. A partir de una segunda posición, se realiza otra medición de ángulo de llegada. La intersección de los dos ángulos de llegada proporciona la posición del emisor. Sin embargo, este método tiene limitaciones debido a los límites de resolución angular y errores en mediciones de posición. El límite de resolución angular implica que el emisor está situado en una orientación dada dentro de una tolerancia de azimut, es decir el emisor se sitúa dentro de un arco. Con una medición angular que cubre azimut y elevación, el patrón de errores de intersección proporciona un volumen de error en el que se sitúa el emisor. El volumen de error se conoce con respecto a la posición de la plataforma en los momentos de medición. Las posiciones registradas pueden no ser las posiciones reales de la plataforma debido a errores en el sistema de navegación.

20 A medida que transcurre una cantidad de tiempo significativa entre las mediciones del ángulo de llegada de emisión, el emisor podría moverse entre las mediciones, aumentando de ese modo el error en la ubicación de emisor.

Para evitar tales problemas con el movimiento de plataformas, la medición de ubicación necesita realizarse rápida o casi instantáneamente. Por tanto, múltiples plataformas separadas geoméricamente pueden usar 20 ángulos de información de llegada para ubicar la posición de un emisor dentro del error angular de un sistema de este tipo.

25 Se ha usado una técnica alternativa con múltiples plataformas para resolver la ubicación a partir de mediciones de diferencia de tiempos de llegada (TDOA). Un sistema TDOA normal usa varios transmisores separados espacialmente que están sincronizados temporalmente. Cada transmisor transmite una cadena de impulsos identificables. La diferencia de tiempo entre la llegada de las cadenas de impulsos desde las diferentes estaciones posibilita que se calculen hipérbolas de diferencia de tiempos de llegada para cada par de estaciones. Puede calcularse una parte a partir de dos hipérbolas que intersecan siempre y cuando se conozcan las posiciones de los transmisores. Sin embargo, la velocidad de la plataforma durante la medición puede afectar a la precisión del sistema.

30 De manera similar (a la inversa), la posición de un emisor puede ubicarse usando tres o más receptores que están sincronizados temporalmente y ubicados en posiciones conocidas generando hipérbolas que representan la diferencia de tiempo de llegada de una señal impulsada a los pares de receptores.

35 La técnica TDOA proporciona una precisión de ubicación mejorada en una gran distancia con respecto a las técnicas de intersección angular, con grupos de antenas que son compatibles con los tamaños de aviones de reacción modernos.

40 Las plataformas móviles están sometidas a efectos relativistas que hacen difícil determinar la posición y el tiempo de manera precisa en múltiples plataformas aéreas separadas espacialmente. Para que las técnicas TDOA sean viables en plataformas (30) móviles, se requiere un sistema de referencia de espacio y tiempo. Mientras un sistema de satélites de posicionamiento global diferencial (DGPS) proporciona precisión de posición del orden de 0,6 metros en plataformas dinámicas, se requiere un método para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas separadas geoméricamente para sincronizar las plataformas.

45 Las técnicas tradicionales de transferencia de tiempo se usan, por ejemplo, para sincronizar laboratorios. En este caso, un laboratorio transmite la hora local real proporcionada mediante su reloj local a otro laboratorio por medio de un satélite geoestacionario. Un contador en cada laboratorio mide la diferencia de tiempo entre la hora indicada por su reloj local asociado y la hora recibida del reloj remoto asociado con el otro laboratorio con el fin de determinar un desfase de tiempo entre las horas local y remota. Sin embargo, las estaciones terrestres fijas, el procesamiento fuera de línea y las constantes de larga duración son habitualmente necesarias para conducir este proceso al igual que con transmisiones a larga distancia y variaciones atmosféricas, requiriéndose un promedio de larga duración para cumplir las precisiones de medición deseadas. Además, se supone que las trayectorias de propagación están variando lentamente con el marco de tiempo usado.

50 Los documentos US-A-4 494 211 (Schwartz *et al*) del 15 de enero de 1985 y Kirchner: "Two Way Time Transfer Via Communications Satellites" Proceedings del IEEE NY EE.UU. vol 79 no 7, del 1 de julio de 1991 dan a conocer tales métodos y aparato conocidos.

55

Por ejemplo, estos documentos dan a conocer un método para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas, incluyendo el método las etapas de:

