

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 437 665**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04J 3/06** (2006.01)

**H04M 11/06** (2006.01)

**H04L 7/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2009 E 09838135 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.09.2013 EP 2387190**

54 Título: **Método, equipo y sistema para la sincronización de tiempo en xDSL**

30 Prioridad:

**16.01.2009 CN 200910105103**

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

**13.01.2014**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD (100.0%)  
Intellectual Property Department, B1-3A, Bantian,  
Longgang District  
Shenzhen, Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**XU, GUIJIN;  
LONG, GUOZHU;  
XIAO, RUIJIE;  
ZHAO, ZHILEI;  
WU, XUYONG y  
JIA, YUCHEN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 437 665 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**

Método, equipo y sistema para la sincronización de tiempo en xDSL

**Campo de la invención**

5 La presente invención está relacionada con el campo de las comunicaciones y, más en particular, con un método, un equipo y un sistema para la sincronización de tiempo de una Línea Digital de Abonado (DSL).

**Antecedentes de la invención**

10 El número de Femtoceldas está aumentando para satisfacer las necesidades consecuencia de la aparición de la comunicación móvil de 3ª generación (3G) y otras tecnologías avanzadas de comunicaciones móviles digitales. En la Femtocelda es necesaria una sincronización de tiempo con una gran precisión. En general, en un terminal de red se incluye un módulo de recuperación de reloj. De este modo, se puede proporcionar fácilmente para la Femtocelda la sincronización de reloj (esto es la sincronización de frecuencias). Sin embargo, es muy difícil proporcionar la sincronización de tiempo. Es necesario resolver algunas cuestiones técnicas. La FIG. 1 es un diagrama esquemático que muestra un esquema para conseguir la sincronización de tiempo con precisión propuesta en la técnica. Supóngase que Offset es un desfase entre un reloj esclavo y un reloj maestro, Delay1 es un retardo de propagación desde el reloj maestro al reloj esclavo y Delay2 es un retardo de propagación desde el reloj esclavo al reloj maestro. En este caso, a partir de la FIG. 1 se puede deducir que:

$$Ts0 = Tm1 + \text{Offset} +$$

$$Ts1 - Ts0 = \text{Delay1}$$

por lo tanto,  $\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1}$

20 de forma equivalente,  $Tm2 = Ts2 - \text{Offset} + \text{Delay2}$

de modo que,  $\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay2}$

Si el retardo desde el reloj maestro al reloj esclavo es igual al retardo desde el reloj esclavo al reloj maestro, esto es,  $\text{Delay1} = \text{Delay2}$ , entonces

$$\text{Offset} = (Ts1 + Ts2 - Tm1 - Tm2)/2 \quad (1)$$

25 De este modo, se obtiene el desfase entre el reloj esclavo y el reloj maestro de forma que el reloj esclavo se puede sincronizar con precisión con respecto al reloj maestro.

30 Sin embargo, en el caso de que un dispositivo de la Línea xDigital de Abonado (xDSL) funcione como concentrador móvil, el Maestro se corresponde con un equipo de la central de conmutación (CO), y el Esclavo se corresponde con un Equipo en las Instalaciones del Cliente (CPE). El canal entre el equipo CO y el CPE es complicado, y pasa a través de un circuito analógico del equipo CO, un cable, un circuito analógico del CPE y también circuitos de procesamiento de señal digital en el equipo CO y en el CPE. Como resultado, el retardo del enlace descendente desde el equipo CO al CPE puede no ser necesariamente el mismo que un retardo del enlace ascendente desde el CPE al equipo CO; esto es, en general,  $\text{Delay1} \neq \text{Delay2}$ . De acuerdo con algunos resultados empíricos, la diferencia entre  $\text{Delay1}$  y  $\text{Delay2}$  es mayor de  $1\mu\text{s}$ . Por lo tanto, el desfase entre el reloj de la CO y el reloj del CPE no se puede obtener directamente a partir de la fórmula (1).

35 Tal como se muestra en la FIG. 2, un retardo del enlace descendente incluye un retardo  $\Delta t1$  de un circuito 70 de transmisión digital de la CO, un retardo  $\Delta t2$  de un circuito 203 de transmisión analógica de la CO, un retardo  $\Delta t3$  del enlace descendente de un par trenzado 90, un retardo  $\Delta t2'$  de un circuito 205 de recepción analógico del CPE, y un retardo  $\Delta t1'$  de un circuito 80 de recepción digital del CPE; y un retardo del enlace ascendente incluye un retardo  $\Delta t4$  de un circuito 75 de recepción digital de la CO, un retardo  $\Delta t5$  de un circuito 2005 de recepción analógico de la CO, un retardo  $\Delta t6$  del enlace ascendente de un par trenzado 90, un retardo  $\Delta t5'$  de un circuito 2003 de transmisión analógico del CPE, y un retardo  $\Delta t4'$  de un circuito 85 de transmisión digital del CPE. En general,  $\text{Delay1} = \Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2' + \Delta t1' \neq \text{Delay2} = \Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5' + \Delta t4'$ , y la diferencia entre los dos retardos es, en general, mayor de  $1\mu\text{s}$ .

45 Un receptor de xDSL detecta un límite de trama e implementa la sincronización de tramas durante la inicialización. En casos reales puede existir un pequeño error con el algoritmo de sincronización, y la precisión de la sincronización se encuentra limitada por la tasa de muestreo y el error de la sincronización de tramas puede afectar la precisión de la sincronización de tiempo. Si un transmisor registra el comienzo de una trama especificada como una marca de tiempo  $Tm1$  (en el lado de la CO) o una marca de tiempo  $Ts2$  (en el lado del CPE), se introduce un error cuando un receptor registra la marca de tiempo  $Ts1$  (en el lado del CPE) o una marca de tiempo  $Tm2$  utilizando un algoritmo

para la sincronización de tramas. Debido al error de sincronización de tramas, será muy grande el error introducido por el registro del  $Ts1$  en el lado del CPE o el  $Tm2$  en el lado de la CO. En particular, el error será incluso mayor cuando la CO registra el  $Tm2$  en la dirección del flujo ascendente con una baja tasa de muestreo.

5 El Delay1 también se puede obtener directamente midiendo un retardo del canal del enlace descendente. De este modo, se puede obtener directamente un desfase entre la CO y el CPE, esto es,  $Offset = Ts1 - Tm1 - Delay1$ . Sin embargo, en la actualidad, la medida del retardo del canal de xDSL (especialmente el par trenzado) no es lo suficientemente precisa, en particular cuando la longitud del bucle es demasiado grande, existe mucho ruido en el bucle o existen empalmes en el bucle.

10 La publicación de Sungwon Lee "An Enhanced IEEE 1588 Time Synchronization Algorithm for Asymmetric Communication (Un algoritmo mejorado de Sincronización de Tiempo 1588 del IEEE)" en IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 12, NÚM. del 9 septiembre 2008, páginas 687-699, divulga un algoritmo de sincronización mejorado para calcular la proporción asimétrica de un enlace de comunicación xDSL, y el algoritmo mejora la precisión de la sincronización de tiempo.

### Resumen de la invención

15 Un objeto de la presente invención es obtener con precisión un retardo de un canal, para conseguir que el equipo de la CO y el CPE lean correctamente el tiempo de reloj, para conseguir la sincronización de tiempo entre el CPE y el equipo de la CO mediante el cálculo de un desfase entre el reloj del CPE y el reloj del equipo de la CO.

La invención se define en las reivindicaciones.

20 De acuerdo con la presente invención, se puede resolver el problema de un límite de trama mal definido cuando se recupera el límite de trama utilizando un algoritmo del terminal de recepción; se puede calcular un error de sincronización entre un terminal de recepción y un terminal de transmisión de acuerdo con un símbolo específico transmitido por el terminal de transmisión, y a continuación, de acuerdo con el error de sincronización, se puede corregir un error de la marca de tiempo provocado por el límite de trama mal definido. Al mismo tiempo, se puede obtener un desfase entre un reloj del CPE y un reloj del equipo de la CO mediante el cálculo de un retardo de un canal de forma que en función del desfase se puede conseguir con precisión la sincronización entre el reloj del CPE y el reloj del equipo de la CO.

