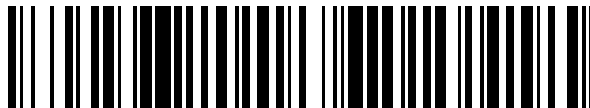


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 528 759**

51 Int. Cl.:

**H04W 92/12** (2009.01)

**H04W 56/00** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2009 E 09805711 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.10.2014 EP 2382829**

54 Título: **Procedimiento de sincronización dentro de un sistema de estación base**

30 Prioridad:

**23.01.2009 US 146826 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**12.02.2015**

73 Titular/es:

**KAPSCH CARRIERCOM FRANCE S.A.S. (100.0%)  
1, rue Jean-Pierre Timbaud, Site Immontigny CS  
80737 78180, Montigny le Bretonneux  
78066 St Quentin Yvelines Cedex, FR**

72 Inventor/es:

**MAURICE, FRANÇOIS y  
SIRDEY, RENAUD**

74 Agente/Representante:

**ZEA CHECA, Bernabé**

**ES 2 528 759 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

Procedimiento de sincronización dentro de un sistema de estación base

5

## CAMPO DE LA INVENCION

La invención se refiere a un procedimiento de sincronización de una frecuencia de referencia de un transceptor de estación base (*BTS – basestation transceiver*) a la frecuencia de referencia de un controlador de la estación base  
 10 (*BSC – basestation controller*), en el que el controlador de la estación base está provisto de un primer módulo de interfaz (*IPG*) que comprende un oscilador y un transmisor para transmitir a un segundo módulo de interfaz (*IPM*) del transceptor de la estación base (*BTS*) sobre una red IP.

## 15 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un Sistema de Estación Base (*BSS – Basestation System*) comprende típicamente un Controlador de la Estación Base y una pluralidad de transceptores de la estación base en diferentes ubicaciones. La transmisión entre el controlador de la estación base y el transceptor de la estación base se produce por ejemplo a través de una interfaz  
 20 denominada *Abis*. Dicha transmisión es necesaria con el fin de sincronizar las frecuencias del transceptor de la estación base con el controlador de la estación base. Todos los transceptores de la estación base proporcionarán un dominio preciso de la frecuencia para cualesquiera móviles activos; de lo contrario, es probable que la transferencia de los móviles sea insegura y haga caer los aumentos de la frecuencia de llamada. En relación con esto, hay un requisito en alguna especificación estándar de telecomunicaciones, tal como la GSM, f.i. 3GPP Rec 45.010: "El  
 25 transceptor de la estación base utilizará una sola fuente de frecuencia de precisión absoluta mejor que 0,05 ppm para la generación de frecuencia RF y la sincronización de la base de tiempo. No hay relación de fase entre un primer y un segundo sitio del transceptor de la estación base: esto es sintonización de la frecuencia, no sincronización temporal. Sin embargo, por razones históricas, la palabra 'sincronización' se ha utilizado siempre y seguirá siendo utilizada en todo el documento.

30

La transmisión tradicional entre el controlador de la estación base y el transceptor de la estación base en redes *GSM/EDGE* (interfaz *Abis*) se consigue utilizando circuitos (*TDM*) dentro de la frecuencia de sincronización de banda. Los enlaces *E1/T1* basados en *TDM* propagan una frecuencia de referencia de la capa 1 desde el controlador de la estación base al transceptor de la estación base, en otras palabras, la frecuencia de referencia se  
 35 propaga en la capa 1, la que también se conoce como la capa física. De esta manera, se recupera la estabilidad de la frecuencia a largo plazo utilizando un bucle bloqueado de frecuencia (*FLL – frequency locked loop*) o un bucle bloqueado de fase (*PLL – phase locked loop*) bloqueado a un oscilador sintonizable a 16,384 MHz. El tiempo *GSM* transcurre libremente en cada sitio, sin ninguna relación de fase entre los sitios. Esta "característica de caída e inserción" para la frecuencia permite la sincronización de varios transceptores de la estación base desde el  
 40 controlador de la estación base por el mismo enlace *ABIS*. Se puede usar temporalmente un modo de retención (*holdover mode*) en el transceptor de la estación base cuando la fuente de sincronización es declarada ausente o no satisfactoria.

En un primer modo alternativo, se divide un conjunto de transceptores de la estación base en un "transceptor  
 45 maestro" y un par de "transceptores esclavos". Esto es particularmente útil si los transceptores del conjunto tienen una ubicación que es relativamente cercana entre ellos. La base de tiempo del transceptor 'maestro' de la estación base es bloqueada en el enlace *ABIS* según se ha indicado anteriormente. La base de tiempo de los transceptores "esclavos" de la estación base son bloqueados en la del maestro: bloquear el oscilador local del esclavo en modo *PLL*, recuperar la frecuencia de referencia desde el maestro, y copiar el tiempo *GSM* del maestro en la el esclavo.

50

Recientemente, se están produciendo avances para reemplazar la red *TDM* por una red de paquetes. En este documento, la transmisión dentro del sistema de estación base se produce a través de una red IP, por ejemplo, protocolos de Internet, en lugar de a través de una comunicación inalámbrica. Estos avances son conocidos como *ABIS* sobre *IP*. La característica IP del sistema de estación base permite la transmisión *backhaul* basada en  
 55 paquetes como una alternativa a los enlaces *E1/T1* basados en *TDM* de hoy en día, en la interfaz *Abis* del controlador de la estación base al transceptor de la estación base, definiéndose *backhaul* como transmisión de tráfico de voz y datos entre los sitios de celda (*cell sites*) y el controlador de la estación base.

Una característica no ventajosa de *ABIS* sobre *IP* es que las redes de paquetes no propagan ninguna frecuencia de referencia en la capa 1 desde el controlador de la estación base al transceptor de la estación base. En su lugar se deben utilizar las de las capas 2 y 3, por ejemplo, una transmisión con una capa *MAC (Medium Access Control)* o con la capa de red. Por lo tanto, el transceptor de la estación base está perdiendo la capa 1 de sintonización proporcionada por el enlace *TDM*. Para resolver este inconveniente, se han introducido los siguientes elementos dentro del sistema de la estación base: Las características *ABIS* sobre *IP* agregan los siguientes elementos a la red del sistema de estación base *TDM* preexistente:

- 10 Una función *IBOS*, responsable de la gestión, autenticación y seguridad de la red *IP*;
- un módulo *IPG* dentro del controlador de la estación base responsable del *TDM* para la conversión de paquetes en el controlador de la estación base. Es muy importante tener en cuenta que este *IPG* recupera un reloj trazable de estrato-1 de la placa posterior del controlador de la estación base;
- un módulo *IPM* ubicado físicamente en el transceptor de la estación base, pero gestionado por la *IBOS* y controlado por el *IPG*. Este módulo se encarga del *TDM* para la conversión de paquetes en el transceptor de la estación base.
- 15 Proporciona una frecuencia de referencia al oscilador del transceptor de la estación base preexistente pero ninguna indicación de fase para su tiempo *GSM*.

Sin embargo, no está claro cómo obtener la sincronización de todos los módulos *IPM* dentro de la red sin aumentar sustancialmente el coste. Cada transceptor de la estación base puede estar provisto de medios para la sincronización usando el sistema *GPS*. El sistema *GPS* proporciona una temporización de referencia, cuya precisión es compatible con la del transceptor de la estación base *GSM*. Sin embargo, esta solución es costosa, difícil de configurar y administrar (instalación, mantenimiento) y se ve afectada por la disponibilidad de cobertura de los satélites. Alternativamente, se puede prever el uso de una Ethernet síncrona. Sin embargo, esto sólo está disponible cuando se implementa un transceptor óptico gigabit en el *IPM* de cada transceptor de la estación base. Por lo tanto, se considera una tecnología futura válida, pero que no es aplicable para la actualización de la red existente. Además, se puede prever la aplicación de técnicas de capa 2 estándar tales como la 1588.2. Sin embargo, estas técnicas incluyen características que no están optimizadas para el sistema de estación base *GSM*.

Además, EP 1 427 121 A1 divulga una red de acceso por radio basada en *IP* en la que unos nodos de reloj recogen un número de mensajes procedentes de un servidor, que incluyen unas marcas de tiempo que indican sus momentos de transmisión y de recepción. A partir de entonces, se procesan los intervalos de momento de transmisión y los intervalos de momento de recepción de los mensajes recibidos posteriormente. Si la diferencia de un intervalo de momento de transmisión en relación al respectivo intervalo de momento de recepción supera un umbral predeterminado, se descartan ambos intervalos. Dado que se promedian sólo los intervalos restantes de momento de recepción y de transmisión para obtener un correspondiente valor de corrección del error de temporización para los nodos de reloj, este mecanismo de sincronización de reloj no es muy fiable.

Es por tanto un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento mejorado de sincronización de al menos un transceptor de estación base con un controlador de estación base, utilizando una red *IP*, en particular *ABIS* sobre *IP*, para la transmisión entre el transceptor de la estación base y el controlador de la estación base. El procedimiento mejorado de sincronización es particularmente adecuado para satisfacer los requisitos de la especificación *GSM*.