- a) transmitir una señal de inicialización desde cada plataforma hasta al menos otra plataforma;
 - b) acoplar la señal de inicialización de cada plataforma a un receptor en esa plataforma;
 - 5 c) recibir una señal de inicialización recibida en el receptor en cada plataforma de al menos una plataforma a la que se transmitió una señal de inicialización;
 - d) medir la separación de tiempo entre la señal de inicialización transmitida acoplada y cada señal de inicialización recibida en cada receptor; y
 - e) calcular un desfase de tiempo (Dt) entre al menos dos plataformas.
- 10 Según la invención, se proporciona un método de este tipo caracterizado por las etapas de:
- sincronizar las dos o más plataformas usando el desfase de tiempo determinado (Δt);
- recibir una señal de emisor en cada uno de dichos receptores (108, 208)
- calcular la diferencia de tiempo de llegada de la señal de emisor recibida en las dos o más plataformas (100, 200) sincronizadas;
- 15 ubicar el emisor usando la diferencia de tiempo de llegada calculada.
- Preferiblemente, las etapas a) y c) del método pueden comprender transmitir y recibir señales de inicialización directamente entre cada plataforma.
- Opcionalmente, cada plataforma puede transmitir una señal de inicialización a y puede recibir una señal de inicialización recibida de cada una de las otras plataformas.
- 20 La señal de inicialización transmitida desde una plataforma puede diferenciarse de la señal de inicialización transmitida de al menos otra plataforma. Por ejemplo, la señal de inicialización puede transmitirse en una frecuencia o anchura de impulso diferente para distinguirla de la señal de inicialización de otra plataforma.
- En una primera realización, las etapas d) y e) del método pueden comprender las etapas de:
- a) medir la separación de tiempo, en una primera plataforma, entre la señal de inicialización transmitida acoplada de
 - 25 la primera plataforma y una señal de inicialización recibida de una segunda plataforma;
 - b) medir la separación de tiempo, en la segunda plataforma, entre una señal de inicialización transmitida acoplada de la segunda plataforma y una señal de inicialización recibida de la primera plataforma; y
 - c) dividir la diferencia en las separaciones de tiempo medidas en las etapas f) y g) por dos.
- Alternativamente, en una segunda realización las etapas d) y e) puede incluir las etapas de:
- 30 f) registrar un valor de contador en cada plataforma cuando se transmite una señal de inicialización;
 - g) registrar un valor de contador en cada plataforma cuando se recibe una señal de inicialización recibida; y
 - h) para cada plataforma, determinar la diferencia entre los valores de contador registrados en las etapas f) y g), restar la diferencia determinada en una plataforma de la diferencia determinada en otra plataforma y dividir el resto por dos.
- 35 Preferiblemente, el método puede incluir repetir las etapas f), g) y h) para cada plataforma al menos dos veces y promediar los resultados de cada iteración en cada plataforma.
- Los documentos US 6 407 703 B1 (Minter) del 18 de junio de 2002 y US2003/169202 A1 (Krikorian) del 11 de septiembre de 2003, proporcionan un aparato para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas (100, 200) que incluye:
- 40 un transmisor (110, 210) dispuesto para generar y transmitir una señal de inicialización;
 - un receptor (108, 208) dispuesto para generar y transmitir una señal de inicialización,
 - un elemento (124, 224) de acoplamiento dispuesto para acoplar cada señal de inicialización generada mediante un transmisor de una plataforma al receptor (108, 208) asociado con esta plataforma; y
 - un procesador dispuesto para determinar un desfase de tiempo (Δt) entre una señal de inicialización transmitida y

una señal de inicialización recibida.

La presente invención está caracterizada por que:

el receptor (108, 208) asociado con la plataforma está dispuesto además para recibir una señal de emisor; y porque

5 el procesador está dispuesto además para sincronizar la plataforma con otra de las dichas dos o más plataformas usando el desfase de tiempo determinado (Dt), para calcular la diferencia de tiempo de llegada de la señal de emisor recibida a las dos o más plataformas (100, 200) sincronizadas y para ubicar el emisor usando la diferencia de tiempo de llegada calculada.

El transmisor puede transmitir señales de inicialización y el receptor puede recibir señales de inicialización directamente entre cada plataforma.

10 Preferiblemente, el procesador en cada plataforma dispuesto para determinar un desfase de tiempo entre una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida puede incluir:

un temporizador dispuesto para medir la separación de tiempo, en una primera plataforma, entre la señal de inicialización transmitida acoplada de la primera plataforma y una señal de inicialización recibida de una segunda plataforma;

15 un temporizador dispuesto para medir la separación de tiempo, en la segunda plataforma entre una señal de inicialización transmitida acoplada de la segunda plataforma y una señal de inicialización recibida de la primera plataforma; y

estando el procesador de cada plataforma dispuesto para dividir la diferencia en las separaciones de tiempo medidas tanto en la primera como en la segunda plataforma por dos para proporcionar un valor de desfase.

20 Alternativamente, el procesador de cada plataforma dispuesto para determinar un desfase de tiempo entre una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida puede incluir:

un registrador dispuesto para registrar un valor de contador en cada plataforma cuando se transmite una señal de inicialización;

25 un registrador dispuesto para registrar un valor de contador en cada plataforma cuando se recibe una señal de inicialización recibida; y

el procesador de cada plataforma está dispuesto para determinar la diferencia entre los valores de contador para una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida registrada en esa plataforma, para restar la diferencia registrada en la plataforma de la diferencia registrada en otra plataforma usada para proporcionar la señal de inicialización recibida y para dividir el resultante por dos para proporcionar un valor de desfase.

30 Preferiblemente, el procesador en cada plataforma puede disponerse para promediar el valor de desfase a lo largo de conjuntos sucesivos de señales de inicialización transmitidas y recibidas.

El transmisor puede incluir un generador de impulsos de funcionamiento libre y el generador de impulsos puede disponerse para generar una señal de inicialización en forma de un impulso.

35 Una ventaja de tal aparato es que se utiliza un único receptor en cada plataforma tanto para la vigilancia del espectro como para realizar la determinación de diferencias de tiempo entre dos o más plataformas.

Ahora, se describirá la invención, únicamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es una vista esquemática de las partes componentes de un aparato para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas según un aspecto de la invención;

40 la figura 2 ilustra la secuencia de tiempos de intercambios de señales en el sistema de sincronización mostrado en la figura 1 con el tiempo t indicado a lo largo de la abscisa; y

la figura 3 muestra un aparato alternativo para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas según otra realización de un aspecto de la invención.

45 La figura 1 muestra las partes componentes interconectadas de un aparato para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas según un aspecto de la invención. Para posibilitar la sincronización de tiempos de dos plataformas 100, 200, cada plataforma tiene un sistema 102, 202 de satélites de posicionamiento global diferencial (DGPS); una referencia 104, 204 atómica, una unidad 106, 206 de sincronización; un receptor 108, 208 digital; un transmisor 110, 210; un receptor 112, 212; y un controlador 114, 214 de comunicaciones.

El DGPS 102 en la plataforma 100 proporciona una señal de 1 PPS de un impulso por segundo a su referencia 104 atómica asociada. La referencia 104 atómica, tal como un patrón de rubidio, proporciona una señal de 1 PPS a su

unidad 106 de sincronización asociada. Esta señal de 1 PPS se sincroniza con el 1 PPS en la entrada de la referencia 104 atómica y se mantiene a lo largo de cualquier interrupción del 1 PPS del DGPS 102.