### Breve descripción de los dibujos

La FIG. 1 es un diagrama esquemático que ilustra el principio de sincronización de tiempo definido en el IEEE 1588v2;

30 la FIG. 2 es un diagrama esquemático de un retardo de propagación del flujo descendente y un retardo de propagación del flujo ascendente;

la FIG. 3 es un diagrama de flujo de un método de sincronización de acuerdo con un primer modo de realización de la presente invención;

35 la FIG. 4 es un diagrama esquemático que identifica los elementos que constituyen un retardo de propagación del flujo descendente;

la FIG. 5 es un diagrama esquemático que identifica los elementos que constituyen un retardo de propagación del flujo ascendente;

la FIG. 6 es un diagrama de flujo de un método de sincronización de acuerdo con un segundo modo de realización de la presente invención;

40 la FIG. 7 es un diagrama esquemático de un sistema de acuerdo con la presente invención; y

la FIG. 8 es un diagrama esquemático de un equipo de acuerdo con la presente invención.

### Descripción detallada de los modos de realización

De aquí en adelante se describe claramente la presente invención haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

45 Un primer modo de realización de la presente invención proporciona un método para sincronización de tiempo de xDSL. El método incluye los siguientes pasos:

transmitir, por parte de un primer equipo, un primer símbolo a un segundo equipo, y obtener el tiempo  $Ts2$  que indica el momento en el que se transmite el primer símbolo;

recibir, por parte del primer equipo, un segundo símbolo transmitido por el segundo equipo, y obtener el tiempo  $Ts1$

que indica el momento en el que se recibe el segundo símbolo;

obtener, por parte del primer equipo, el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en el que se recibe el primer símbolo por parte del segundo equipo y el tiempo  $T_{m1}$  que indica el momento en el que se transmite el segundo símbolo por parte del segundo equipo;

- 5 calcular, por parte del primer equipo, un desfase entre un reloj del primer equipo y un reloj del segundo equipo en función de  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$ ,  $T_{m2}$  y un retardo del primer equipo; y

- ajustar, por parte del primer equipo, el reloj del primer equipo en función del desfase para conseguir la sincronización. En los siguientes modos de realización, se considera el primer equipo como un CPE y se considera el segundo equipo como una CO; sin embargo, aquellos experimentados en la técnica pueden entender que el primer equipo también puede ser una CO y el segundo equipo también puede ser un CPE.
- 10

Cuando un retardo del enlace ascendente no es igual a un retardo del enlace descendente, el desfase entre el reloj del CPE y el reloj de la CO se obtiene utilizando cierta relación matemática existente entre el retardo  $\text{Delay}_1$  de propagación del flujo descendente y el retardo  $\text{Delay}_2$  de propagación del flujo ascendente de modo que el CPE (o la CO) puede ajustar el reloj local en función de este desfase.

- 15 El método para sincronización de tiempo de acuerdo con el primer modo de realización funciona de forma que el CPE transmite primero un símbolo de sincronización y, a continuación, la CO transmite un símbolo de sincronización, cuyo proceso específico se muestra en la FIG. 3.

En el paso 10, el CPE transmite el primer símbolo, y obtiene el tiempo  $T_{s2}$  que indica el momento en el que se transmite el primer símbolo.

- 20 En xDSL se utiliza un esquema de modulación multiportadora discreta (DMT) de forma que en una trama DMT se transmite una señal. En este caso la sincronización de tiempo en xDSL también se consigue en tramas DMT. Por lo tanto, el primer símbolo transmitido por el CPE puede ser una trama DMT, y la trama específica a elegir se puede determinar mediante negociación entre el CPE y la CO.

- 25 Durante la inicialización, el CPE transmite el primer símbolo. Cuando se graba en una memoria intermedia una posición determinada del primer símbolo o un módulo D/A lo lee desde la memoria intermedia, el CPE registra el tiempo  $T_{s2}$  correspondiente de su reloj local.

Mediante negociación entre la CO y el CPE también se determina un punto concreto en el que se activa el registro de la marca de tiempo. Se puede utilizar cualquier posición del primer símbolo. En los siguientes modos de realización, se toma como un ejemplo una posición de comienzo del primer símbolo.

- 30 En el paso 20, la CO recibe el primer símbolo transmitido por el CPE, y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en el que se ha recibido el primer símbolo.

- La CO recibe el primer símbolo transmitido por el CPE. Cuando la CO graba en la memoria intermedia una muestra en la posición de comienzo del primer símbolo o un módulo A/D lee desde la memoria intermedia la muestra en la posición de comienzo del primer símbolo, la CO registra el tiempo  $T_{m2}'$  correspondiente de su reloj local (esto es, se inicia una acción para obtener una marca de tiempo). Debido a que la CO obtiene un límite de trama calculando con un algoritmo determinado, cuando se calcula la posición de comienzo con el algoritmo se puede introducir un error. En este caso, la CO tiene que corregir el tiempo  $T_{m2}'$ .
- 35

- De acuerdo con una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación de una señal sinusoidal (o una señal cosinusoidal) del primer símbolo, la CO corrige el tiempo  $T_{m2}'$  para obtener un tiempo  $T_{m2}$  en donde el tiempo  $T_{m2}$  es el instante de tiempo que indica el momento en el que la CO debería recibir el punto de comprobación. El punto de recepción es un punto de la señal en el que la CO recibe el primer símbolo inicialmente, y el punto de comprobación es un punto de la señal en el que el CPE transmite el primer símbolo inicialmente.
- 40

Cuando la CO corrige el tiempo  $T_{m2}'$  de acuerdo con una señal sinusoidal en el primer símbolo:

- 45 se fija una fase de un punto correspondiente de la señal sinusoidal (por ejemplo,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  o cualquier otro ángulo) cuando el CPE inicia una acción para obtener la marca de tiempo de modo que se puede tomar este punto como un punto de comprobación y la fase del punto de comprobación se obtiene cuando la CO corrige el tiempo  $T_{m2}'$ . En los siguientes modos de realización se toma  $0^\circ$  como ejemplo.

- La CO obtiene una posición de la señal sinusoidal en la que la CO inicia la obtención de una marca de tiempo, en donde la posición es un punto de recepción en el que la CO recibe el primer símbolo, y calcula el tiempo que debe transcurrir desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación. A continuación, en función del tiempo, la CO ajusta el tiempo  $T_{m2}'$  al tiempo  $T_{m2}$ .
- 50

La CO también puede realizar la corrección utilizando una pluralidad de señales sinusoidales en el símbolo. Cuando el CPE graba en la memoria intermedia la muestra en la posición de comienzo del primer símbolo o se lee de la memoria intermedia la muestra en la posición de comienzo del primer símbolo, cada una de las señales sinusoidales en el primer símbolo se encuentra exactamente en un punto específico. La CO toma estos puntos como puntos de comprobación y determina las fases respectivas de los puntos de comprobación en las señales sinusoidales cuando el CPE toma las marcas de tiempo. Por ejemplo, un punto de comprobación en una de las señales sinusoidales se encuentra a 0°, un punto de comprobación se encuentra a 90°, un punto de comprobación se encuentra a 45°, y así sucesivamente.

Después de recibir el primer símbolo, la CO obtiene un punto de recepción correspondiente para cada una de las señales sinusoidales y obtiene la fase del punto de recepción. A continuación, la CO calcula el tiempo que transcurre desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación. El tiempo es un desfase de una marca de tiempo que obtiene la CO para cada una de las señales sinusoidales. Las fases de estas señales sinusoidales se pueden obtener mediante la transformada rápida de Fourier (FFT) en el sistema DMT. Para mejorar la precisión de la estimación y reducir la influencia de los ruidos, el desfase puede ser el promedio de múltiples cálculos, o se puede estimar con el coeficiente FEQ de un ecualizador en el dominio de la frecuencia (FEQ) entrenado colocado después de la FFT debido a que el FEQ puede realizar la compensación del desfase de ángulo. Debido a que se puede introducir un error en el proceso de sincronización de trama DMT puede existir un desfase entre estos ángulos obtenidos por la CO y el CPE. El desfase tiene una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales, y la pendiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de trama. El desfase de cada una de las señales sinusoidales se puede representar sobre un sistema de coordenadas y, a continuación estos desfases se unen mediante una línea recta. La pendiente de la línea recta es precisamente el desfase de la marca de tiempo tomada por la CO debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores del ángulo obtenidos mediante cálculos reales pueden no encontrarse estrictamente sobre una línea recta. La CO puede obtener una línea recta óptima mediante aproximación en función de determinado algoritmo de optimización (por ejemplo, el método de mínimos cuadrados) de modo que la CO pueda calcular el error de las marcas de tiempo medidas en el otro extremo y en función de este error corrige la marca de tiempo  $Tm2'$  para obtener la marca de tiempo  $Tm2$ .