45

## RESUMEN DE LA INVENCION

Según un primer aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de sincronización de una frecuencia de referencia de un segundo dispositivo de red, en particular un transceptor de estación base, a la frecuencia de referencia de un primer dispositivo de red, en particular un controlador de estación base. El procedimiento comprende las etapas de:

asignar una marca de tiempo del momento de transmisión a un paquete de sincronización para su transmisión por parte del primer dispositivo de red (controlador de la estación base) al segundo dispositivo de red (transceptor de la estación base);

- transmitir el paquete al segundo dispositivo de red (transceptor de la estación base);  
 al recibir el paquete por parte del segundo dispositivo de red (transceptor de la estación base), asignar una marca de tiempo del momento de recepción, y  
 almacenar la marca de tiempo del momento de recepción y una marca de tiempo del momento de transmisión de un  
 5 paquete de sincronización recibido;  
 repetir dicha transmisión de paquetes de sincronización, dicha aplicación de marcas de tiempo dentro de un período de observación, y dicho almacenamiento de marcas de tiempo en el segundo dispositivo de red (transceptor de la estación base);  
 al finalizar el período de observación, evaluar una entrega de red en base a diferencias de tiempo entre la marca de  
 10 tiempo de recepción y la correspondiente marca de tiempo de transmisión,  
 si la velocidad de entrega de red está por encima de un umbral, estimar un error de temporización y un nivel de confianza de los paquetes de sincronización recibidos,  
 si el nivel de confianza está por encima de un umbral, aplicar cualquier corrección a una frecuencia del oscilador del segundo dispositivo de red (transceptor de la estación base) en base al error de temporización.  
 15
- La invención hace uso de un flujo de paquetes dedicados de temporización entre el controlador de la estación base y el transceptor de la estación base. Sin embargo, la red incluye unas degradaciones, de tal manera que el retardo de los paquetes desde el controlador de la estación base al transceptor de la estación base no es constante. Por lo tanto, se aplican marcas de tiempo en ambos extremos. Esto permite que el transceptor de la estación base  
 20 construya una base de datos de temporización precisa. Utilizando la base de datos de temporización, el transceptor de la estación base decide si el flujo de paquetes de temporización es fiable o no. En este documento, se utiliza una primera y una segunda etapa de confianza.
- En una primera etapa, se define si la entrega de red es suficientemente buena. Ésta es particularmente insuficiente  
 25 si una pluralidad de paquetes de sincronización no se han recibido de forma válida. Dicha recepción válida es, en particular, la recepción del paquete y la recepción de su momento de transmisión que se encuentra en un paquete de sincronización posterior. Sin embargo, paquetes de sincronización sustancialmente retardados pueden ser además clasificados como no válidos.
- En una segunda etapa, se define un nivel de confianza. El objetivo de la segunda etapa es identificar las variaciones de la frecuencia del oscilador local mientras que se rechazan las degradaciones de la red de paquetes que añaden una variación no estacionaria del retardo de paquetes. De forma adecuada, las variaciones de la frecuencia se calculan en base a la diferencia de tiempo entre las marcas del momento de transmisión y de recepción para un paquete de sincronización. En una realización adecuada, se realiza una estimación de las variaciones de la  
 30 frecuencia del oscilador local detectando variaciones térmicas en (por ejemplo cerca de) el oscilador. A continuación, se hace una comparación entre la estimación y la variación de la frecuencia calculada en base a las diferencias de tiempo. Si resulta que la variación de la frecuencia calculada está muy lejos de la estimación, se reduce el nivel de confianza. Esto puede dar lugar a que no se aplique ninguna actualización de la frecuencia del oscilador local.  
 35
- Es una ventaja del procedimiento de la invención que el oscilador del transceptor de la estación base puede ser un oscilador de bajo coste. Puede ser por ejemplo un oscilador *VCOCXO*, que está compensado térmicamente en primer orden, pero muestra una desviación residual de la frecuencia como resultado de las variaciones de temperatura, las variaciones de voltaje de la alimentación eléctrica y la edad. Dentro del *IPM*, este oscilador puede ser considerado lo suficientemente estable a corto plazo (dentro de unas pocas horas) para satisfacer los requisitos  
 40 GSM globales del transceptor de la estación base, pero requiere correcciones a medio plazo (variaciones térmicas dentro del día) y correcciones a largo plazo (fenómeno de envejecimiento).  
 45
- Es otra ventaja del procedimiento de la invención, que se puede monitorear el envejecimiento del oscilador del transceptor de la estación base. Se usa una corrección de la frecuencia obtenida válidamente para evaluar un  
 50 promedio a largo plazo de la frecuencia. Esto puede ser usado para indicar que el envejecimiento ha llegado al extremo de modo que la frecuencia del oscilador está fuera de un rango predefinido de frecuencias aceptables. Se puede utilizar además para acelerar la convergencia durante una inicialización que se produce en el arranque, es decir, el estado que normalmente se conoce como 'encendido' ('*power up*').

Es una ventaja adicional del procedimiento de la invención, que la estimación del error de temporización puede realizarse en base a una estimación basada en programación lineal, en la cual se estima el desfase y la desviación de la frecuencia. Las técnicas de programación lineal tienen la ventaja de que sólo se necesita un tiempo limitado de procesador. El tiempo de procesamiento se puede reducir aún más mediante el uso de sólo un conjunto  
5 seleccionado de paquetes de sincronización para dicho cálculo. En particular, se considera adecuado el uso de marcas de tiempo de un paquete de un grupo de paquetes de sincronización sucesivos, y especialmente el más rápido del grupo.

De forma adecuada, se almacena una marca de tiempo de transmisión en el primer dispositivo de red para su  
10 inserción en un cuerpo de un paquete de sincronización posterior, y luego transmitirlo en el paquete de sincronización posterior. Con el fin de proporcionar una marca de tiempo más adecuada, esto se define de forma adecuada en la transmisión. Esto es entonces incómodo, si no complicado técnicamente, transmitir inmediatamente dicha marca de tiempo de transmisión con el paquete de sincronización. El almacenamiento de la marca de tiempo de transmisión puede estar dispuesto en cualquier dispositivo de almacenamiento como ya sabe el experto,  
15 incluyendo memoria volátil y no volátil. En lugar de almacenarla en un dispositivo de almacenamiento, el almacenamiento podría ser, alternativamente, cualquier forma de recálculo. Sin embargo, esto se considera menos adecuado. El paquete de sincronización posterior es preferiblemente el primer paquete de sincronización posterior, pero puede ser, alternativamente, cualquier otro paquete de sincronización posterior. La marca de tiempo de transmisión puede ser insertada en el cuerpo de más de un paquete de sincronización posterior, a fin de reducir el  
20 riesgo de que la marca de tiempo se pierda durante la entrega. En lugar de la inserción en el cuerpo de un paquete de sincronización posterior, se podrían transmitir por separado una pluralidad de marcas de tiempo de transmisión. Sin embargo, esto requiere el almacenamiento de más datos en el primer dispositivo de red.

El procedimiento puede llevarse a cabo asignando marcas de tiempo en paquetes de sincronización que se  
25 transmiten desde el controlador al transceptor, por ejemplo el flujo del enlace descendente. En una mejora adicional, las marcas de tiempo pueden ser asignadas al flujo del enlace descendente y al flujo del enlace ascendente. Esto tiende a mejorar la eficiencia de los procesos de evaluación.

El período de observación es, de forma adecuada, adaptativo. Como resultado, por ejemplo, en caso de que se  
30 interrumpa por cualquier razón la transmisión entre el controlador de la estación base y el transceptor de la estación base, se puede iniciar un período posterior de observación después de la reanudación de la transmisión.

De forma adecuada, el controlador de la estación base está provisto de un primer módulo de interfaz, y el transceptor de la estación base está provisto de un segundo módulo de interfaz. Dichos primer y segundo módulos  
35 de interfaz, también conocidos como *IPG* e *IPM*, son módulos que comprenden todos los componentes necesarios para permitir la transmisión y recepción de paquetes de datos sobre una red IP. Típicamente, dicho módulo de interfaz comprende el oscilador y un transceptor. De forma adecuada, hay un sensor térmico en el segundo módulo de interfaz para detectar variaciones térmicas en el oscilador. Los datos de detección del sensor térmico pueden usarse en la evaluación del nivel de confianza.

40 La marca de tiempo es asignada preferiblemente en los módulos de interfaz, a fin de limitar los errores resultantes de la transmisión interna. Esto se realiza, de forma adecuada, con contadores locales. Éstos se implementan más preferiblemente en hardware. Convenientemente, se utilizan marcadores de tiempo (timestampers) que se encuentran en los circuitos integrados de microcontrolador.

45 Se observa que la presente invención se puede implementar además como un modo de sincronización que es adicional a otros modos de sincronización, tales como los modos de sincronización discutidos en los antecedentes de la invención.

50 A pesar de que es más adecuado que el primer dispositivo de red sea un controlador de estación base y el segundo dispositivo de red sea un transceptor de estación base, la invención no se limita a ello. Por ejemplo, el primer dispositivo de red podría ser un transceptor de estación base y el segundo dispositivo de red otro transceptor de estación base. Además, aunque los dispositivos de red se usan de forma adecuada dentro de un sistema de estación base para su uso de acuerdo con un protocolo de transmisión para comunicación inalámbrica (tales como  
55 *GSM*, *GSM-EDGE*, *CDMA*, *W-CDMA*, *Wimax*, *LTE*), la invención no se limita a esto. Los dispositivos de red podrían,

por ejemplo, ser aplicados en aplicaciones de seguridad, en las que se aplica una temporización precisa a los dispositivos aunque no hay procesos simultáneos de comunicación o transferencia inalámbrica de una manera típica para la comunicación inalámbrica.

- 5 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un sistema de estación base que comprende un primer y un segundo dispositivo de red, en particular un controlador de la estación base y un transceptor de la estación base. El primer y segundo dispositivos de red están acoplados entre sí a través de una red IP y cada uno está provisto de un oscilador que tiene una frecuencia de referencia. El primer dispositivo de red comprende un marcador de tiempo (*timestamper*) para la asignación de una marca de tiempo a un paquete de sincronización en un momento de transmisión, y una memoria para el almacenamiento de dicha marca de tiempo antes de su inserción en un cuerpo de un paquete de sincronización posterior. El segundo dispositivo de red comprende un marcador de tiempo (*timestamper*) para la asignación de una marca de tiempo a un paquete de sincronización en un momento de recepción. El segundo dispositivo de red comprende además una memoria para el almacenamiento de dichas marcas de tiempo del momento de transmisión y del momento de recepción para una pluralidad de paquetes de sincronización dentro de un período de observación. El segundo dispositivo de red comprende adicionalmente un procesador adaptado para:

evaluar una entrega de red en base a las diferencias de tiempo entre la marca de tiempo de la recepción y la correspondiente marca de tiempo de la transmisión,

- 20 si la entrega de red se considera aceptable, estimar un error de temporización y un nivel de confianza de los paquetes de sincronización recibidos, y si el nivel de confianza está por encima de un umbral, aplicar cualquier corrección a la frecuencia de referencia del oscilador del segundo dispositivo de red (*IPM*) en base al error de temporización.