5 De manera similar, en la plataforma 200, el DGPS 202 proporciona una señal de 1 PPS de un impulso por segundo a su referencia 204 atómica asociada. La referencia 204 atómica, tal como un patrón de rubidio, proporciona una señal de 1 PPS a su unidad 206 de sincronización asociada. Esta señal de 1 PPS se sincroniza con el 1 PPS en la entrada de la referencia 204 atómica y se mantiene a lo largo de cualquier interrupción del 1 PPS del DGPS 202.

10 Haciendo referencia a las figuras 1 y 2, cuando se pide a la plataforma 100 que realice una sincronización de tiempo mediante un comando 113 de sincronización inicial, la unidad 106 de sincronización espera hasta la siguiente aparición de la señal 302 de 1 PPS desde su referencia 104 atómica asociada, tal como se indica en la escala (100) de tiempo de 1 PPS. Esta aparición de 1 PPS desencadena un temporizador interno para un corto periodo de tiempo 304. Este corto periodo 304 de tiempo es un margen de seguridad, cuya finalidad es garantizar que la unidad 206 de sincronización en la plataforma 200 habrá recibido su correspondiente 1 PPS, tal como se muestra en la escala (200) de tiempo de 1 PPS, es decir, el margen de seguridad cubre un periodo mayor que el distribución de error esperada del 1 PPS para eliminar cualquier ambigüedad de tiempo.

15 Un mensaje 308, por ejemplo una señal o un impulso, se envía entonces desde la unidad 106 de sincronización por medio del controlador 114 de comunicaciones a lo largo de un enlace 116 de comunicaciones para dar instrucciones, por medio del controlador 214 de comunicaciones, a la unidad 206 de sincronización en la plataforma 200 para iniciar una señal de inicialización, por ejemplo un impulso, en el siguiente caso de 1 PPS de la referencia 204 atómica en la plataforma 200. La transmisión del mensaje 308 puede verse en las escalas de tiempo T_1 y T_2 , en las que T_1 es el tiempo de la transmisión del mensaje 308 desde la plataforma 100 y la escala de tiempo T_2 es el tiempo en el que la plataforma 200 recibe el mensaje 308.

20 Al recibir el siguiente 1 PPS en el momento 310 de su referencia 104 atómica asociada, la unidad 106 de sincronización en la plataforma 100 inicia una señal de inicialización, por ejemplo un impulso, para dar entrada en el modulador 118 de impulsos, generando de ese modo un impulso de transmisión a una frecuencia F_1 obtenida a partir de una fuente 120 de frecuencias. El impulso de transmisión se propaga a través de un elemento 122 de acoplamiento y se transmite por medio de una antena del transmisor 110. El impulso de transmisión se propaga a través de un medio entre las plataformas 100 y 200, por ejemplo aire atmosférico, experimentando un retraso de propagación, y se recibe por medio de una antena de receptor 212. Se observará que el impulso de transmisión desde la plataforma 100 se vuelve el impulso recibido en la plataforma 200, y este impulso recibido se pasa entonces por medio del elemento 224 de acoplamiento al receptor 208 digital. El impulso de transmisión también se acopla desde el modulador 118 de impulsos en la plataforma 100 a un atenuador 126 desde el que se dirige por medio de otro elemento 124 de acoplamiento al receptor 108 digital.

35 En la plataforma 200, la unidad 206 de sincronización recibe una señal de 1 PPS de su referencia 204 atómica asociada en el momento 312. Tal como puede verse a partir de la figura 2, la señal de 1 PPS de la plataforma 200, tal como se muestra en la escala (200) de tiempo de 1 PPS, está desfasada con respecto a la señal de 1 PPS de la plataforma 100, tal como se muestra en la escala (100) de tiempo de 1 PPS mediante separación 314 de tiempo. La recepción de la señal de 1 PPS mediante la unidad 206 de sincronización activa la generación de una señal de inicialización, por ejemplo un impulso, que se usa mediante el modulador 218 de impulsos para dar entrada a una frecuencia F_2 desde una fuente 220 de frecuencias a un elemento 222 de acoplamiento, creando de ese modo a impulso de transmisión. El impulso de transmisión se desplaza desde el elemento 222 de acoplamiento hasta una antena del transmisor 210. A medida que el impulso de transmisión se propaga a través del medio entre las plataformas 100 y 200, a una antena del receptor 112 en la plataforma 100, el impulso de transmisión experimenta un retraso de propagación. Si el impulso de transmisión de la plataforma 100 es casi temporalmente sincrónico con el impulso de transmisión de la plataforma 200, los retrasos de trayectoria de propagación se cancelarán mediante la ley de reciprocidad. Una vez recibido por la antena del receptor 112, el impulso de transmisión de la plataforma 200 se vuelve el impulso recibido en la plataforma 100, y el impulso recibido se dirige por medio del elemento 124 de acoplamiento al receptor 108 digital. El impulso de transmisión generado mediante el modulador 218 de impulsos en la plataforma 200 también se acopla al atenuador 226 y se pasa por medio del elemento 224 de acoplamiento al receptor 208 digital en la plataforma 200.

50 Por consiguiente, el flujo de datos en el receptor 108 digital, véase la escala (108) T de tiempo de la figura 2, contiene un impulso de transmisión que se origina desde la plataforma 100 y un impulso recibido que se origina desde la plataforma 200, con una separación 316 de tiempo. El flujo de datos en el receptor 208 digital, véase la escala (208) T de tiempo de la figura 2, contiene un impulso de transmisión que se origina desde la plataforma 200 y un impulso recibido que se origina desde la plataforma 100, con una separación 318 de tiempo. El muestreo a altas velocidades en los receptores 108, 208 digitales se usa para medir cada separación 316, 318 de tiempo.