Considerando las características del sistema xDSL, estos errores de ángulo también se pueden obtener utilizando información del FEQ, y a continuación se ajusta de forma parecida el tiempo  $Tm2'$  al tiempo  $Tm2$ .

En el paso 30, la CO transmite un segundo símbolo, y obtiene el tiempo  $Tm1$  que indica el instante en el que se transmite el segundo símbolo.

La CO transmite un segundo símbolo, el cual también puede ser una trama DMT. Cuando la CO graba en la memoria intermedia una muestra en una posición de comienzo del segundo símbolo o un módulo D/A de la CO lee de la memoria intermedia una muestra en la posición de comienzo del segundo símbolo, la CO obtiene un valor del tiempo de un reloj local en el lado de la CO (esto es, se inicia una acción para obtener las marcas de tiempo) y obtiene el tiempo  $Tm1$ . También se determina mediante negociación entre la CO y el CPE un punto específico en el que se inicia la acción para obtener el tiempo, y se puede utilizar como punto específico cualquier posición del segundo símbolo. En los siguientes modos de realización se toma como ejemplo la posición de comienzo del segundo símbolo.

En el paso 40, el CPE recibe el segundo símbolo transmitido por la CO, y obtiene el tiempo  $Ts1$  exacto que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo.

Cuando se graba en la memoria intermedia o un módulo A/D lee de la memoria intermedia la muestra en la posición de comienzo del segundo símbolo, el CPE inicia una acción para obtener las marcas de tiempo y registra como tiempo  $Ts1'$  el valor del tiempo del reloj local en el lado del CPE. Debido a que el CPE también calcula el límite de la trama mediante cierto algoritmo, se puede introducir un error en la determinación de la posición de comienzo del segundo símbolo y el CPE también tiene que corregir el tiempo  $Ts1'$  obtenido.

En función de una diferencia de fase entre la fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación de una señal sinusoidal (o una señal cosinusoidal) en el segundo símbolo, el CPE corrige el marca de tiempo  $Ts1'$  para obtener la marca de tiempo  $Ts1$  en donde la marca de tiempo  $Ts1$  es el tiempo que indica el instante en el que se debería recibir el punto de comprobación. El punto de recepción es un punto de la señal en el que el CPE recibe inicialmente el segundo símbolo, y el punto de comprobación es un punto de la señal en el que la CO transmite inicialmente el segundo símbolo.

Cuando el CPE utiliza una señal sinusoidal en el segundo símbolo, se corrige una fase de un punto correspondiente en esta señal sinusoidal cuando la CO inicia la acción de registro de la marca de tiempo, de modo que se puede tomar este punto de la señal sinusoidal como un punto de comprobación y se obtiene una fase del punto, por ejemplo 0°. De este modo, el CPE puede realizar una corrección en función de este punto de comprobación.

El CPE toma como el punto de recepción el punto correspondiente de la señal sinusoidal que indica el instante en el

que el CPE recibe el segundo símbolo, y obtiene una fase de este punto. A continuación, el CPE calcula el tiempo que transcurre desde esta fase a una fase de un punto de comprobación más cercano, y ajusta el tiempo  $Ts1'$  al tiempo  $Ts1$  en función de dicho tiempo.

5 El CPE también puede utilizar una pluralidad de señales sinusoidales en el segundo símbolo. El CPE ha obtenido las fases de los puntos correspondientes de estas señales sinusoidales cuando la CO ha generado las marcas de tiempo; por ejemplo, un punto correspondiente de una de las señales sinusoidales se encuentra a  $0^\circ$ , uno se encuentra a  $90^\circ$ , uno se encuentra a  $45^\circ$ , y así sucesivamente. De este modo, el CPE puede tomar como punto de comprobación el punto correspondiente de cada señal sinusoidal. Después de recibir el segundo símbolo, el CPE obtiene la posición en la que el CPE realiza una marca de tiempo sobre cada una de las señales sinusoidales y toma estos puntos como puntos de recepción. A continuación, el CPE calcula el tiempo que transcurre desde la fase de un punto de recepción a la fase de un punto de comprobación. El tiempo es exactamente un desfase de la marca de tiempo realizada por el CPE en cada una de las señales sinusoidales. Los ángulos de estas señales sinusoidales se pueden obtener utilizando la FFT en el sistema DMT. Para mejorar la precisión de la estimación y reducir la influencia de los ruidos, el desfase se puede obtener promediando múltiples cálculos o mediante entrenamiento de un ecualizador en el dominio de la frecuencia (FEQ) después de la FFT. Debido a que el FEQ realiza la compensación del desfase de ángulo, el coeficiente FEQ entrenado también se puede utilizar para estimar el desfase de ángulo de cada una de las señales sinusoidales. Debido a que la sincronización de la trama DMT puede tener un error, puede existir un desfase entre estos ángulos obtenidos por el CPE y la CO. Estos desfases tienen una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales, y una pendiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de trama. El desfase de cada una de las señales sinusoidales se puede representar sobre un sistema de coordenadas, y estos desfases se unen mediante una línea recta; y una pendiente de la línea recta es precisamente el desfase de las marcas de tiempo obtenidas por el CPE debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores del ángulo obtenidos mediante cálculos reales pueden no encontrarse estrictamente sobre una línea recta. En consecuencia, el CPE puede calcular la línea recta óptima mediante aproximación en función de determinado algoritmo de optimización (por ejemplo, el método de mínimos cuadrados). De este modo, el CPE calcula el desfase de las marcas de tiempo obtenidas por el CPE y, en función del desfase, corrige el tiempo  $Ts1'$  para obtener el tiempo  $Ts1$ .

En el paso 50, el CPE obtiene el tiempo  $Tm2$  y el tiempo  $Tm1$  de la CO.

La CO transmite al CPE el tiempo  $Tm1$  y  $Tm2$  a través de un canal de mensajes.

30 El CPE obtiene un retardo de propagación de la CO y un retardo de propagación del CPE.

En la FIG. 4 se muestra un retardo de propagación desde la CO hasta el CPE e incluye:

un retardo de un circuito de transmisión digital de la CO denotado por  $\Delta t1$ , el cual incluye un retardo de un BUF 201 y un retardo de un D/A 202; y un retardo de un circuito de recepción digital del CPE denotado por  $\Delta t1'$ , el cual incluye un retardo de un BUF 207 y un retardo de un D/A 206. En algunos sistemas, los retardos  $\Delta t1$  y  $\Delta t1'$  son fijos y se pueden leer directamente del equipo. En el cálculo del retardo se deben incluir ambos retardos. En algunos otros sistemas, los retardos  $\Delta t1$  y  $\Delta t1'$  no son fijos de modo que se deben excluir del cálculo. También puede ser posible que parte de ambos retardos sea fija, y entonces, durante el cálculo, únicamente se incluye la parte fija del retardo;

un retardo de un circuito 203 de transmisión analógico de la CO denotado por  $\Delta t2$  y un retardo de un circuito 205 de recepción analógico del CPE denotado por  $\Delta t2'$ . Ambos retardos  $\Delta t2$  y  $\Delta t2'$  se deben a los dispositivos, y se pueden obtener en la fábrica o mediante intercambio de información entre el CPE y la CO; y

un retardo de un símbolo en un par trenzado 204 desde la CO al CPE denotado por  $\Delta t3$ , el cual es desconocido.

En la FIG. 5 se muestra un retardo de propagación desde el CPE a la CO e incluye:

un retardo de un circuito de transmisión digital del CPE denotado por  $\Delta t4$ , el cual incluye un retardo de un BUF 2001 de un CPE y un retardo de un D/A 2002 de un CPE; y un retardo de un circuito de recepción digital de la CO denotado por  $\Delta t4'$ , el cual incluye un retardo de un D/A 2006 de la CO y un retardo de un BUF 2007. En algunos sistemas, ambos retardos  $\Delta t4$  y  $\Delta t4'$  son fijos y se pueden leer directamente del equipo. En algunos otros sistemas, ninguno de los retardos es fijo, y entonces no se incluye ninguno de los retardos durante el cálculo;

un retardo de un circuito 2003 de transmisión analógico del CPE denotado por  $\Delta t5$  y un retardo de un circuito 2005 de recepción analógico de la CO denotado por  $\Delta t5'$ . Debido a que ambos retardos  $\Delta t5$  y  $\Delta t5'$  se deben a los dispositivos, se pueden obtener en la fábrica o mediante intercambio de información entre el CPE y la CO; y

un retardo de una señal en un par trenzado 2004 desde el CPE a la CO denotado por  $\Delta t6$ , el cual es desconocido.