- 25 De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona un transceptor de estación base, siendo dicho transceptor de estación base adecuado para su acoplamiento a un controlador de la estación base a través de una red IP. El transceptor de la estación base comprende:

un oscilador provisto de una frecuencia de referencia;

- 30 un transceptor para la transmisión y recepción de paquetes desde y hacia el controlador de la estación base a través de la red IP;

un marcador de tiempo (*timestamper*) para la asignación de una marca de tiempo del momento de recepción a un paquete de sincronización recibido desde el controlador de la estación base a través de la red IP;

una memoria para el almacenamiento de dichas marcas de tiempo de recepción y marcas de tiempo de transmisión

- 35 recibidas desde el controlador de la estación base en los cuerpos de una pluralidad de paquetes de sincronización recibidos dentro de un período de observación,

y un procesador adaptado para evaluar una entrega de red al final de un período de observación en base a las diferencias de tiempo entre la marca de tiempo de recepción y la correspondiente marca de tiempo de transmisión; si se considera que la entrega de red es aceptable, estimar un error de temporización y un nivel de confianza de los

- 40 paquetes de sincronización recibidos, y si el nivel de confianza está por encima de un umbral, aplicar cualquier corrección a la frecuencia de referencia del oscilador en base al error de temporización. Se observa para mayor claridad que las reivindicaciones dependientes y las características descritas en relación con el primer aspecto de la invención se pueden aplicar además a los aspectos segundo y tercero de la invención.

45

#### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La figura 1 muestra un diagrama de flujo de varias etapas en las etapas de evaluación de una realización de acuerdo con el procedimiento de la invención;

50

La figura 2 muestra un gráfico que refleja la temporización en el primer y segundo módulos de interfaz, y la diferencia de tiempo y el flujo de información entre los mismos;

Las figuras 3 a 8 muestran unos gráficos en los que se presenta la temporización del segundo módulo de interfaz (tIPM) frente a la temporización del primer módulo de interfaz (tIPG), mostrando cada gráfico un resultado de otra variación.

5

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PREFERIDAS

La presente invención se describirá con respecto a realizaciones particulares y con referencia a ciertos dibujos, pero la invención no está limitada por los mismos sino solamente por las reivindicaciones. Los dibujos descritos son sólo esquemáticos y no limitativos. En los dibujos, el tamaño de algunos de los elementos puede ser exagerado y no estar dibujados a escala para fines ilustrativos. Las dimensiones y las dimensiones relativas no corresponden a reducciones reales para la práctica de la invención.

Se observa que para mayor claridad los términos primero, segundo, tercero y similares en la descripción y en las reivindicaciones, se utilizan para distinguir entre elementos similares y no necesariamente para describir una secuencia, ya sea temporalmente, espacialmente, en clasificación o de cualquier otra manera. Es de entenderse que los términos así usados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en este documento son capaces de funcionar en otras secuencias que las descritas o ilustradas en este documento.

20

Además, los términos superior, inferior, sobre, debajo y similares en la descripción y las reivindicaciones se utilizan para propósitos descriptivos y no necesariamente para describir posiciones relativas. Es de entenderse que los términos así usados son intercambiables bajo circunstancias apropiadas y que las realizaciones de la invención descritas en este documento son capaces de funcionar en otras orientaciones que las descritas o ilustradas en este documento.

25

Es de notar que el término "comprende", utilizado en las reivindicaciones, no debe interpretarse como restringido a los medios enumerados a partir de entonces; no excluye otros elementos o etapas. Por lo tanto, debe interpretarse como que especifica la presencia de características, números enteros, etapas o componentes indicados según se han denominado, pero no excluye la presencia o adición de una o más otras características, números enteros, etapas o componentes, o grupos de los mismos. Por lo tanto, el alcance de la expresión "un dispositivo que comprende los medios A y B" no debe limitarse a dispositivos que consisten únicamente en los componentes A y B. Significa que con respecto a la presente invención, los únicos componentes relevantes del dispositivo son A y B.

La presente invención está relacionada con la sincronización de las frecuencias de un controlador de estación base y un transceptor de estación base. En lugar de una sincronización directamente desde el controlador de la estación base, se podría utilizar una unidad vinculada con el controlador de la estación base, es decir, con el denominado reloj trazable del estrato 1 del controlador de la estación base (*base station controller stratum 1 traceable clock*). Dicha unidad podría ser incluso un primer transceptor de la estación base. Cualquier unidad vinculada con el controlador de la estación base y provista de la misma frecuencia de referencia que el controlador de la estación base se considera que es parte del controlador de la estación base. Si dicha unidad se encuentra en una ubicación remota con respecto al controlador de la estación base, ésta comprende preferiblemente una conexión inalámbrica o una conexión por cable directa al controlador de la estación base, en particular cualquier conexión con la que se pueda transmitir una frecuencia de referencia en la capa 1, tal como un enlace *TDM*. Efectivamente, la sincronización se realizará entre un primer módulo de interfaz (*IPG*) que porta una frecuencia de referencia vinculada con la frecuencia de referencia del controlador de la estación base, y un segundo módulo de interfaz (*IPM*) en el transceptor de la estación base. El primer y segundo módulos de interfaz además se denominarán *IPG* e *IPM* en lo sucesivo. Aunque la siguiente descripción se centra particularmente en el enlace descendente, por ejemplo desde el *IPG* al *IPM*, se pueden recoger datos adicionales de marca de tiempo en el enlace ascendente, desde el *IPM* al *IPG*. En este último caso, dichos datos adicionales de marca de tiempo se transmiten de forma adecuada al *IPM*, para que el *IPM* pueda llevar a cabo su corrección de la frecuencia. Aunque la descripción utiliza el *IPG* como el transmisor estándar, será claro para el experto en la materia que en el caso de utilizar además el enlace descendente, el *IPM* será el transmisor y el *IPG* será el receptor.

De forma adecuada, el *IPM* alberga un oscilador *VCOXO* local, que está compensado térmicamente en primer orden, pero que muestra una desviación residual de la frecuencia como resultado de las variaciones de temperatura, variaciones de voltaje de la alimentación eléctrica y la edad. Dentro del *IPM*, este oscilador puede ser considerado lo suficientemente estable a corto plazo (dentro de unas pocas horas) para satisfacer los requisitos *GSM* globales del 5 transceptor de la estación base, pero requiere correcciones a medio plazo (variaciones térmicas dentro del día) y correcciones a largo plazo (fenómeno de envejecimiento).

Con el fin de evaluar la variación de la frecuencia del oscilador local en el *IPM*, se asume que la referencia de reloj del controlador de la estación base es perfecta e igual a 1. Una frecuencia de reloj local del *IPM* en un momento 10 determinado es entonces  $a = 1 + \alpha$ , siendo  $\alpha$  en este documento el error de la frecuencia local también llamado "desviación" ("skew"). El objetivo final del algoritmo de recuperación de la frecuencia es estimar  $\alpha$  y aplicar una serie de correcciones para reducir  $\alpha$  permanentemente bien dentro de la especificación de 50 ppb según requiere la norma *GSM*. Sin embargo, no se excluye que se puedan aplicar variaciones que están dentro del alcance de las reivindicaciones que no llegan a la especificación de 50 ppb de la norma *GSM*.

15 De acuerdo con la invención, se utiliza un flujo de paquetes dedicado entre el primer dispositivo de red (*IPG*) y el segundo dispositivo (*IPM*) para proporcionar al *IPM* una fuente de frecuencia de referencia. El flujo de paquetes se envía típicamente a través de una red IP. Típicamente, una pluralidad de segundos dispositivos de red están acoplados a un primer dispositivo de red. No se excluye que uno de dichos segundos dispositivos de red actúe de 20 nuevo como un primer dispositivo de red para un grupo adicional de dispositivos de red.

Preferiblemente, los paquetes se transmiten periódicamente para facilitar la construcción de tablas de paquetes en el lado del *IPM*. Esta transmisión periódica permite que el número de marcas de tiempo de transmisión se reduzca realmente, en particular si la periodicidad se mantiene muy estricta. En lugar de la transmisión de todas las marcas 25 de tiempo, se puede transmitir una o un número limitado, preferiblemente junto con un indicador del período de la transmisión periódica. El segundo dispositivo de red puede, en base a ello, evaluar las marcas de tiempo del momento de transmisión independientemente para los paquetes de sincronización de los que conoce el número de secuencia. Sin embargo, es preferible la transmisión de cada una o al menos la mayoría de las marcas de tiempo de transmisión, ya que le da la libertad al primer dispositivo de red para que varíe el momento de la transmisión de los 30 paquetes de sincronización con el fin de optimizar otras transmisiones.

Más preferiblemente, los paquetes tienen un tamaño constante para rechazar ciertas características de variación del retardo de paquetes de red (en su mayoría un mecanismo de almacenamiento y avance (*forward*) en líneas principales (*trunks*) de baja velocidad). Aunque la presente solicitud se refiere específicamente a paquetes de 35 sincronización, los paquetes pueden incluir otros datos que no sean sólo de sincronización, más particularmente algunos datos de control adicionales. Sin embargo, bien puede ser más adecuado transmitir los paquetes de sincronización por separado.

Además, es adecuado transmitir los paquetes de sincronización como paquetes seguros IP, a fin de evitar ataques. 40 Con respecto a esto, se puede usar un mecanismo de seguridad que se ha iniciado entre el *IPG* y el *IPM* para la carga *GSM* y los flujos de señalización. Es conocido como *IPSEC*. Además, se puede incluir un número de secuencia para aumentar la robustez contra la pérdida de paquetes o retardos.