60 La separación 316 de tiempo se transporta desde el receptor 108 digital de la plataforma 100 hasta el receptor 208 digital de la plataforma 200, por medio de un enlace 128 con el controlador 114 de comunicaciones y el enlace 116 de comunicaciones hasta el controlador 214 de comunicaciones de la plataforma 200 y por medio de un enlace 228 hasta el receptor 208 digital. De manera similar, la separación 318 de tiempo se transporta desde el receptor 208 digital de la plataforma 200, hasta el receptor 108 digital de la plataforma 100, por medio del enlace 228 con el

controlador 214 de comunicaciones y el enlace 116 de comunicaciones hasta el controlador 114 de comunicaciones de la plataforma 100 y por medio del enlace 128 hasta el receptor 108 digital.

5 Suponiendo que el tiempo tomado para propagar un impulso de transmisión desde la plataforma 100 hasta la plataforma 200 es el mismo que el tomado para propagar un impulso de transmisión desde la plataforma 200 hasta la plataforma 100, el desfase de tiempo Δt entre las plataformas 100, 200 puede calcularse en cada plataforma 100, 200 dividiendo la diferencia de las separaciones 316 y 318 de tiempo por dos. Las plataformas 100, 200 pueden sincronizarse entonces usando el resultado Δt .

Una salida procesada del desfase de tiempo Δt resultante se proporciona en las salidas 130 y 230 respectivamente para las plataformas 100 y 200.

10 De esta manera, cada plataforma 100, 200 no necesita conocer el tiempo real en cada una de las otras plataformas 100, 200, únicamente las separaciones 316, 318 de tiempo entre impulsos de transmisión y impulsos recibidos con el fin de determinar el desfase de tiempo Δt . Por consiguiente, se reducen los intercambios de mensajes entre las plataformas 100, 200. Aunque esta realización se describe usando impulsos de transmisión y recibidos, se entenderá que pueden usarse otras formas de señales para marcar el tiempo de transmisión y tiempo de recepción de tales señales con el fin de determinar las separaciones 316 y 318 de tiempo.

Además, los desfases de tiempos Δt registrados entre las plataformas 100 y 200 pueden retenerse y promediarse a lo largo de varias iteraciones para proporcionar un promedio del desfase de tiempo Δt .

Se entenderá que la plataforma 200 puede tener también un comando de sincronización inicial similar al comando 113 de sincronización inicial de la plataforma 100, para instigar la sincronización de tiempo.

20 La figura 3 muestra un aparato alternativo para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas según una realización alternativa de la invención, en la que se han usado las mismas referencias para indicar características similares a las descritas con referencia a la figura 1. Las unidades 106, 206 de sincronización de la realización mostrada en la figura 1 se sustituyen por generadores 402, 502 de intervalo de repetición de impulsos (PRI). Los generadores 402, 502 de PRI accionan los moduladores 118, 218 de impulsos en las plataformas 100, 200. Un flujo continuo de impulsos de transmisión se integra en cada receptor 108, 208 digital en cada plataforma y se recibe de cada una de las otras plataformas 100, 200.

30 El DGPS 102, 202 proporciona datos de posición y tiempo a los receptores 108, 208 digitales asociados respectivamente por medio de conexiones 404, 504. Usando esta información y un intervalo repetitivo de impulsos que es considerablemente más largo que las diferencias similares entre el tiempo de DGPS para las plataformas 100, 200, pueden identificarse pares de impulsos apropiados en los receptores 108, 208 digitales para las separaciones 316, 318 de tiempo, y por tanto para medir el desfase de tiempo Δt entre las plataformas 100, 200.

35 En esta implementación, el desfase de tiempo Δt se determina a partir de la diferencia entre los valores de contador de los relojes de contador asociados con cada receptor 108, 208 digital. Cuando se transmite una señal de inicialización desde una plataforma 100, 200, se registra un valor de contador asociado con esa plataforma 100, 200. Del mismo modo, cuando se recibe una señal de inicialización recibida en una plataforma 100, 200, se registra el valor del contador asociado con esa plataforma 100, 200. Determinando la diferencia entre los valores de contador registrados en cada plataforma 100, 200 y conociendo el desfase de tiempo Δt , es posible calcular valores de calibración para compensar el desfase de contador entre dos o más plataformas 100, 200.

40 Además, repitiendo el cálculo de desfase de tiempo Δt en cada plataforma 100, 200 varias veces y promediando la diferencia calculada en cada iteración, puede conseguirse una mejor resolución que la proporcionada por periodos de muestra enteros.

45 Por ejemplo, cada medición de desfase de tiempo Δt será diferente debido a la desviación entre los dos generadores 402, 502 de PRI y por tanto se usa el valor de desfase de tiempo Δt para observar la diferencia entre los contadores de reloj asociados con cada receptor 108, 208 digital, que se iniciarán de manera más probable en diferentes puntos en el tiempo. Haciendo referencia a la figura 2, el contador asociado con el receptor 108 digital podría tener, por ejemplo, un valor 2345 cuando se genera el impulso transmitido en la escala (108) T de tiempo y el contador asociado con el receptor 208 digital podría tener, por ejemplo, un valor 6796 cuando se detecta el impulso recibido en la escala (208) T de tiempo. Además, el contador asociado con el receptor 208 digital podría tener, por ejemplo, un valor 6789 cuando se genera el impulso transmitido en la línea (208) T y el contador asociado con el receptor 108 digital podría tener, por ejemplo, un valor 2358 cuando se detecta el impulso recibido en la escala (108) T de tiempo.