La CO transmite al CPE los retardos  $\Delta t1$ ,  $\Delta t2$ ,  $\Delta t4'$  y  $\Delta t5'$  a través de un canal de mensajes o el CPE obtiene datos

almacenados previamente.

En el paso 60, el CPE calcula un desfase entre un reloj del CPE y un reloj de la CO, y ajusta el reloj del CPE en función del desfase.

El CPE calcula el desfase entre el reloj del CPE y el reloj de la CO de acuerdo con:

$$5 \quad \text{Offset} = T_{s1} - T_{m2} - \text{Delay1}, \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{m2} - T_{s2} + \text{Delay2}.$$

Durante el proceso de cálculo, el CPE establece un modelo de cálculo y separa Delay1 y Delay2. El CPE almacena la relación matemática entre Delay1 y Delay2, por ejemplo, la proporción de  $\Delta t3 = 0,9\Delta t6$  ó  $\Delta t6 = 0,9\Delta t3$ . La proporción se puede obtener mediante estadística. El Offset se puede obtener con las siguientes ecuaciones:

$$10 \quad \text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t1' + \Delta t2')$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5' + \Delta t4')$$

o

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2')$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5')$$

15 Los retardos  $\Delta t3$  y  $\Delta t6$  son aproximadamente idénticos o tienen una relación de proporción. Se supone que los retardos  $\Delta t3$  y  $\Delta t6$  son aproximadamente idénticos. El Offset se puede estimar utilizando la siguiente ecuación:

$$\text{Offset} = (T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t1' + \Delta t2') + T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t4' + \Delta t5'))/2$$

o

$$\text{Offset} = (T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t2 + \Delta t2') + T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t5 + \Delta t5'))/2$$

20 Los retardos Delay1 y Delay2 se pueden obtener con el Offset estimado:

$$\text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Offset}$$

$$\text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Offset}$$

Después de haber obtenido el desfase entre el reloj del CPE y el reloj de la CO, el CPE obtiene el valor de tiempo del reloj local y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo del reloj local obtenido y el desfase.

25 En los modos de realización descritos más arriba, el CPE transmite primero un símbolo, y a continuación la CO recibe el símbolo y transmite, posteriormente, un símbolo. En el proceso de monitorización real, también es posible que la CO transmita un símbolo y, a continuación, el CPE reciba el símbolo y transmita, posteriormente, un símbolo. El último caso se describirá en el segundo modo de realización a continuación, mostrándose en la FIG. 6 un proceso específico del mismo.

30 En el paso 15, la CO transmite un segundo símbolo, y obtiene el tiempo  $T_{m1}$  que indica el instante en el que se transmite el segundo símbolo.

35 Durante la inicialización, la CO transmite un segundo símbolo. Cuando la CO graba en una memoria intermedia o un módulo D/A de la CO lee de la memoria intermedia una muestra en una posición específica del segundo símbolo, se inicia una acción para obtener marcas de tiempo para leer un valor de tiempo de un reloj local de la CO y obtener una marca de tiempo  $T_{m1}$ . El segundo símbolo puede ser una trama DMT. Mediante negociación entre la CO y el CPE también se determina un punto específico en el que se activa la acción de obtener las marcas de tiempo. Cualquier posición en el segundo símbolo se puede utilizar como un punto específico. De aquí en adelante, en este modo de realización se tomará como ejemplo una posición de comienzo del segundo símbolo.

40 En el paso 25, el CPE recibe el segundo símbolo transmitido por la CO, y obtiene el tiempo  $T_{s1}$  exacto que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo.

45 Cuando el CPE graba en la memoria intermedia o un módulo A/D lee desde la memoria intermedia una muestra de la posición de comienzo del segundo símbolo, se inicia una acción para obtener marcas de tiempo con el fin de obtener un valor de tiempo del reloj local del CPE, denotado por  $T_{s1}'$ . Debido a que el CPE calcula un límite de trama mediante un algoritmo determinado, se puede introducir un error cuando se calcula la posición de comienzo utilizando dicho algoritmo. En este caso, el CPE tiene que corregir el tiempo  $T_{s1}'$ . El método de corrección utilizado

aquí es el mismo que el utilizado por el CPE en el primer modo de realización.

En el paso 35, el CPE transmite un primer símbolo, y obtiene el tiempo  $T_{s2}$  que indica el instante en el que el CPE transmite el primer símbolo.

Durante la inicialización, el CPE transmite un primer símbolo, el cual también puede ser una trama DMT.

5 Cuando se graba en la memoria intermedia o un módulo D/A lee desde la memoria intermedia una muestra en una posición específica del primer símbolo, se inicia una acción para obtener marcas de tiempo con el fin de leer un valor de tiempo del reloj local del CPE, denotado por  $T_{s2}$ . Mediante negociación entre la CO y el CPE también se determina un punto específico en el que se inicia la acción de obtener las marcas de tiempo. Se puede utilizar cualquier posición en el primer símbolo. De aquí en adelante, en este modo de realización se tomará como ejemplo  
10 una posición de comienzo del primer símbolo.

En el paso 45, la CO recibe el primer símbolo transmitido por el CPE, y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  exacto que indica el instante en el que se ha recibido el primer símbolo.

15 La CO recibe el primer símbolo transmitido por el CPE. Cuando se graba en la memoria intermedia o un módulo A/D lee desde la memoria intermedia una muestra en la posición de comienzo del primer símbolo, se inicia una acción para obtener marcas de tiempo para leer un valor de tiempo del reloj local de la CO, denotado por  $T_{m2}'$ . Debido a que la CO calcula un límite de trama mediante un algoritmo determinado, la CO tiene que corregir la marca de tiempo  $T_{m2}'$ . El método de corrección utilizado aquí es el mismo que el utilizado por la CO en el primer modo de realización.

En el paso 55, el CPE obtiene el tiempo  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$  obtenido por la CO.

20 La CO transmite al CPE el tiempo  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$  a través de un canal de mensajes.

El CPE obtiene un retardo de la CO y un retardo del CPE:

25 un retardo de un circuito de transmisión digital de la CO denotado por  $\Delta t_1$ , el cual incluye un retardo de un BUF 201 de la CO y un retardo de un D/A 202; y un retardo de un circuito de recepción digital del CPE denotado por  $\Delta t_1'$ , el cual incluye un retardo de un BUF 207 del CPE y un retardo de un D/A 206. En algunos sistemas, ambos retardos son fijos y se pueden leer directamente del equipo. En el cálculo del retardo de propagación se deben incluir ambos retardos. En algunos otros sistemas, ninguno de los retardos es fijo de modo que se deben excluir durante el cálculo. También puede ser posible que una parte de ambos retardos sea fija, y entonces, durante el cálculo, únicamente se incluye la parte fija del retardo;

30 un retardo de un circuito 203 de transmisión analógico de la CO denotado por  $\Delta t_2$  y un retardo de un circuito 205 de recepción analógico del CPE denotado por  $\Delta t_2'$ . Ambos retardos  $\Delta t_2$  y  $\Delta t_2'$  se deben a los equipos, y se pueden obtener en la fábrica o mediante intercambio de información entre el CPE y la CO;

un retardo de un símbolo en un par trenzado 204 desde la CO al CPE denotado por  $\Delta t_3$ , el cual es desconocido.