Con el fin de definir la desviación de la frecuencia en el *IPM*, se ha considerado necesario proporcionar marcas de 45 tiempo: se asigna localmente para cada paquete de sincronización entre el *IPG* y el *IPM* un momento de transmisión y un momento de recepción. Para evitar cálculos innecesarios, el reloj utilizado para el marcaje de tiempo (*time stamping*) en el lado del *IPM* tiene preferiblemente la misma frecuencia nominal que el reloj utilizado para el marcaje de tiempo en el lado del *IPG*. Sin embargo, se entenderá que se puede elegir otra frecuencia. Preferiblemente, la frecuencia común es lo suficientemente alta como para limitar el ruido de medición creado por el efecto de redondeo 50 del período de marcaje de tiempo. Se elige 65,356 MHz en el producto *ABIS* sobre *IP*, lo que representa un ruido de medición de un período de 15ns. Este período es muy pequeño en comparación con los otros efectos perturbadores de la red de paquetes. Generalmente, un rango adecuado de frecuencias puede ser de entre 1 y 500 MHz, más preferiblemente entre 10 y 100 MHz.



En una implementación, deberá incrementarse un contador de tiempo local cada ciclo de reloj. El valor actual de este contador de tiempo se utiliza para asignar una marca de tiempo a cada paquete de transmisión o de recepción. El contador de tiempo puede ser un contador de 64 bits. En ese caso, el contador de tiempo se desborda cada 8.925 años si la velocidad del reloj es de 65,356 MHz. Tales contadores de tiempo están disponibles comercialmente dentro de los circuitos integrados de microcontrolador. De manera adecuada, las marcas de tiempo dedicadas se utilizan y ubican en la interfaz *MAC* de las placas del *IPG* e *IPM*. Esto reduce el riesgo de que la transmisión dentro del controlador de la estación base, el transceptor de la estación base, el *IPG* o el *IPM*, conduzca a errores adicionales.

10 Se observa por motivos de compleción, que no se necesita ninguna relación de fase entre el *IPG* y varios contadores de tiempo del *IPM*. Esto significa que cada *IPM* está enfocado a bloquear su frecuencia local a la del *IPG*, pero no está enfocado a tener el mismo valor del contador que el del *IPG*.

15 Se observa, además, que para cada paquete de sincronización, el valor de la marca de tiempo del momento de emisión sólo está disponible para un procesador dentro del primer módulo de interfaz después de la transmisión del paquete de sincronización. A continuación, este valor se almacena y se inserta en el cuerpo del paquete de sincronización posterior.

#### *Algoritmo de cuatro etapas*

20

Un procesador en el *IPM* o el transceptor de la estación base responsable de realizar la sincronización, se denominará en lo sucesivo el secuenciador de sincronización. Cuando en lo sucesivo se haga referencia al *IPM* para almacenamiento y/o procesamiento, se entenderá que esto es meramente una realización, y que tales funciones también se podrían llevar a cabo en otra parte. Sin embargo, parece más adecuado hacer esto en el *IPM*, ya que el proceso de sincronización es una actividad distinta de las otras actividades del transceptor de la estación base y de la transmisión de datos desde el controlador de la estación base al transceptor de la estación base. Cuando el *IPM* se ejecuta en modo "sincronización por IP", el secuenciador de sincronización incluye, en una realización ventajosa de la invención, las siguientes etapas de procesamiento.

30 La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra el flujo.

Antes de una etapa efectiva, se lleva a cabo la inicialización. Esta inicialización se produce, por ejemplo, en un reinicio del *IPM* y en la detección de un intercambio (*swap*) del *IPG*. Con el fin de salir de esta fase de inicialización, se detecta la activación del flujo de paquetes de sincronización desde el *IPG*.

35

Una primera etapa se puede clasificar como "colección de valores de marca de tiempo de paquete". Se realiza en el *IPM* usando alguna respuesta procedente del *IPG*. Aquí, se construye en el *IPM* una tabla de paquetes de sincronización del enlace descendente durante un período determinado de observación. De forma adecuada, el período de observación dura unos pocos minutos, por ejemplo desde 21 a 344 segundos. En una realización, termina con la expiración de un temporizador local, con independencia del número real de paquetes recogidos. La tabla incluye varios parámetros para cada paquete de sincronización. Estos parámetros incluyen el primero de todos los valores de marca de tiempo de transmisión y recepción. Preferiblemente, también incluye un número de secuencia. Además, se incluye preferiblemente la validez. La validez de un paquete de sincronización puede ser actualizada durante un período de observación y/o al final de un período de observación. Por lo general, una entrada de un paquete de sincronización se considera válida si los valores de marca de tiempo de transmisión y recepción están disponibles y no están muy retardados. Por ejemplo, en una realización adecuada, una entrada de un paquete de sincronización se clasifica como no válido si es recibido después de la recepción de un paquete de sincronización con un número de secuencia más alto. Al final de esta etapa, el secuenciador de sincronización del *IPM* decide sobre la entrega de red. La entrega de red suele ser aceptable, si la colección de valores de marca de tiempo es exitosa. No es exitosa, si el número de paquetes inválidos es demasiado alto.

Una segunda etapa consiste en la estimación del error de temporización y nivel de confianza. El error de temporización es definido de forma adecuada estimando una desviación de la frecuencia del reloj local y un desfase de la base de tiempo entre el *IPM* y el *IPG*. Si la primera etapa no tuvo éxito, se fuerza que el índice de confianza sea nulo. Luego, la segunda etapa no se realiza en absoluto.

55

- En una tercera etapa, llamada "actualización de la máquina de estados de sincronización", se proporcionan actualizaciones. En una realización preferida, sólo se realiza si también se lleva a cabo la segunda etapa. En este documento, se aplican las actualizaciones de los contadores y el secuenciador de sincronización. Se puede aplicar una corrección apropiada de la frecuencia al oscilador del *IPM* basada en el resultado del proceso de estimación anterior. Estos resultados pueden incluir un nivel de confianza bajo, por ejemplo, un nivel de confianza por debajo de un umbral. En ese caso, no se aplicará ninguna corrección de la frecuencia. Se puede generar una alarma si ciertos parámetros están fuera de un rango predefinido.
- 10 En una cuarta etapa, se considera una compensación del envejecimiento. En una realización preferida, se lleva a cabo esta etapa sólo si se ha realizado la tercera etapa en el *IPM*. Esta etapa comprende
- calcular un promedio de la frecuencia a largo plazo, para tenerlo en cuenta cuando la memoria de envejecimiento se deba actualizar según se describe justo debajo. Esto se realiza introduciendo cada corrección de frecuencia válida, por ejemplo, en un filtro de paso bajo *IIR*, y
- 15 actualizar periódicamente (típicamente cada dos días) un valor de envejecimiento, denominado también en lo sucesivo como valor de *DAC*, en una memoria no volátil. Este contenido de la memoria se puede utilizar para acelerar mecanismos de convergencia utilizados en la inicialización.
- 20 A continuación, la primera etapa es iniciada de nuevo: se lanza un nuevo período de observación.
- Se observa para mayor claridad que se pueden aplicar variaciones a la secuencia de etapas anterior. Por ejemplo, la segunda etapa puede limitarse al cálculo de un nivel de confianza, mientras que la tercera etapa también incluye la estimación del error de temporización.
- 25 Además, la cuarta etapa podría llevarse a cabo a una frecuencia menor que las otras etapas.
- En una implementación, el flujo de paquetes de sincronización del enlace descendente se materializa de la siguiente manera: tan pronto como el *IPG* ha establecido conexión con un *IPM*, deberá generar el flujo de paquetes de sincronización del enlace descendente. Esto implica que comienza la transmisión de paquetes de sincronización, de manera adecuada periódicamente. Un período adecuado es del orden de 5 a 500 ms, preferiblemente de 10 a 50 ms, por ejemplo cada 21 ms. Se permite una fluctuación de fase en el período, la fluctuación de fase puede estar en el orden de algunos microsegundos, si el período es del orden de 10 a 50 ms. El *IPG* prepara repetidamente el paquete de sincronización del enlace descendente incluyendo dentro de su cuerpo la marca de tiempo de transmisión del paquete de sincronización anterior. Se proporcionará una instrucción al marcador de tiempo (*timestamper*) para que especifique una marca de tiempo. A partir de entonces, será enviado y recogerá la marca de tiempo procedente del marcador de tiempo (*timestamper*).
- 30 Al recibir un paquete de sincronización, el *IPM* deberá detectar el paquete y recoger su valor de marca de tiempo de recepción. Si bien dentro de un período de observación, el *IPM* deberá:
- al inicio del período de observación, identificar los primeros paquetes para iniciar un proceso de eliminación de desfase
- comprobar la validez del paquete. En esto, puede utilizar el tamaño, número de secuencia y sumas de comprobación (*checksums*) como parámetros
- 45 Se observa que si se pierde algún paquete de sincronización en la red *IP*, se perderán dos valores de marca de tiempo. Así, el paquete de sincronización perdido y el anterior al que se ha perdido (para el que no se obtiene una marca de tiempo de transmisión) serán declarados como perdidos.
- 50 En una implementación, se produce el agotamiento de un tiempo de espera en el lado del *IPM*, cuando el período de observación ha finalizado, independientemente del número real de paquetes de enlace descendente recibidos. De forma adecuada, el número de paquetes de sincronización esperados por período de observación está en el rango de 1024 a 16384. Como resultado, con un período por defecto de 21 ms, la duración del período de observación está en el rango de 21 a 344 segundos.
- 55

La Figura 2 muestra un gráfico en el que el tiempo del *IPG* se compara con el tiempo del *IPM*. Tanto el tiempo del *IPM* como el tiempo del *IPG* se indican en un eje vertical. Como se especifica, el tiempo del *IPM*  $T(IPM)$  se puede definir como  $a * T(IPG) + \text{desfase}$ . La primera flecha indica la transmisión de un primer paquete de sincronización  $T\_TX\_DL\_IPG(i)$  desde el *IPG* al *IPM*. Este paquete de sincronización incluye en su cuerpo la marca de tiempo del paquete anterior, es decir,  $T\_TX\_DL\_IPG(i-1)$ . Tras la recepción por parte del *IPM*, el *IPM* tiene por tanto la información de la marca de tiempo de transmisión  $T\_TX\_DL\_IPG(i-1)$ , y la marca de tiempo de recepción  $T\_RX\_DL\_IPM(i)$ . La segunda flecha indica la transmisión de un paquete de sincronización posterior. Esto trae al *IPM* la información de la marca de tiempo de transmisión  $T\_TX\_DL\_IPG(i)$ , y la marca de tiempo de recepción  $T\_RX\_DL\_IPM(i + 1)$ . Después de todo, el *IPM* obtiene con ello las marcas de tiempo,  $T\_TX\_DL\_IPG(i-1)$ ,  $T\_TX\_DL\_IPG(i)$ ,  $T\_RX\_DL\_IPM(i)$ , y  $T\_RX\_DL\_IPM(i + 1)$ .