50 Por consiguiente, la diferencia de reloj de contador entre el impulso transmitido de la plataforma 100 y el impulso recibido de la plataforma 200 en la escala (108) T de tiempo será:

$$2358 - 2345 = 13$$

y la diferencia de reloj de contador entre el impulso transmitido de la plataforma 200 y el impulso recibido de la

plataforma 100 en la escala (208) T de tiempo será:

$$6789 - 6796 = 7 .$$

5 Por tanto, trece veces el período de reloj de contador del receptor 108 digital de la plataforma 100 proporcionará la separación 316 de tiempo entre impulsos transmitidos y recibidos en la escala (108) T de tiempo y siete veces el periodo de reloj de contador del receptor 208 digital de la plataforma 200 proporcionará la separación 318 entre los impulsos transmitidos y recibidos en la escala (208) T de tiempo.

10 La separación 316 de tiempo se transporta desde el receptor 108 digital de la plataforma 100 hasta el receptor 208 digital de la plataforma 200, por medio del enlace 128 con el controlador 114 de comunicaciones y el enlace 116 de comunicaciones hasta el controlador 214 de comunicaciones de la plataforma 200 y por medio del enlace 228 hasta el receptor 208 digital. De manera similar, la separación 318 de tiempo se transporta desde el receptor 208 digital de la plataforma 200 hasta el receptor 108 digital de la plataforma 100, por medio del enlace 228 con el controlador 214 de comunicaciones y el enlace 116 de comunicaciones hasta el controlador 114 de comunicaciones de la plataforma 100 y por medio del enlace 128 hasta el receptor 108 digital.

15 Por tanto, un procesador de cada receptor 108, 208 digital puede determinar el desfase de tiempo Δt entre el impulso transmitido de la primera plataforma 100 y el impulso transmitido de la segunda plataforma como:

$$\frac{13-7}{2} = 3 .$$

Además, la diferencia entre los contadores de los receptores 100 y 200 digitales puede determinarse como:

$$6789 - 2345 - 3 = 4441 .$$

20 Por tanto, conociendo el desfase de tiempo Δt , puede calibrarse el contador de cada o ambos receptores 108 y 208 digitales, alineando de ese modo el tiempo en cada plataforma 100, 200.

25 Los generadores 402, 502 de PRI son de funcionamiento libre, es decir no unidos a las referencias 104, 204 atómicas. Se entenderá que para activar generadores 402, 502 de PRI de funcionamiento libre, se omite la entrada de 10 MHz a cada generador 402, 502 de PRI ilustrado en la figura 3. En este caso, las señales oscilarán entre sí, lo que mejora la estimación a más de un número entero de muestras y repitiendo las determinaciones de valores de desfase de contador y desfase de tiempo Δt , debe ser posible producir una calibración promedio, por ejemplo en el ejemplo proporcionado anteriormente, la diferencia entre los contadores de receptores 100 y 200 digitales pudo determinarse como 4441,21.

30 Según una realización adicional de la invención se proporciona un sistema de ubicación de emisor, que comprende un aparato tal como se muestra o bien en la figura 1 o bien en la figura 2, en el que el DGPS 102 proporciona datos de posición de la plataforma 100 al receptor 108 digital por medio de la conexión 404 y el DGPS 202 proporciona datos de posición de la plataforma 200 al receptor 208 digital por medio de la conexión 504.

35 Se calcula la diferencia de tiempo de llegada de una señal de emisor, por ejemplo un impulso de emisor, a las dos plataformas 100 y 200 sincronizadas. Los datos de posición de las plataformas 100, 200 en el momento en el que se captura la señal de emisor se usan para generar un hiperboloide en el que debe situarse el emisor. El uso de más de dos plataformas 100, 200 posibilita generar múltiples hiperboloides y determinar la ubicación del emisor mediante la intersección de los hiperboloides generados.

Habiendo descrito ahora diversas realizaciones de la invención, el experto entenderá que pueden realizarse numerosas modificaciones.

40 La frecuencia de portador de los impulsos de transmisión intercambiados entre dos plataformas 100, 200 puede ser la misma; la distancia entre las plataformas 100, 200 posibilita distinguir los impulsos de transmisión entre sí. Sin embargo, para múltiples plataformas 100, 200, el uso de diferentes frecuencias de portador para impulsos de transmisión proporciona la capacidad de discriminar entre las plataformas 100, 200. De manera similar, las anchuras de impulso de cada plataforma pueden ser diferentes para ayudar a la determinación de la plataforma de origen.

45 Las referencias 104, 204 atómicas mantienen la sincronización a lo largo de un marco de tiempo que puede determinarse a partir de la tasa de desviación esperada entre las referencias 104, 204 atómicas y la consecuencia de efectos relativistas en las plataformas 100, 200. Por consiguiente, puede conducirse la resincronización de las plataformas 100, 200 mediante la emisión de comandos 113 de sincronización iniciales adicionales.

Se entenderá que la invención puede usarse con plataformas estacionarias o móviles, por ejemplo aeronaves.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas (100, 200), incluyendo el método las etapas de:
 - a) transmitir una señal de inicialización desde cada plataforma (100) hasta al menos otra plataforma (200);
 - 5 b) acoplar la señal de inicialización de cada plataforma (100, 200) a un receptor (108, 208) en esa plataforma;
 - c) recibir una señal de inicialización recibida en el receptor (108, 208) en cada plataforma (100) de al menos una plataforma (200) a la que se transmitió una señal de inicialización;
 - d) medir la separación (316, 318) de tiempo entre la señal de inicialización transmitida acoplada y cada señal de inicialización recibida en cada receptor (108, 208); y
 - 10 e) calcular un desfase de tiempo (Δt) entre al menos dos plataformas;caracterizado por las etapas de:

sincronizar las dos o más plataformas usando el desfase de tiempo determinado (Δt);

recibir una señal de emisor en cada uno de dichos receptores (108, 208);