En la FIG. 5 se muestra un retardo de propagación desde el CPE a la CO e incluye:

35 un retardo de un circuito de transmisión digital del CPE denotado por  $\Delta t_4$ , el cual incluye un retardo de un BUF 2001 del CPE y un retardo de un D/A 2002 del CPE; y un retardo de un circuito de recepción digital de la CO denotado por  $\Delta t_4'$ , el cual incluye un retardo de un D/A 2006 de la CO y un retardo de un BUF 2007. En algunos sistemas, ambos retardos son fijos y se pueden leer directamente del equipo. En algunos otros sistemas, ninguno de los retardos es fijo, y entonces no se incluye durante el cálculo ninguno de los retardos;

40 un retardo de un circuito 2003 de transmisión analógico del CPE denotado por  $\Delta t_5$  y un retardo de un circuito 2005 de recepción analógico de la CO denotado por  $\Delta t_5'$ . Debido a que ambos retardos  $\Delta t_5$  y  $\Delta t_5'$  se deben a los dispositivos, se pueden obtener en la fábrica o mediante intercambio de información entre el CPE y la CO;

un retardo de una señal en un par trenzado 2004 desde el CPE a la CO denotado por  $\Delta t_6$ , el cual es desconocido.

La CO transmite al CPE los retardos  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_4'$  y  $\Delta t_5$  a través de un canal de mensajes; o alternativamente, el CPE obtiene datos almacenados previamente y de este modo la CO también puede no transmitir la información.

45 En el paso 65, el CPE calcula un desfase entre un reloj del CPE y un reloj de la CO, y ajusta el tiempo del reloj del CPE en función de este desfase.

El CPE calcula el desfase de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m2} - \text{Delay1}, \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2}.$$

Durante el proceso de cálculo, el CPE establece un modelo de cálculo y separa Delay1 y Delay2. El CPE almacena la relación matemática entre Delay1 y Delay2, por ejemplo, la proporción de  $\Delta t3 = 0,9\Delta t6$  ó  $\Delta t6 = 0,9\Delta t3$ . La relación matemática específica se puede obtener mediante estadística. El Offset se obtiene con las siguientes ecuaciones:

5 
$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t1' + \Delta t2')$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5' + \Delta t4')$$

o

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2')$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5')$$

- 10 Como los retardos  $\Delta t3$  y  $\Delta t6$  son aproximadamente idénticos o tienen una relación de proporción, el Offset se puede estimar.

Después de obtener el Offset, se pueden obtener los retardos Delay1 y Delay2:

$$\text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Offset}$$

$$\text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Offset}$$

- 15 Después de haber obtenido el desfase entre el reloj del CPE y el reloj de la CO, el CPE obtiene un tiempo del reloj local del CPE, y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo del reloj local obtenido y el desfase estimado.

Un tercer modo de realización de la presente invención proporciona un método para sincronización de tiempo de una xDSL. El método es aplicable al caso en el que los retardos Delay1 y Delay2 se puedan obtener mediante SELT o DELT o de otros modos. El método incluye los siguientes pasos.

- 20 En el paso 1, el CO transmite un símbolo, y obtiene el tiempo  $T_{m1}$  que indica el instante en el que se transmite el símbolo (o el CPE transmite un símbolo, y obtiene el tiempo  $T_{s2}$  que indica el instante en el que se transmite el símbolo), y este símbolo puede ser una trama DMT.

- 25 En una etapa de inicialización, la CO transmite el símbolo. Cuando la CO graba en una memoria intermedia datos muestreados en una posición específica de este símbolo o un módulo D/A de la CO lee desde la memoria intermedia los datos muestreados en la posición específica de este símbolo, la CO inicia una acción para obtener la marca de tiempo, lee el tiempo del reloj local de la CO y obtiene el tiempo  $T_{m1}$ . Mediante negociación entre la CO y el CPE también se determina un punto específico en el que se inicia la acción de obtención de la marca de tiempo, y se puede utilizar cualquier posición en este símbolo. De aquí en adelante en este modo de realización se toma como ejemplo una posición de comienzo de este símbolo.

- 30 En el paso 2, el CPE recibe el símbolo transmitido por la CO, y obtiene el tiempo  $T_{s1}$  de recepción (o la CO recibe el símbolo transmitido por el CPE, y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que se ha recibido el símbolo).

- 35 Cuando el CPE graba en la memoria intermedia datos muestreados en la posición de comienzo de este símbolo o un módulo A/D lee de la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo de este símbolo, el CPE inicia la acción de obtención de marca de tiempo y lee el tiempo  $T_{s1}'$  local del CPE. Debido a que el CPE calcula un límite de trama mediante un algoritmo determinado, la posición de comienzo calculada mediante el algoritmo puede tener un error. En este caso, el CPE tiene que corregir el tiempo  $T_{s1}'$ . El método de corrección es el mismo que el del CPE del primer modo de realización.

En el paso 3, el CPE obtiene el tiempo  $T_{m1}$  transmitido por la CO (o el CPE obtiene el tiempo  $T_{m2}$  transmitido por la CO).

- 40 La CO transmite al CPE el tiempo  $T_{m1}$  (o el tiempo  $T_{m2}$ ) a través de un canal de mensajes.

En el paso 4, el CPE calcula un desfase entre un reloj del CPE y un reloj de la CO de acuerdo con  $\text{Offset} = T_{s1} - T_{m2} - \text{Delay1}$  u  $\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2}$ .

Como se ha medido Delay1 (o Delay2), se puede calcular el desfase.

- 45 En el paso 4, el CPE obtiene un valor de tiempo del reloj local, y ajusta el tiempo del reloj local de acuerdo con el tiempo obtenido del reloj local y el desfase.

Un cuarto modo de realización de la presente invención proporciona un método para sincronización de tiempo de

una DSL. Como existe un retardo debido al procesamiento del equipo, se debe tener en cuenta el retardo del equipo cuando se calcula el retardo de propagación de un símbolo. De este modo, el retardo del equipo de la CO puede no ser necesario cuando el CPE calcula el Offset. Los pasos específicos son como sigue:

5 En un primer paso, la CO transmite un segundo símbolo, y obtiene el tiempo que indica el instante en el que se transmite el segundo símbolo.

Durante la inicialización, cuando la CO graba en una memoria intermedia o la CO la lee desde la memoria intermedia una muestra en una posición específica del segundo símbolo, se inicia una acción para obtener las marcas de tiempo para leer el tiempo  $T_{m1}$  del reloj local.

10 El equipo de la CO obtiene un retardo  $\Delta t_1$  de transmisión digital y un retardo  $\Delta t_2$  de transmisión analógico de la CO, y procesa el tiempo cuando el equipo de la CO transmite el segundo símbolo. Específicamente,  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t_1 + \Delta t_2$ ; y si el retardo de transmisión digital no es fijo, se puede excluir, y en este caso,  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t_2$ .

En un segundo paso, el CPE recibe el segundo símbolo, y obtiene el tiempo que indica el instante en el que el CPE recibe el segundo símbolo.

15 Cuando el CPE graba en la memoria intermedia o un módulo A/D lee desde la memoria intermedia una muestra en la posición de comienzo del segundo símbolo, el CPE inicia una acción para obtener las marcas de tiempo para leer un valor del tiempo del reloj local del CPE denotado por  $T_{s1'}$ . Debido a que el CPE calcula un límite de trama mediante un algoritmo determinado, se puede introducir un error cuando se calcula la posición de comienzo mediante el algoritmo. En este caso, el CPE tiene que corregir el tiempo  $T_{s1'}$  y el método de corrección utilizado aquí es el mismo que el del CPE del primer modo de realización.

20 En un tercer paso, el CPE transmite un primer símbolo, y obtiene el tiempo que indica el instante en el que se transmite el primer símbolo.

25 Durante la inicialización, el CPE transmite el primer símbolo. Cuando el CPE graba en la memoria intermedia una muestra en una posición específica del primer símbolo o un módulo D/A lee de la memoria intermedia una muestra en una posición específica de este símbolo, se inicia una acción para obtener las marcas de tiempo para leer el tiempo  $T_{s2}$  del reloj local.

En un cuarto paso, la CO recibe el primer símbolo, y obtiene el tiempo que indica el instante en el que se recibe el primer símbolo.

30 La CO recibe el primer símbolo transmitido por el CPE. Cuando la CO graba en la memoria intermedia una muestra en la posición de comienzo del primer símbolo o un módulo A/D lee desde la memoria intermedia una muestra en la posición específica de este símbolo, se inicia una acción para obtener las marcas de tiempo para leer el valor del tiempo  $T_{m2'}$  del reloj local. Debido a que la CO calcula el límite de trama mediante un algoritmo determinado, se puede introducir un error cuando se calcula la posición de comienzo mediante el algoritmo. En este caso, la CO tiene que corregir el tiempo  $T_{m2'}$ , y el método de corrección utilizado aquí es el mismo que el del primer modo de realización.