El *IPM* se encarga entonces de calcular cuántos paquetes de sincronización se han recibido realmente desde el *IPG*. En la realización de transmisión periódica, el *IPM* puede derivar a partir de la duración del período de observación, cuántos paquetes de sincronización se pueden esperar. Si la red tiene una tasa demasiado alta de reducción de paquetes, entonces la cantidad de paquetes de sincronización será demasiado baja para proporcionar estimaciones precisas. Con respecto a esto, la entrega de red se calcula al final del período de Observación. Se pueden usar varias implementaciones en relación con esto. Se puede simplemente comparar el número de paquetes realmente recibidos con el número de paquetes esperado. Alternativamente, se puede contar el número de paquetes recibidos que, además, han sido clasificados como válidos.

Si el valor de los paquetes de sincronización recibidos con éxito está por debajo de un umbral aceptable, entonces la red se considera insegura y se interrumpe el algoritmo de corrección del reloj. En relación a esto, se fuerza que el nivel de confianza sea nulo en la segunda etapa. En la tercera etapa, no se aplica una corrección de la frecuencia, ni se realiza una actualización del Estado. Si está disponible, se puede actualizar un contador que refleja el deterioro de la red. En la cuarta etapa, no se actualiza el valor de envejecimiento.

Con el fin de reducir significativamente la cantidad del tamaño de memoria y los esfuerzos de cálculo, se puede tener en cuenta sólo un conjunto seleccionado de paquetes de sincronización. En una implementación, se utiliza el paquete más rápido de un grupo de paquetes de sincronización sucesivos. El grupo comprende típicamente entre 4 y 100 paquetes, más preferiblemente entre 8 y 64, más preferiblemente en el orden de 16 a 32. Los paquetes de sincronización sucesivos están adecuadamente identificados por su número de secuencia, independientemente de si se reciben o se pierden. La evaluación de cuál es el más rápido se realiza por comparación de la diferencia de tiempo entre el momento de recepción y el momento de transmisión para cada paquete. Será evidente que se pueden prever variaciones. Por ejemplo, se pueden definir grupos relativamente pequeños, y después aplicar una nueva selección. Dicho procedimiento permite utilizar más datos de períodos en los que aparentemente se ha producido una transmisión adecuada, por ejemplo rápida. Después de esta eliminación del desfase, los valores de marca de tiempo del *IPG* e *IPM* son escalados de forma adecuada dentro del *IPM* de tal manera que son valores en aumento partiendo de aproximadamente cero.

Como resultado de esto, el *IPM* crea una tabla de enlace descendente al final del período de observación, o incluso antes de esto. En esta realización, la tabla del enlace descendente tiene un número de entradas en el rango de 64 a 1024. Para cada entrada se menciona un número de secuencia del paquete más rápido seleccionado, así como la transmisión y recepción de marcas de tiempo del paquete seleccionado.

Con el fin de preparar la estimación del nivel de confianza, se implementa un sensor térmico cerca del oscilador del *IPM*. Este sensor térmico proporciona una estimación de la temperatura externa del oscilador con una resolución de por ejemplo 0,25 °C. Esta temperatura se monitorea de forma adecuada periódicamente durante el período de observación y se registrará la amplitud máxima dentro del período de observación. Como la variación térmica es un importante contribuyente a las variaciones del oscilador del *IPM*, esta medición se utiliza para correlacionar con otras mediciones de desviación del reloj.

Sólo si el período de observación se completa y se puede calificar como exitoso, se inicia la segunda etapa. Parámetros que indican éxito son la entrega de red, y de manera adecuada, la observación de que no se han detectado intercambios de actividad ni del *IPM* ni del *IPG* durante el período de observación.

El objetivo de esta segunda etapa se explicará con referencia a varios gráficos como se muestra en las Figuras 3 – 8. En cada gráfico, el tiempo del *IPM* se establece frente al tiempo del *IPG*.

5 La Figura 3 muestra una configuración perfecta. Dicho caso perfecto se puede considerar con las siguientes características: primero, la frecuencia de reloj local del *IPM* es igual a la del *IPG* en todo el período de observación ( $a = 1$ ,  $\alpha = 0$ ); en segundo lugar, el retardo de propagación de la red *IP* es constante para cada paquete y no se pierden paquetes. Como resultado de esto, todos los paquetes están en una línea recta (con la ecuación  $y = ax + b$ ), en la que  $a = 1$  y  $b = 0$ . La nube de paquetes representa una línea recta.

10

Las Figuras 4 – 8 muestran configuraciones de la vida real. Dicha configuración se puede considerar con las siguientes características: primero, la frecuencia de reloj local del *IPM* es diferente de la del *IPG* en todo el período de observación ( $a = 1 + \alpha$ , con  $\alpha < 0$ ), y el período de observación no es lo suficientemente corto de manera que este error se considera que es perfectamente constante en todo el período de observación. Además, la latencia de la

15 red *IP* no es constante para cada paquete y algunos paquetes se pierden. Pueden aparecer las siguientes degradaciones de la red: conmutadores y enrutadores añaden un retardo variable de cola y de serialización; la congestión del tráfico añade una variación del retardo de paquetes; las rutas de tráfico por la red tienen un retardo de propagación mínimo "ideal" constante, pero las rutas pueden cambiar y añadir más o menos retardo de propagación (se supone que esto son eventos raros en redes de clase portadora (*carrier-grade networks*)); varios

20 medios de capa física (cobre, fibra, aire) pueden añadir un retardo variable.

La Figura 4 muestra un diagrama de temporización de paquetes para este caso realista no perfecto. El objetivo del algoritmo de estimación es identificar la línea recta  $y = ax + b$  optimizada. La línea se elige como la línea más próxima bajo la nube de puntos,  $a$  es la estimación de la desviación de la frecuencia de reloj del *IPM*,  $b$  es la suma de un desfase y el tiempo mínimo de propagación del enlace descendente. En realidad,  $b$  es ligeramente negativo, y solamente cero, si el primer paquete está en contacto con la línea recta del enlace descendente.  $a$  representa la estimación del ratio de reloj del *IPM* con respecto al *IPG*. La desviación de la frecuencia  $\alpha$  es  $a - 1$ .

25

La forma de evitar la aplicación de correcciones erróneas en las circunstancias más desafiantes es calcular una tasa de confianza en los datos que han pasado por el período de observación: este valor es clasificado de forma adecuada desde el máximo (100%) al mínimo (0%). Después del cálculo de las estimaciones de la línea recta, se mide la distancia entre la línea recta y la nube de paquetes más rápidos seleccionados en todo el período de observación para calcular el nivel de confianza  $c$ . Este nivel de confianza  $c$  es tenido en cuenta por la tercera etapa del algoritmo, para calcular y aplicar una corrección de la frecuencia local del *IPM*.

35

Con el fin de evaluar el nivel de confianza, se muestran varias configuraciones de peor caso en las figuras 5 – 8. Se puede esperar que las configuraciones de peor caso desafíen seriamente el rendimiento del algoritmo de frecuencia.

La Figura 5 muestra los resultados siguientes procedentes de una red con una alta tasa de congestión. Entonces muy pocos paquetes están cerca de su retardo mínimo de propagación.

40

La Figura 6 muestra los resultados siguientes una red que tiene una rampa de tráfico lento. En este documento, las curvas esperadas están impactadas por al menos dos fenómenos. Si la carga de tráfico *GSM* es fluctuante, entonces la tasa de compresión evolucionará y, en consecuencia, el tamaño del paquete asociado. Sin embargo, los paquetes en sincronización están dentro de un flujo separado de paquetes con paquetes de tamaño fijo, por lo que el impacto será insignificante. Si se modula el tráfico general de la red, entonces la tasa de congestión y retardo mínimo de paquetes podrían ser significativamente diferentes desde el principio del período de observación hasta el final del mismo, en particular si el flujo de paquetes de sincronización no tiene asignada la máxima prioridad.

45

La Figura 7 muestra los resultados después de un cambio de ruta de red que se produce con el período de observación. En este caso, las curvas son totalmente diferentes y representan algunas discontinuidades. Los cambios de ruta se caracterizan por paquetes perdidos durante el cambio de ruta y un nuevo valor mínimo de la propagación del retardo de paquetes en la nueva ruta.

50

La Figura 8 muestra el resultado de una evolución térmica rápida en el lado del *IPM* con un impacto de frecuencia en la frecuencia del oscilador local. Como resultado, las curvas son ligeramente diferentes y representan alguna no linealidad.