 - 15 calcular la diferencia de tiempo de llegada de la señal de emisor recibida a las dos o más plataformas (100, 200) sincronizadas; y
 - ubicar el emisor usando la diferencia de tiempo de llegada calculada.
2. Método según la reivindicación 1, en el que las etapas a) y c) comprenden transmitir y recibir señales de inicialización directamente entre cada plataforma (100, 200).
 3. Método según las reivindicaciones 1 ó 2, en el que cada plataforma transmite una señal de inicialización a y recibe una señal de inicialización recibida de cada una de las otras plataformas.
 4. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que la señal de inicialización transmitida desde una plataforma se diferencia de la señal de inicialización transmitida de al menos otra plataforma.
 5. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que las etapas d) y e) comprenden las etapas de:
 - f) medir la separación de tiempo, en una primera plataforma, entre la señal de inicialización transmitida acoplada de la primera plataforma (100) y una señal de inicialización recibida de una segunda plataforma (200);
 - 25 g) medir la separación de tiempo, en la segunda plataforma (200) entre una señal de inicialización transmitida acoplada de la segunda plataforma (200) y una señal de inicialización recibida de la primera plataforma; y
 - h) dividir la diferencia en las separaciones de tiempo medidas en las etapas f) y g) por dos.
 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que las etapas d) y e) incluyen las etapas de:
 - f) registrar un valor de contador en cada plataforma (100, 200) cuando se transmite una señal de inicialización;
 - 30 g) registrar un valor de contador en cada plataforma (100, 200) cuando se recibe una señal de inicialización recibida; y
 - h) para cada plataforma (100, 200), determinar la diferencia entre los valores de contador registrados en las etapas f) y g), restar la diferencia determinada en una plataforma (100) de la diferencia determinada en otra plataforma (200) y dividir el resto por dos.
 - 35
 7. Método según las reivindicaciones 5 ó 6, que incluye repetir las etapas f), g) y h) para cada plataforma (100, 200) al menos dos veces y promediar los resultados de cada iteración en cada plataforma.
 8. Método de ubicar un emisor que comprende las etapas del método según cualquier reivindicación anterior, comprendiendo además las etapas de: determinar una posición para al menos dos plataformas (100, 200) en el momento que se recibe cada señal de emisor generada por el emisor en cada plataforma (100, 200); generar un hiperboloide para cada par de plataformas (100, 200) en el que debe situarse el emisor, y determinar la región en la que debe situarse el emisor con respecto a los hiperboloides que intersecan.
 - 40
 9. Método según la reivindicación 8, caracterizado por que las posiciones de plataforma se determinan a partir de datos de satélites de posicionamiento global diferenciales.
 - 45
 10. Aparato para determinar diferencias de tiempo entre dos o más plataformas (100, 200), que incluye:

un transmisor (110, 210) dispuesto para generar y transmitir una señal de inicialización;

un receptor (108, 208) dispuesto para recibir al menos una señal de inicialización recibida,

un elemento (124, 224) de acoplamiento dispuesto para acoplar cada señal de inicialización generada mediante un transmisor de una plataforma al receptor (108, 208) asociado con esa plataforma; y un procesador dispuesto para determinar un desfase de tiempo (Δt) entre una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida,

caracterizado por que:

el receptor (108, 208) asociado con la plataforma está dispuesto además para recibir una señal de emisor; y por que

el procesador está dispuesto además para sincronizar la plataforma con otra de las dichas dos o más plataformas usando el desfase de tiempo determinado (Δt), para calcular la diferencia de tiempo de llegada de la señal de emisor recibida a las dos o más plataformas (100, 200) sincronizadas y para ubicar el emisor usando la diferencia de tiempo de llegada calculada.

11. Aparato según la reivindicación 10, en el que el transmisor transmite señales de inicialización y el receptor recibe señales de inicialización directamente entre cada plataforma,

12. Aparato según la reivindicación 10 o la reivindicación 11, en el que el procesador de cada plataforma dispuesto para determinar un comienzo de tiempo entre una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida incluye: un temporizador dispuesto para medir la separación de tiempo, en una primera plataforma, entre la señal de inicialización transmitida acoplada de la primera plataforma y una señal de inicialización recibida de una segunda plataforma; un temporizador dispuesto para medir la separación de tiempo, en la segunda plataforma entre una señal de inicialización transmitida acoplada de la segunda plataforma y una señal de inicialización recibida de la primera plataforma; y estando el procesador de cada plataforma dispuesto para dividir la diferencia en las separaciones de tiempo medidas tanto en la primera como en la segunda plataforma por dos para proporcionar un valor de desfase.

13. Aparato según la reivindicación 10 o reivindicación 11, en el que el procesador de cada plataforma está dispuesto para determinar un desfase de tiempo entre una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida incluye: un registrador dispuesto para registrar un valor de contador en cada plataforma cuando se transmite una señal de inicialización; un registrador dispuesto para registrar un valor de contador en cada plataforma cuando se recibe una señal de inicialización recibida, y el procesador de cada plataforma está dispuesto para determinar la diferencia entre los valores de contador para una señal de inicialización transmitida y una señal de inicialización recibida registrada en la plataforma, para restar la diferencia registrada en la plataforma de la diferencia registrada en otra plataforma usada para proporcionar la señal de inicialización recibida y para dividir el resultante por dos para proporcionar un valor de desfase.

14. Aparato según las reivindicaciones 12 ó 13, en el que el procesador en cada plataforma está dispuesto para promediar el valor de desfase a lo largo de conjuntos sucesivos de señales de inicialización transmitidas y recibidas.

15. Aparato según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en el que el transmisor incluye un generador de impulsos de funcionamiento libre y el generador de impulsos está dispuesto para generar una señal de inicialización en forma de un impulso.