35 Mediante negociación entre la CO y el CPE se determina un punto específico en el que se inicia la acción para obtener las marcas de tiempo. Se puede utilizar cualquier posición del primer símbolo, por ejemplo, la posición de comienzo del primer símbolo.

40 La CO obtiene un retardo del circuito de recepción digital, denotado por  $\Delta t_4$ , y un retardo del circuito de recepción analógico, denotado por  $\Delta t_5$ , de la CO, y procesa las marcas de tiempo que indican el instante en el que el equipo de la CO recibe el primer símbolo. Específicamente,  $T_{m2} = T_{m2} - \Delta t_4 - \Delta t_5$ . Si el retardo de recepción digital no es fijo, se puede excluir y, por lo tanto,  $T_{m2} = T_{m2} - \Delta t_5$ .

En un quinto paso, la CO transmite al CPE el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$  a través de un canal de mensajes, y el CPE calcula un desfase entre un reloj del CPE y un reloj de la CO.

45 El CPE obtiene un retardo  $\Delta t_1'$  del circuito de recepción digital, un retardo  $\Delta t_2'$  del circuito de recepción analógico, un retardo  $\Delta t_4'$  del circuito de transmisión digital, y un retardo  $\Delta t_5'$  del circuito de transmisión analógico del CPE.

El CPE calcula el desfase de acuerdo con:

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay1} = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t_1' + \Delta t_2' + \Delta t_3), \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay1} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_4' + \Delta t_5' + \Delta t_6)$$

Alternativamente, el retardo de recepción digital y el retardo de transmisión digital no son fijos y por lo tanto se

excluyen, y en este caso el CPE calcula el desfase de acuerdo con:

$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - (\Delta t2' + \Delta t3), \text{ y}$$

$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay1} = Ts2 - Tm2 + (\Delta t5' + \Delta t6)$$

- 5 En este proceso, el CPE también puede procesar la marca de tiempo Ts2 que indica el instante de transmisión del segundo símbolo y la marca de tiempo Ts1 que indica el instante de recepción del primer símbolo. Por ejemplo,  $Ts1 = Ts1 - \Delta t1' - \Delta t2'$  o  $Ts1 = Ts1 - \Delta t2'$ ;  $Ts2 = Ts2 - \Delta t4' - \Delta t5'$  o  $Ts2 = Ts2 - \Delta t5'$ .

De este modo el CPE calcula el desfase de acuerdo con:

$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - \Delta t3, \text{ y}$$

$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay1} = Ts2 - Tm2 + \Delta t6.$$

- 10 El desfase se estima en función de la proporción entre  $\Delta t3$  y  $\Delta t6$  o la suposición de que los retardos  $\Delta t3$  y  $\Delta t6$  son aproximadamente idénticos.

En un sexto paso, el CPE ajusta el reloj del CPE en función del desfase.

El CPE obtiene el valor de tiempo del reloj local, y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo de reloj local obtenido y el desfase estimado.

- 15 En los modos de realización descritos más arriba, es el CPE el que ajusta el reloj local del CPE de modo que el reloj del CPE se sincroniza con el reloj de la CO. En la práctica, la CO también puede ajustar el reloj local de la CO de modo que el reloj local de la CO se sincroniza con el reloj del CPE, en cuyo caso el método de sincronización es parecido al método de sincronización en el que el CPE ajusta su reloj local.

- 20 El método descrito en los modos de realización indicados más arriba tiene en cuenta la influencia de la tasa de muestreo, y se puede ejecutar una pluralidad de veces.

Un modo de realización de la presente invención proporciona un sistema de comunicación xDSL. Como se muestra en la FIG. 7, el sistema de comunicación incluye una CO 100 y un CPE 200.

- 25 El CPE 200 transmite un símbolo y obtiene el tiempo Ts2 que indica el instante en el que se transmite el primer símbolo. El CPE 200 transmite el primer símbolo, el cual es una trama DMT acordada mediante negociación entre la CO 100 y el CPE 200 en una etapa de inicialización. La CO 100 y el CPE 200 acuerdan mediante negociación un punto del primer símbolo como punto de referencia, el cual puede ser cualquier posición del primer símbolo. De aquí en adelante se toma como ejemplo una posición de comienzo del primer símbolo.

- 30 Cuando el CPE 200 graba en una memoria intermedia datos muestreados en la posición de comienzo del primer símbolo, o lee de la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo, el CPE 200 inicia una acción para obtener las marcas de tiempo y lee el valor de tiempo Ts2 del reloj local del CPE 200.

- 35 La CO 100 recibe el primer símbolo transmitido por el CPE 200, y obtiene el tiempo Tm2 que indica el instante en el que se ha recibido el primer símbolo. Cuando la CO 100 graba en la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo del primer símbolo o lee de la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo del primer símbolo, la CO 100 inicia la acción para obtener las marcas de tiempo y lee el valor de tiempo Tm2' del reloj local. Debido a que la CO 100 recupera un límite de trama utilizando un algoritmo determinado, puede ocurrir un error cuando se determina la posición de comienzo del primer símbolo y, por lo tanto, la CO 100 tiene que corregir el tiempo.

- 40 De acuerdo con una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación de una señal sinusoidal (o una señal cosinusoidal) del primer símbolo, la CO 100 corrige el marca de tiempo Tm2' para obtener la marca de tiempo Tm2 que indica el instante en el que la CO 100 debería recibir un punto de comprobación. El punto de recepción es un punto de la señal en el que la CO 100 recibe el primer símbolo inicialmente, y el punto de comprobación mencionado anteriormente es un punto de la señal en el que el CPE 200 transmite el primer símbolo inicialmente.

Cuando la CO 100 corrige el tiempo Tm2' de acuerdo con una señal sinusoidal en el primer símbolo:

- 45 cuando el CPE 200 inicia la obtención de una marca de tiempo de modo que durante el proceso de corrección se fija una fase de un punto correspondiente de la señal sinusoidal (por ejemplo, 0°, 45°, 90° o cualquier otro ángulo), de modo que la CO 100 puede tomar este punto como un punto de comprobación y obtener una fase del punto de comprobación. En los siguientes modos de realización se toma 0° como ejemplo.

La CO 100 obtiene una posición de la señal sinusoidal en la que la CO 100 inicia la obtención de la marca de tiempo (siendo dicha posición un punto de recepción en el que la CO 100 recibe el primer símbolo), y calcula el tiempo que transcurre desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación. A continuación, en función del tiempo, la CO 100 ajusta el tiempo  $Tm2'$  al tiempo  $Tm2$ .

5 La CO 100 también puede realizar la corrección utilizando una pluralidad de señales sinusoidales en este símbolo. Cuando el CPE 200 graba en la memoria intermedia la posición de comienzo del primer símbolo o lee desde la memoria intermedia la posición de comienzo del primer símbolo, cada una de las señales sinusoidales en el primer símbolo se encuentra en un punto concreto. La CO 100 toma estos puntos como puntos de comprobación y determina las fases respectivas de los puntos de comprobación en estas señales sinusoidales cuando el CPE 200  
10 tomó las marcas de tiempo. Por ejemplo, un punto de comprobación en una de las señales sinusoidales se encuentra a  $0^\circ$ , uno se encuentra a  $90^\circ$ , uno se encuentra a  $45^\circ$ , y así sucesivamente.

Después de recibir el primer símbolo, la CO 100 obtiene el punto de recepción correspondiente para cada una de las señales sinusoidales y obtiene la fase del punto de recepción. A continuación, la CO 100 calcula el tiempo que transcurre desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación. El tiempo es un desfase de la  
15 marca de tiempo calculado por la CO 100 para cada una de las señales sinusoidales. Las fases de estas señales sinusoidales se pueden obtener mediante la FFT en el sistema DMT. Para mejorar la precisión de la estimación y reducir la influencia de los ruidos, el desfase se puede obtener realizando un promedio después de múltiples cálculos o entrenando un FEQ después de la FFT. Debido a que el FEQ realiza la compensación de un desfase de ángulo, el coeficiente del FEQ entrenado también se puede utilizar para estimar el desfase de ángulo de cada una  
20 de las señales sinusoidales. Debido a que la sincronización de la trama DMT puede tener un error, pueden existir desfases entre estos ángulos obtenidos por la CO 100 y el CPE 200. Estos desfases tienen una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales, y una pendiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de trama. El desfase de cada una de las señales sinusoidales se puede representar sobre un sistema de coordenadas y estos desfases se encuentran conectados mediante una línea recta; y una pendiente de la línea recta es precisamente el desfase de las marcas de tiempo tomadas por la CO 100 debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores del ángulo obtenidos mediante cálculos reales pueden no encontrarse estrictamente sobre una línea recta. En consecuencia, la CO 100 puede calcular una línea recta óptima mediante aproximación de acuerdo con determinado algoritmo de optimización (por ejemplo, el método de mínimos cuadrados). De este modo, la CO 100 calcula el error de las marcas de tiempo tomadas por el CPE y, en función de  
25 este error, corrige la marca de tiempo  $Tm2'$  para obtener la marca de tiempo  $Tm2$ .