5 Frente a los escenarios anteriores de peor configuración, el comportamiento esperado del algoritmo de recuperación del reloj es:

1. Detectar variaciones térmicas cercanas al oscilador del *IPM* con un sensor térmico dedicado
2. Calcular la línea recta para que se ajuste lo mejor posible a los paquetes más rápidos.
- 10 3. Como resultado de la degradación de la red y/o de las variaciones térmicas del reloj del *IPM*, la línea recta no se ajustará perfectamente a la nube de paquetes
4. En este caso, se degradará el nivel de confianza
5. La corrección de la frecuencia de reloj del *IPM* será limitada o nula, ya que la confianza es mayor en las características del reloj local del *IPM* que en la de la red.

15

En resumen, la invención se refiere a un procedimiento de sincronización de una frecuencia de referencia de un segundo dispositivo de red, en particular un transceptor de estación base, a la frecuencia de referencia de un primer dispositivo de red, en particular un controlador de la estación base, que comprende una secuencia de etapas, en el que los paquetes de sincronización son transmitidos y provistos de una marca de tiempo de transmisión y una marca de tiempo de recepción. Se evalúa una entrega de red cuando finaliza un período de observación. Si es lo suficientemente alta, se establece un nivel de confianza de los paquetes de sincronización recibidos. Sólo si el nivel de confianza está por encima de un umbral, se aplica una corrección a la frecuencia de referencia del oscilador del transceptor de la estación base. La invención se refiere además a un sistema de estación base con un transceptor de estación base y un controlador de estación base que están acoplados entre sí sobre una red IP, y cada uno

20

25 provisto de un oscilador que tiene una frecuencia de referencia. La invención se refiere además a un transceptor de estación base dentro de dicho sistema.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de sincronización de una frecuencia de referencia de un oscilador de un segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*) a la frecuencia de referencia de un oscilador de un primer dispositivo de red (*BSC, IPG*), comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- asignar una marca de tiempo del momento de transmisión a un paquete de sincronización para su transmisión por parte del primer dispositivo de red (*BSC, IPG*) al segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*),
- 10 transmitir el paquete al segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*);
- al recibir el paquete por parte del segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*), asignar una marca de tiempo del momento de recepción,
- almacenar la marca de tiempo del momento de recepción y una marca de tiempo recibida del momento de transmisión en el segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*);
- 15 repetir dicha transmisión de paquetes de sincronización, dicha aplicación de marcas de tiempo del momento de recepción dentro de un período de observación, y dicho almacenamiento de marcas de tiempo en el segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*); **caracterizado por** las etapas de:
- al finalizar el período de observación, evaluar una entrega de red en base a unas diferencias de tiempo entre la
- 20 marca de tiempo de recepción y la correspondiente marca de tiempo de transmisión,
- estimar un error de temporización y un nivel de confianza de los paquetes de sincronización recibidos cuando la entrega de red se considera aceptable,
- aplicar cualquier corrección a una frecuencia del oscilador del segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*) en base al error de temporización cuando el nivel de confianza está por encima de un umbral.
- 25
2. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de red (*BSC, IPG*) es un controlador de estación base (*BSC*) y el segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*) es un transceptor de la estación base (*BTS*).
- 30 3. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 2, en el que el controlador de la estación base (*BSC*) y el transceptor de la estación base (*BTS*) están provistos de un primer y un segundo módulo de interfaz (*IPG, IPM*) respectivamente para permitir la transmisión y la recepción sobre la red *IP*, cada uno de dichos módulos de interfaz está provisto de un contador de tiempo, usándose un valor actual del contador de tiempo para la asignación de las marcas de tiempo.
- 35
4. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1, 2 ó 3, en el que los osciladores del primer y del segundo dispositivo de red (*BSC, IPG, BTS, IPM*) tienen una frecuencia nominal que es igual.
5. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 3, en el que la frecuencia nominal es lo suficientemente
- 40 alta como para limitar el ruido de medición creado por un efecto de redondeo de un período de marcaje de tiempo.
6. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los paquetes de sincronización son transmitidos periódicamente.
- 45 7. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la marca de tiempo de transmisión se almacena en el primer dispositivo de red (*BSC, IPG*) para su inserción en un cuerpo de un paquete de sincronización posterior y luego transmitirlo con el paquete de sincronización posterior.
8. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que hay un número
- 50 de secuencia en el cuerpo de un paquete de sincronización, el cual también es almacenado en el segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*) y usado en la estimación del tiempo de entrega y/o del nivel de confianza.
9. El procedimiento según se reivindica en las reivindicación 1 u 8, en el que la evaluación de la entrega de red comprende las etapas de:

- evaluar un tiempo de entrega como la diferencia de tiempo entre la marca de tiempo de recepción y una correspondiente marca de tiempo de transmisión;
- calificar un paquete de sincronización como inválido, si el tiempo de entrega está por encima de un umbral o no se puede determinar debido a una marca de tiempo perdida,
- 5 determinar cuántos paquetes de sincronización son inválidos;
10. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 9, en el que una transmisión de un paquete de sincronización se considera válida si se recibe de acuerdo con su número de secuencia.
- 10 11. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1, en el que la especificación del nivel de confianza comprende las etapas de:
- detectar variaciones térmicas cerca del oscilador del segundo dispositivo de red (*BTS, IPM*) con un sensor térmico;
- 15 determinar una desviación de la frecuencia en base a dichas variaciones térmicas;
- comparar las marcas de tiempo de al menos algunos de los paquetes de sincronización con dicha desviación de la frecuencia;
- si las marcas de tiempo no se ajustan con la desviación de la frecuencia, bajar el nivel de confianza.
- 20 12. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 1, en el que el error de temporización es proporcionado estimando un desfase (*offset*) de la base de tiempo entre el primer dispositivo de red (*BSC, IPG*) y el segundo dispositivo de red (*BSC, IPM*), y una desviación (*skew*) de la frecuencia de reloj local.
13. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 11 ó 12, en el que la evaluación de las marcas de tiempo se realiza sólo para un número seleccionado de paquetes de sincronización, realizándose una selección de paquetes de sincronización eligiendo un paquete de sincronización de entre un grupo de paquetes de sincronización sucesivos.
- 25 14. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 13, en el que se elige el paquete de sincronización que es el más rápido dentro del grupo.
- 30 15. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una secuencia de compensación de envejecimiento que comprende:
- 35 calcular un promedio de la frecuencia a largo plazo introduciendo cada corrección de frecuencia válida en un filtro de paso bajo, y
- actualizar periódicamente un valor de envejecimiento en una memoria no volátil
- si el valor de envejecimiento se aproxima a un valor extremo de un rango predefinido, se emite un mensaje de alarma.
- 40 16. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los paquetes de sincronización tienen un tamaño constante.
17. El procedimiento según se reivindica en la reivindicación 3, en el que la asignación de marcas de tiempo es realizada por marcas de tiempo hardware que se encuentran en una interfaz *MAC* dentro del primer y segundo módulos de interfaz (*IPG, IPM*).
- 45 18. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se aplica un proceso adicional de marcaje de tiempo mediante la transmisión de paquetes de sincronización desde el segundo dispositivo de red (*BTS, IPG*) al primer dispositivo de red (*BSC, IPM*), usándose los resultados del proceso adicional de marcaje de tiempo al estimar el nivel de confianza y el error de temporización.
- 50 19. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los paquetes de sincronización son transmitidos a través de un protocolo de seguridad *IP (IPSEC)*.
- 55

20. El procedimiento según se reivindica en cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el segundo dispositivo de red (*BTS*, *IPG*) actúa como un reloj master con respecto a al menos un dispositivo de red adicional, preferiblemente un transceptor de la estación base (*BTS*), siendo un reloj de dicho dispositivo de red adicional actualizado por sustitución por el reloj master.

5

21. Un sistema de estación base que comprende un primer y un segundo dispositivo de red (*BSC*, *IPG*, *BTS*, *IPM*) que están acoplados entre sí a través de una red *IP*, estando cada uno de dicho primer y segundo dispositivo de red (*BSC*, *IPG*, *BTS*, *IPM*) provisto de un oscilador que tiene una frecuencia de referencia,

10 en el que el primer dispositivo de red (*BSC*, *IPG*) comprende un marcador de tiempo (*timestamper*) para la asignación de una marca de tiempo a un paquete de sincronización en un momento de transmisión, y una memoria para el almacenamiento de dicha marca de tiempo antes de su inserción en un cuerpo de un paquete de sincronización posterior,

15 en el que el segundo dispositivo de red (*BTS*, *IPM*) comprende un marcador de tiempo (*timestamper*) para la asignación de una marca de tiempo a un paquete de sincronización en un momento de recepción, y comprende además una memoria para el almacenamiento de dichas marcas de tiempo del momento de transmisión y del momento de recepción para una pluralidad de paquetes de sincronización dentro de un período de observación,

**caracterizado porque** el segundo dispositivo de red (*BTS*, *IPM*) comprende además un procesador adaptado para: evaluar una entrega de red al final de un período de observación en base a unas diferencias de tiempo entre la marca de tiempo de recepción y la correspondiente marca de tiempo de transmisión,

20 estimar un error de temporización y un nivel de confianza de los paquetes de sincronización recibidos cuando la entrega de red se considera aceptable, y

aplicar cualquier corrección a la frecuencia de referencia del oscilador del segundo dispositivo de red (*BTS*, *IPM*) en base al error de temporización cuando el nivel de confianza está por encima de un umbral.

25 22. El sistema de estación base según se reivindica en la reivindicación 21, en el que el primer dispositivo de red (*BSC*, *IPG*) es un controlador de estación base (*BSC*) y el segundo dispositivo de red (*BTS*, *IPM*) es un transceptor de la estación base (*BTS*), estando cada uno de dichos controlador de estación base (*BSC*) y transceptor de la estación base (*BTS*) provistos de un módulo de interfaz (*IPG*, *IPM*) que comprende dicho marcador de tiempo.