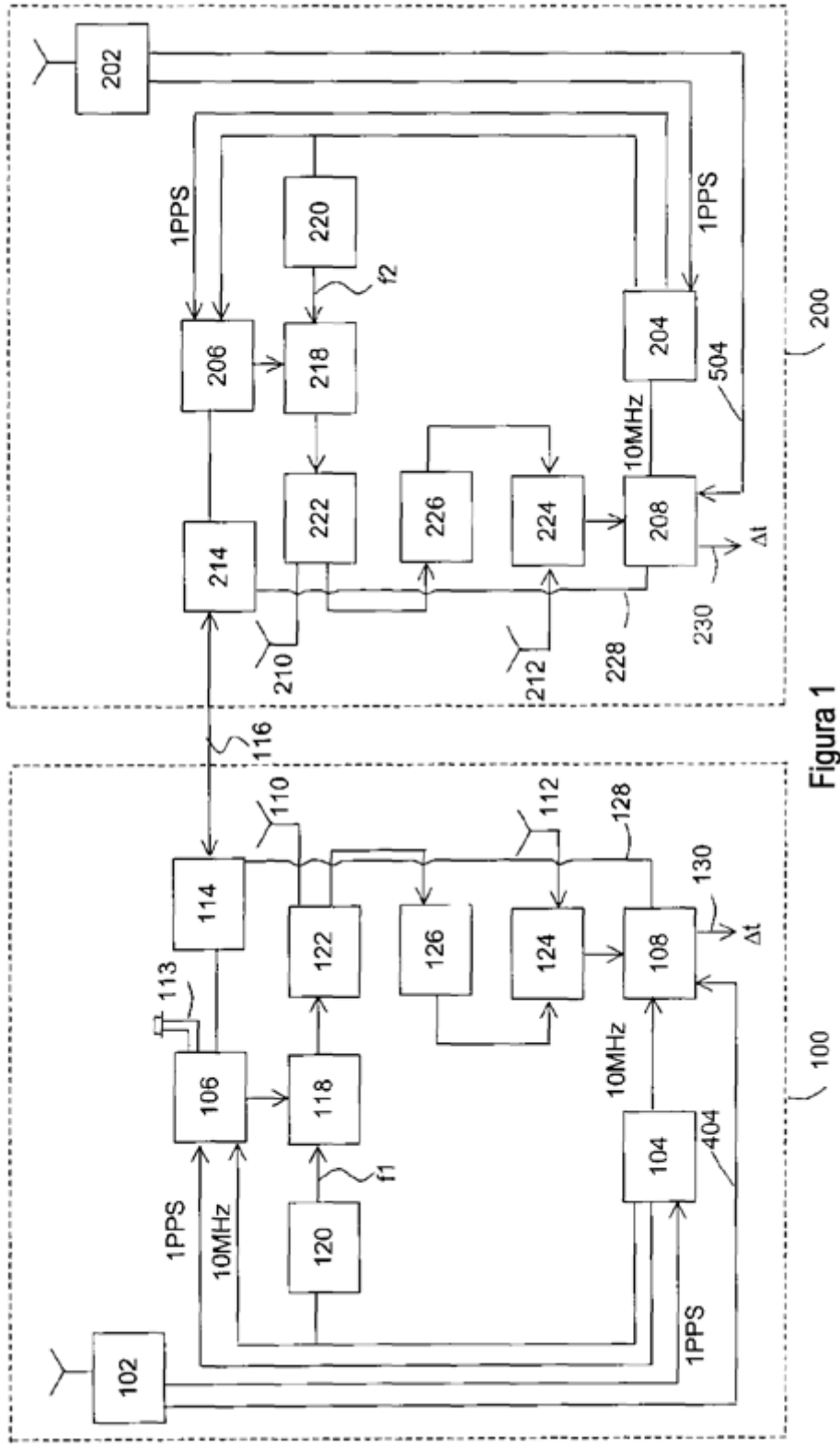


Figure 1

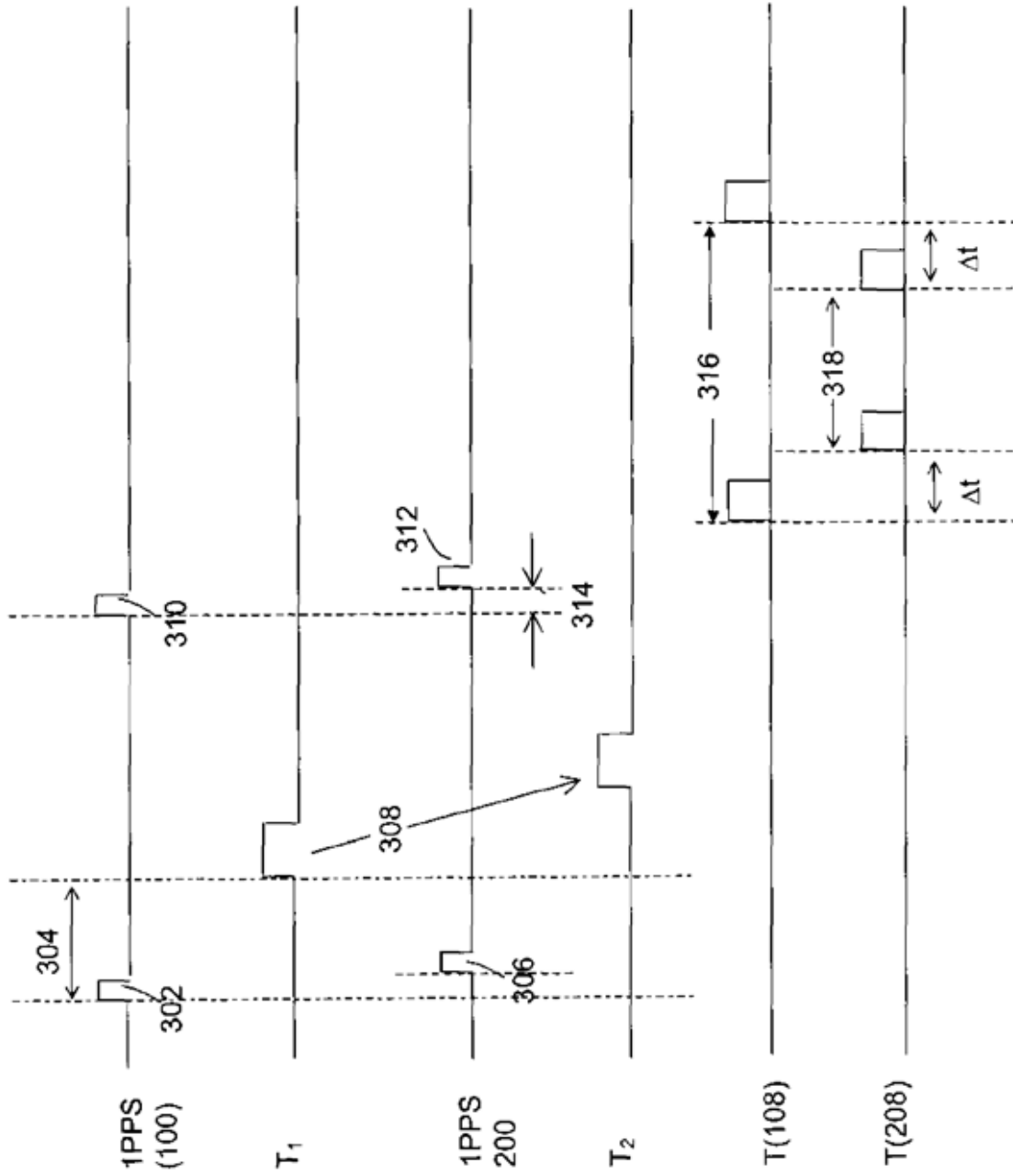