Considerando las características del sistema xDSL, estos errores de ángulo también se pueden obtener utilizando información del FEQ, y a continuación se ajusta de forma parecida el tiempo  $Tm2'$  al tiempo  $Tm2$ .

La CO 100 transmite un segundo símbolo y obtiene el tiempo  $Tm1$  que indica el instante en el que se transmite el segundo símbolo. Cuando la CO 100 graba en una memoria intermedia unos datos muestreados en una posición de  
35 comienzo del segundo símbolo o lee de la memoria intermedia unos datos muestreados en la posición de comienzo, la CO 100 inicia una acción para obtener marcas de tiempo y lee el valor de tiempo  $Tm1$  del tiempo del reloj local de la CO 100. También se determina mediante negociación entre la CO y el CPE un punto específico en el que se inicia la acción para obtener las marcas de tiempo, y se puede utilizar cualquier posición del segundo símbolo. En este modo de realización se toma como ejemplo la posición de comienzo del segundo símbolo.

40 El CPE 200 recibe el segundo símbolo transmitido por la CO 100, y obtiene el tiempo  $Ts1$  que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo. Cuando el CPE 200 graba en la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo del segundo símbolo o lee de la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo del segundo símbolo, el CPE 200 inicia la acción para obtener las marcas de tiempo y lee el valor de tiempo  $Ts1'$  del tiempo del reloj local. Debido a que el CPE 200 recupera un límite de la trama mediante un algoritmo determinado, el CPE 200 corrige el tiempo  $Ts1'$  para obtener tiempo  $Ts1$  de forma parecida a como lo hace la CO  
45 100.

La CO 100 transmite al CPE 200 el tiempo  $Tm1$  y el tiempo  $Tm2$  a través de un canal de mensajes. Si el CPE 200 no almacena el retardo de transmisión y el retardo de recepción de la CO 100, la CO 100 transmite al CPE 200, mediante interacción con el CPE 200, el retardo de transmisión y el retardo de recepción de la CO 100 a través de  
50 un canal de mensajes.

El retardo de transmisión y el retardo de recepción de la CO 100 incluyen un retardo  $\Delta t1$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t2$  del circuito de transmisión analógico, un retardo  $\Delta t5'$  del circuito de recepción analógico, y un retardo  $\Delta t4'$  del circuito de recepción digital.

El CPE 200 obtiene el retardo de transmisión y el retardo de recepción del CPE 200, el cual incluye un retardo  $\Delta t1'$   
55 del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t2'$  del circuito de transmisión analógico, un retardo  $\Delta t5$  del circuito de recepción analógico, y un retardo  $\Delta t4$  del circuito de recepción digital. Estos retardos se pueden leer directamente del CPE 200.

El CPE 200 calcula un desfase entre un reloj del CPE 200 y un reloj de la CO 100 en función de Ts1, Ts2, Tm1, Tm2, el retardo de la CO 100, y el retardo del CPE 200.

Específicamente, el CPE 200 calcula el desfase de acuerdo con:

$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t1' + \Delta t2')$$

5 
$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay2} = Ts2 - Tm2 + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5' + \Delta t4')$$

o

$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - (\Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2')$$

$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay2} = Ts2 - Tm2 + (\Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5')$$

en donde el CPE 200 almacena en su interior la relación matemática entre el retardo Delay1 y el retardo Delay2.

10 Específicamente, se puede determinar estadísticamente que el retardo  $\Delta t3$  y el retardo  $\Delta t6$  son aproximadamente iguales entre sí o tienen una relación proporcional, por ejemplo,  $\Delta t3 = 0,9\Delta t6$  ó  $\Delta t6 = 0,9\Delta t3$ .

Después de obtener el desfase, el CPE 200 obtiene un valor de tiempo del reloj local y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo del reloj local y el desfase obtenidos.

15 En el sistema de comunicación descrito más arriba, es el CPE 200 el que ajusta el tiempo del reloj local de modo que el reloj local del CPE 200 se sincroniza con el reloj de la CO 100. Alternativamente, la CO 100 también puede ajustar el reloj de la CO 100 de modo que el reloj del CPE 200 está sincronizado con el reloj de la CO 100; el proceso de sincronización de esta alternativa es el mismo que el proceso de sincronización en el que se ajusta el reloj del CPE 200.

20 La presente invención proporciona, además, un equipo de xDSL, el cual se puede utilizar para la CO y para el CPE. Como se muestra en la FIG. 8, el equipo incluye una unidad 300 de transmisión, una unidad 400 de recepción y una unidad 600 de procesamiento.

La unidad de transmisión está configurada para transmitir un primer símbolo y obtener el tiempo Ts2 que indica el instante en el que se ha transmitido el primer símbolo.

25 La unidad de recepción está configurada para recibir un segundo símbolo transmitido por un segundo equipo y obtener el tiempo Ts1 que indica el instante en el que se ha recibido el segundo símbolo; y obtener el tiempo Tm2 que indica el instante en el que el segundo equipo ha recibido el primer símbolo y el tiempo Tm1 que indica el instante en el que el segundo equipo ha transmitido el segundo símbolo.

30 La unidad de procesamiento está configurada para obtener un retardo del equipo DSL, calcular un desfase entre un reloj del equipo DSL y un reloj del segundo equipo en función de Ts1, Ts2, Tm1, Tm2 y el retardo del equipo de DSL, y ajustar el reloj del equipo DSL en función del desfase.

Específicamente, la unidad 300 de transmisión transmite el primer símbolo, y obtiene el tiempo Ts2 que indica el instante en el que se ha transmitido el primer símbolo. El primer símbolo puede ser una señal de entrenamiento transmitida durante una etapa de inicialización, y esta señal puede ser una trama DMT.

35 Cuando la unidad 300 de transmisión graba en una memoria intermedia datos muestreados en una posición de comienzo del primer símbolo, o lee de la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo del primer símbolo, la unidad 300 de transmisión inicia una acción para obtener las marcas de tiempo y lee el tiempo Ts2 local.

40 La unidad 400 de recepción recibe el segundo símbolo transmitido por el otro terminal y obtiene el tiempo Ts1 que indica el instante en el que se ha recibido el segundo símbolo. El segundo símbolo puede ser una señal de entrenamiento transmitida durante la etapa de inicialización.

La unidad 400 de recepción incluye, además, un módulo de obtención y un módulo de corrección. El módulo de obtención recibe el segundo símbolo, obtiene el tiempo Ts1' del reloj del equipo DSL, y obtiene el tiempo Tm2 que indica el instante en el que el segundo equipo ha recibido el primer símbolo y el tiempo Tm1 que indica el instante en el que el segundo equipo ha transmitido el segundo símbolo.

45 El módulo de corrección, en función de una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación de una señal del segundo símbolo, corrige la marca de tiempo Ts1' para obtener la marca de tiempo Ts1 que indica el instante en el que el módulo de obtención debería recibir un punto de comprobación, y obtiene la marca de tiempo Ts1 para su utilización como tiempo que indica el instante en el que el módulo de

obtención ha recibido el segundo símbolo. El punto de recepción es un punto de la señal en el que el módulo de obtención recibe inicialmente el segundo símbolo, y el punto de comprobación es un punto de la señal en el que el segundo equipo transmite inicialmente el segundo símbolo.