30 23. Un transceptor de estación base (*BTS*) acoplado a y/o diseñado para su acoplamiento a un controlador de la estación base (*BSC*) a través de una red *IP*, y que comprende:

- un oscilador provisto de una frecuencia de referencia;

- un transceptor para la transmisión y recepción de paquetes desde y hacia el controlador de la estación base (*BSC*)

35 a través de la red *IP*;

- un marcador de tiempo (*timestamper*) para la asignación de una marca de tiempo del momento de recepción a un paquete de sincronización recibido desde el controlador de la estación base (*BSC*) a través de la red *IP*;

- una memoria para el almacenamiento de dichas marcas de tiempo de recepción y marcas de tiempo de transmisión recibidas desde el controlador de la estación base (*BSC*) en los cuerpos de una pluralidad de paquetes de

40 sincronización recibidos dentro de un período de observación; **caracterizado por**

- un procesador adaptado para evaluar una entrega de red al final de un período de observación en base a unas diferencias de tiempo entre la marca de tiempo de recepción y la correspondiente marca de tiempo de transmisión; para estimar un error de temporización y un nivel de confianza de los paquetes de sincronización recibidos cuando se considera que la entrega de red es aceptable; y para aplicar cualquier corrección a la frecuencia de referencia del

45 oscilador en base al error de temporización cuando el nivel de confianza está por encima de un umbral.

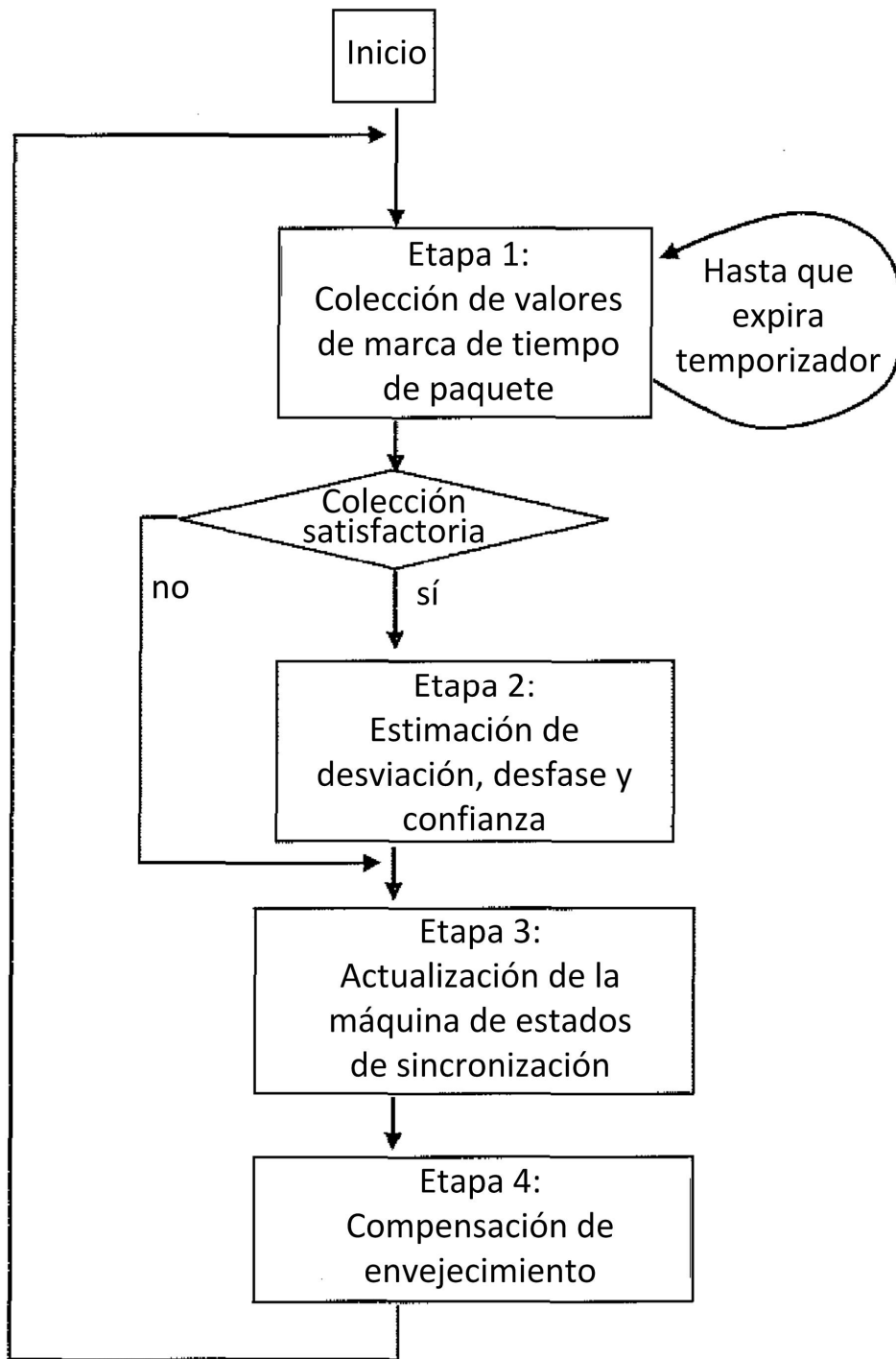
24. El transceptor de estación base según se reivindica en la reivindicación 23, que comprende además un sensor térmico situado cerca del oscilador para detectar variaciones térmicas en el oscilador, siendo los datos de detección del sensor térmico usados por el procesador para evaluar el nivel de confianza.

50

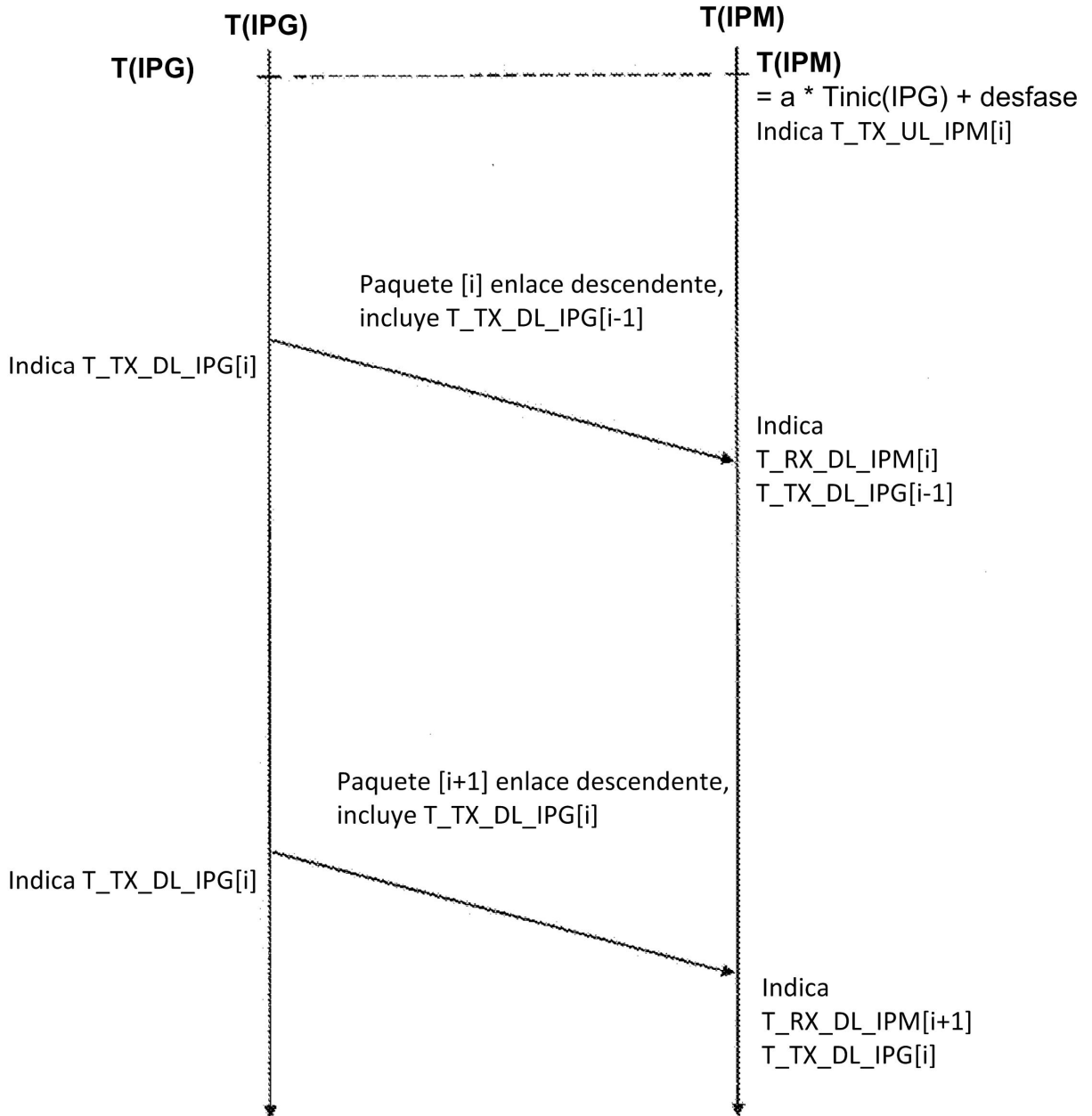
25. El transceptor de estación base según se reivindica en la reivindicación 23, en el que dicho marcador de tiempo (*timestamper*) está dispuesto además para asignar una marca de tiempo del momento de transmisión a un paquete de sincronización de respuesta (*reverse synchronisation packet*) para su envío al controlador de la estación base (*BSC*), siendo los valores de marca de tiempo relativos a los paquetes de sincronización de respuesta almacenados

55 en la memoria y usados para la evaluación de la entrega de red, el error de temporización y/o el nivel de confianza.