Figura 2

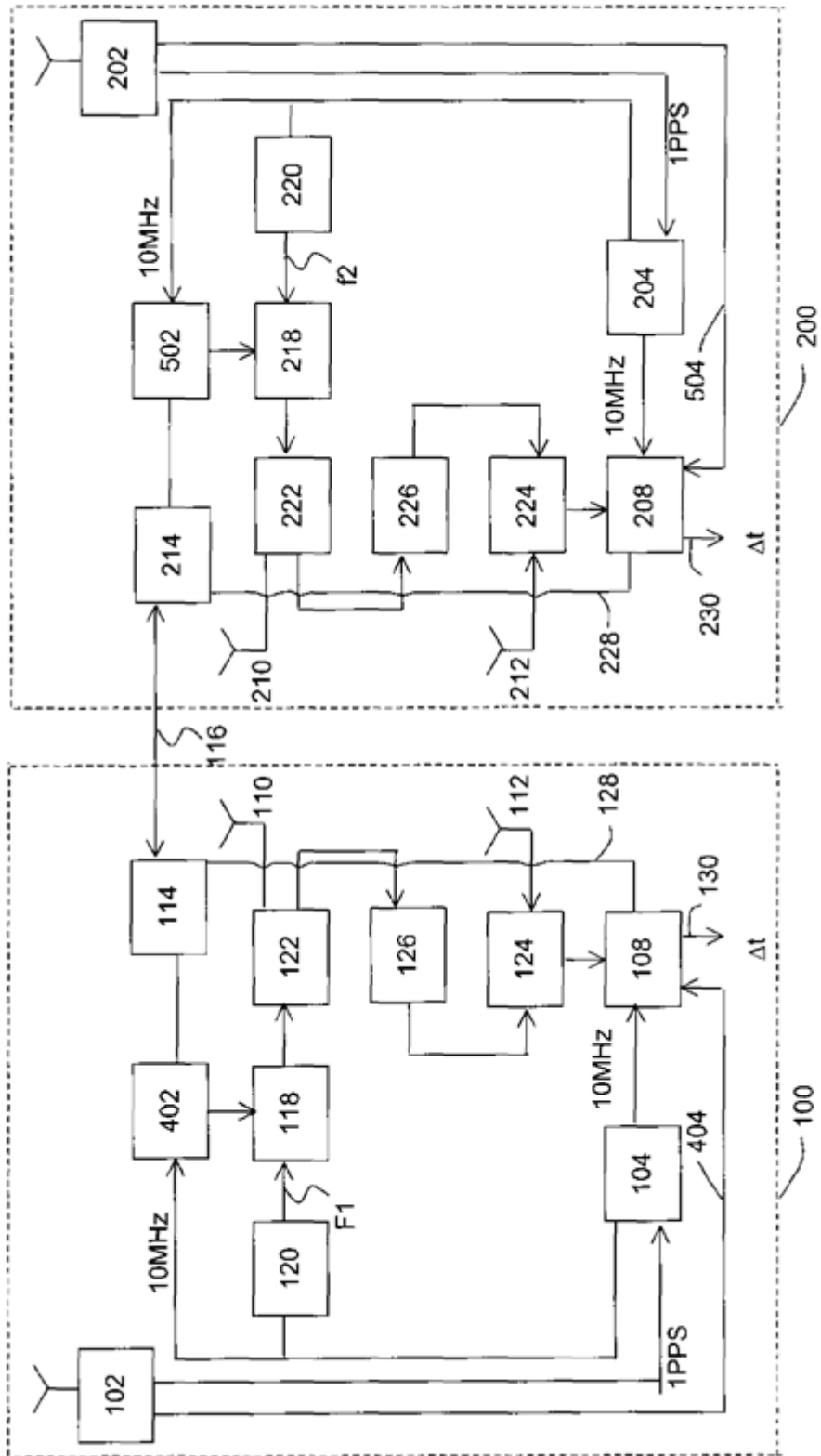


Figura 3