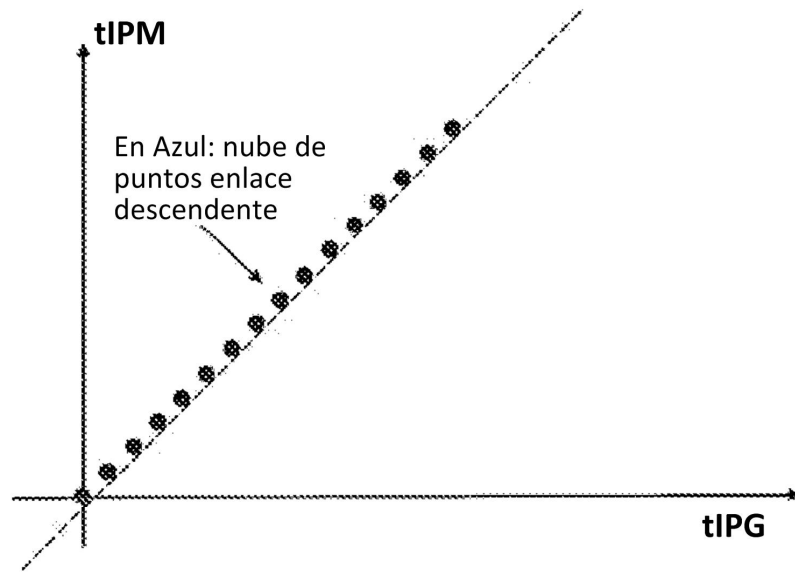




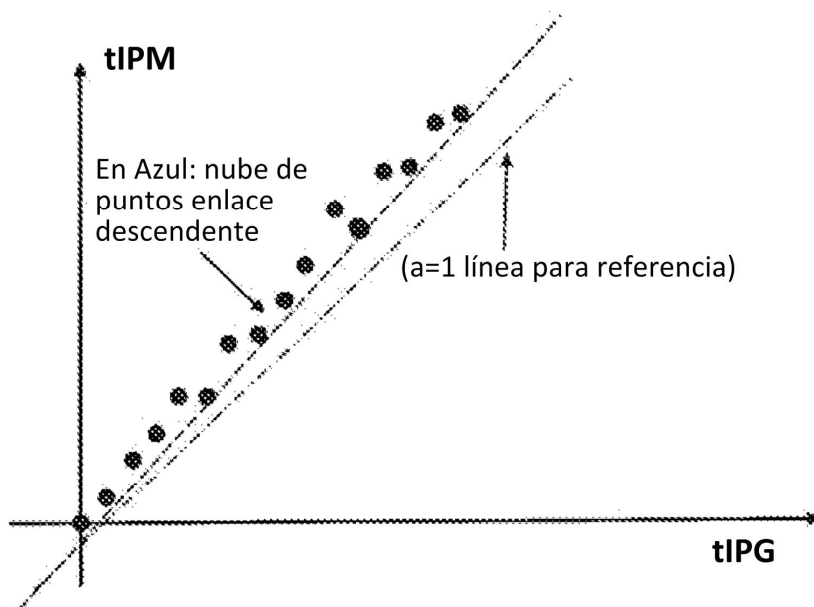
**Fig. 1**



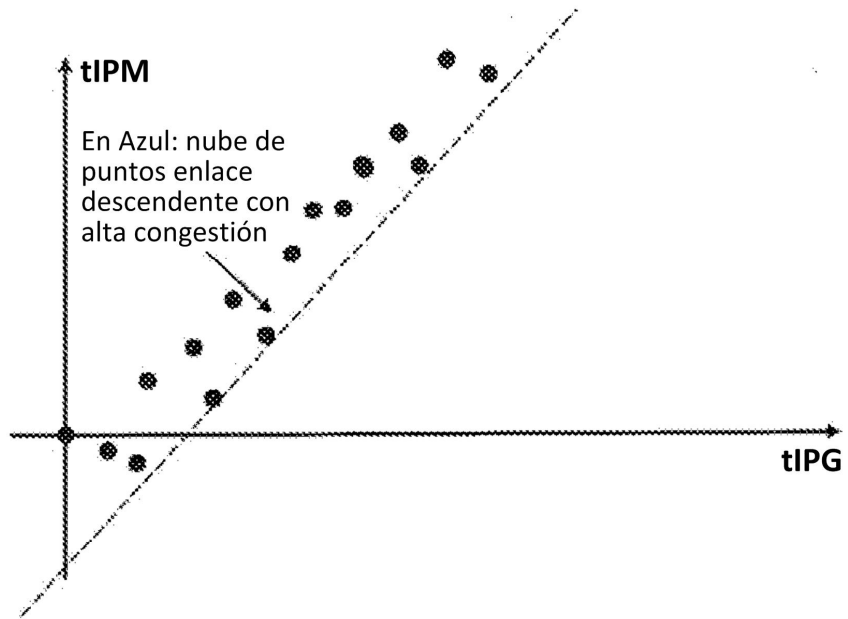
**Fig. 2**



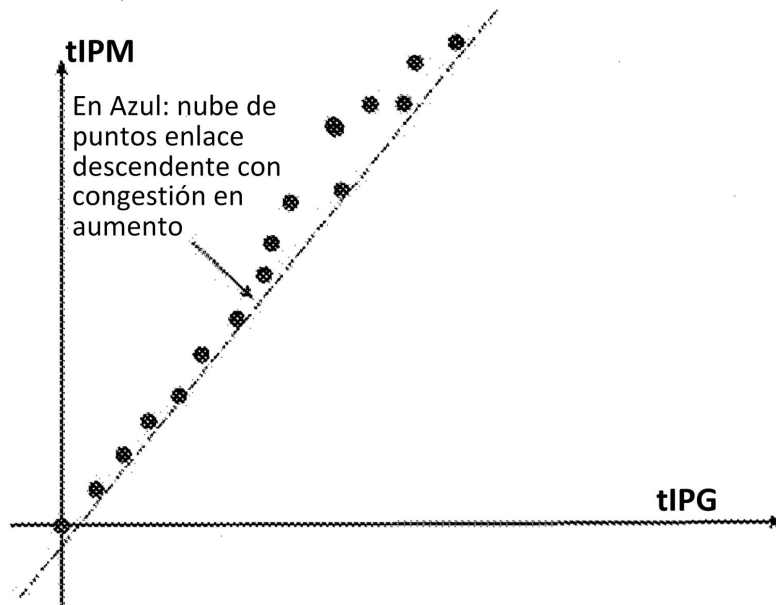
**Fig 3**



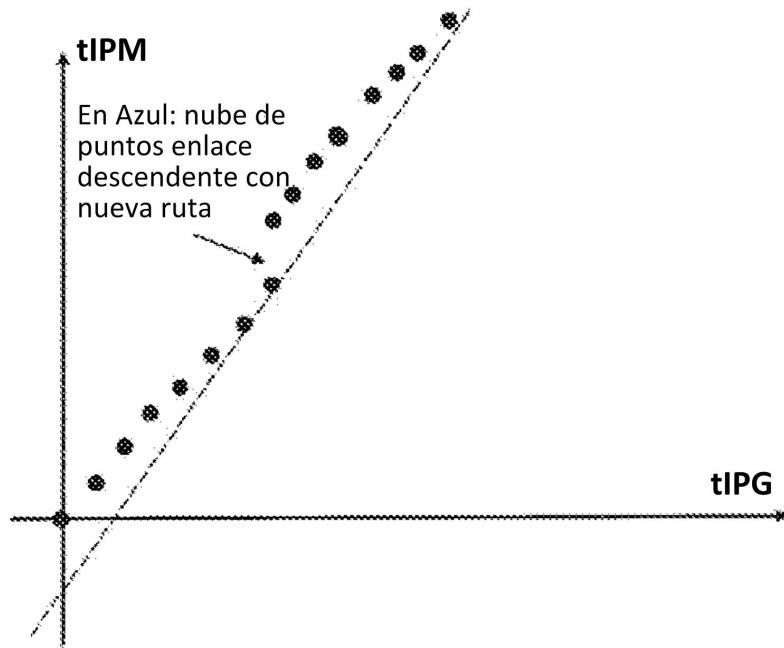
**Fig. 4**



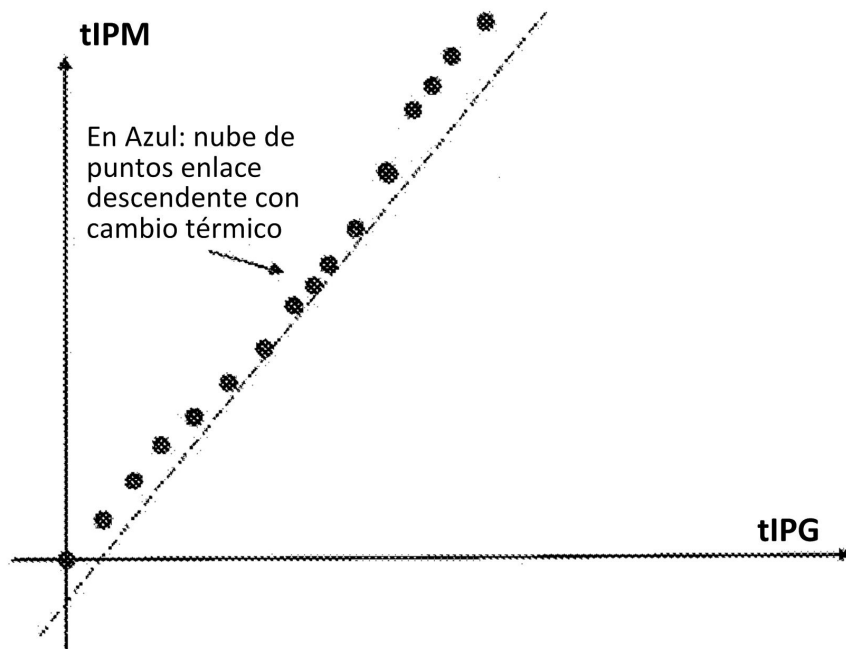
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

*Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden 5 excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

**Documentos de patente citados en la descripción**

10 • EP 1427121 A1