5 Cuando el módulo de obtención graba en la memoria intermedia unos datos muestreados en una posición de comienzo del segundo símbolo o lee de la memoria intermedia los datos muestreados en la posición de comienzo del segundo símbolo, el módulo de obtención inicia una acción para obtener las marcas de tiempo y lee el valor de tiempo  $T_{s1'}$  del tiempo del reloj local. Debido a que se recupera un límite de trama del segundo símbolo utilizando un algoritmo determinado, puede producirse un error cuando se posiciona el límite. En consecuencia, el módulo de corrección, de acuerdo con una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación de una señal en el segundo símbolo, corrige la marca de tiempo  $T_{s1'}$  para obtener la marca de tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que el módulo de obtención debería recibir un punto de comprobación.

10 El módulo de corrección obtiene una posición en una señal sinusoidal en la que el módulo inicia la obtención de la marca de tiempo, toma esta posición como un punto de recepción, y calcula el tiempo que transcurre desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación. A continuación, en función de este tiempo, el módulo de corrección corrige el tiempo  $T_{s1'}$  para obtener el tiempo  $T_{s1}$ .

15 El módulo de corrección también puede utilizar una pluralidad de señales sinusoidales en el segundo símbolo. El módulo de corrección determina los ángulos respectivos de los puntos correspondientes (esto es, los puntos de comprobación) en estas señales sinusoidales cuando el segundo equipo toma las marcas de tiempo. Por ejemplo, un punto de comprobación en una de las señales sinusoidales se encuentra a  $0^\circ$ , uno se encuentra a  $90^\circ$ , uno se encuentra a  $45^\circ$ , y así sucesivamente. Por lo tanto, después de que el módulo de obtención haya recibido el segundo símbolo, el módulo de corrección obtiene las posiciones en las que el módulo de obtención toma las marcas de tiempo, los cuales son puntos de recepción, y calcula el tiempo que transcurre desde la fase de cada punto de recepción a la fase de un punto de comprobación correspondiente. Los ángulos de estas señales sinusoidales se pueden obtener mediante la FFT en el sistema DMT. Para mejorar la precisión de la estimación y reducir la influencia de los ruidos, el desfase se puede obtener realizando un promedio después de múltiples cálculos o entrenando un FEQ después de la FFT. Debido a que el FEQ realiza la compensación del desfase de ángulo, el coeficiente del FEQ entrenado también se puede utilizar para estimar el desfase de ángulo de cada una de las señales sinusoidales. Debido a que la sincronización de la trama DMT puede tener un error, pueden existir desfases entre los ángulos obtenidos por el módulo de corrección y los ángulos obtenidos por el otro equipo. Estos desfases tienen una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales, y una pendiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de trama. Por lo tanto, el módulo de corrección puede representar el desfase de cada una de las señales sinusoidales sobre un sistema de coordenadas y conectar estos desfases utilizando una línea recta, su pendiente es precisamente el desfase de las marcas de tiempo tomadas por el CPE debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores del ángulo obtenidos mediante cálculos reales pueden no encontrarse estrictamente sobre una línea recta. El CPE puede calcular una línea recta óptima mediante aproximación en función de determinado algoritmo de optimización (por ejemplo, el método de mínimos cuadrados). El módulo de corrección calcula el error de la marca de tiempo del CPE y en función de este error corrige el tiempo  $T_{s1'}$  para obtener el tiempo  $T_{s1}$ .

20 El módulo de corrección también se puede localizar en el equipo de comunicación, siendo independiente de la unidad 400 de recepción.

25 La unidad 400 de recepción también puede recibir, a través de un mensaje, información del canal transmitida por el segundo equipo, incluyendo el tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que el segundo equipo ha recibido el primer símbolo, el tiempo  $T_{m1}$  que indica el instante en el que el segundo equipo ha transmitido el segundo símbolo, y el retardo de transmisión y el retardo de recepción del segundo equipo. El retardo de transmisión y el retardo de recepción del segundo equipo incluyen: un retardo  $\Delta t_1$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t_2$  del circuito de transmisión analógico, un retardo  $\Delta t_5'$  del circuito de recepción analógico y un retardo  $\Delta t_4'$  del circuito de recepción digital.

30 El segundo equipo también puede procesar el tiempo  $T_{m2}$  y el tiempo  $T_{m1}$  utilizando los datos de retardo del segundo equipo. De esta forma, el segundo equipo únicamente tiene que transmitir al equipo DSL el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$  que se procesan; por ejemplo,  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t_1 + \Delta t_2$  ó  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t_2$ ,  $T_{m2} = T_{m2} - \Delta t_5 - \Delta t_4$  ó  $T_{m2} = T_{m2} - \Delta t_5$ .

35 El equipo DSL también puede procesar el tiempo  $T_{s1}$  y el tiempo  $T_{s2}$ ; esto es,  $T_{s1} = T_{s1} - \Delta t_1' - \Delta t_2'$  ó  $T_{s1} = T_{s1} - \Delta t_2'$ ;  $T_{s2} = T_{s2} - \Delta t_4' - \Delta t_5'$  ó  $T_{s2} = T_{s2} - \Delta t_5'$ .

40 La unidad 600 de procesamiento obtiene el retardo del equipo DSL, calcula un desfase entre el reloj del equipo local y el reloj del segundo equipo en función del tiempo  $T_{s2}$  obtenido por la unidad de transmisión,  $T_{s1}$ ,  $T_{m2}$ ,  $T_{m1}$  obtenidos por la unidad de recepción, y el retardo del equipo DSL, y ajusta el reloj del equipo DSL en función de dicho desfase.

El retardo del equipo DSL incluye: un retardo  $\Delta t1'$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t2'$  del circuito de transmisión analógico, un retardo  $\Delta t5$  del circuito de recepción analógico y un retardo  $\Delta t4$  del circuito de recepción digital, todos los cuales pueden ser obtenidos directamente cuando el equipo DSL se envía desde la fábrica.

La unidad 600 de procesamiento calcula el desfase de acuerdo con:

5                     $Offset = Ts1 - Tm1 - Delay1 = Ts1 - Tm1 - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t1' + \Delta t2')$

$Offset = Ts2 - Tm2 + Delay2 = Ts2 - Tm2 + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5' + \Delta t4')$

o

$Offset = Ts1 - Tm1 - Delay1 = Ts1 - Tm1 - (\Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2')$

$Offset = Ts2 - Tm2 + Delay2 = Ts2 - Tm2 + (\Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5')$ ; o

10 el equipo DSL y el segundo equipo, después de procesar el símbolo transmitido/recibido, calculan el desfase de acuerdo con:

$Offset = Ts1 - Tm1 - Delay1 = Ts1 - Tm1 - \Delta t3$ , y

$Offset = Ts2 - Tm2 + Delay1 = Ts2 - Tm2 + \Delta t6$

15 La unidad 600 de procesamiento lee el tiempo del reloj local y ajusta el tiempo local en función del tiempo del reloj local y el desfase.

El segundo equipo puede ser la CO o el CPE, y el equipo DSL también se puede utilizar como la CO o como el CPE.

20 Como se puede observar a partir de los modos de realización descritos más arriba, de acuerdo con la presente invención, corrigiendo el tiempo local correspondiente a las marcas de tiempo, el receptor puede leer con exactitud el tiempo local, y se puede calcular el desfase entre el reloj del CPE y el reloj de la CO de modo que el reloj del CPE se puede ajustar en función del desfase para conseguir la sincronización entre el reloj de la CO y el reloj del CPE.

25 Aquellos con una experiencia normal en la técnica pueden entender que todo o parte de los pasos incluidos en los métodos de los modos de realización de más arriba se pueden realizar mediante un programa que se ejecute en un hardware asociado. El programa puede estar almacenado en un medio de almacenamiento legible por un ordenador, incluyendo una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de acceso aleatorio (RAM), un disco magnético o un disco compacto (CD).

La descripción realizada más arriba incluye únicamente varios modos de realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no se encuentra limitada a dichos modos de realización.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para sincronización de tiempo de una línea digital de abonado, DSL, que comprende:

recibir (20), por parte de un primer equipo, un segundo símbolo transmitido por un segundo equipo, y obtener un tiempo Ts1 que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo;

5 transmitir (30), por parte del primer equipo, un primer símbolo al segundo equipo, y obtener un tiempo Ts2 que indica el instante en el que se transmite el primer símbolo; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas multitono discretas, DMT;

obtener (40), por parte del primer equipo, un tiempo Tm2 que indica el instante en el que el segundo equipo recibe el primer símbolo y un tiempo Tm1 que indica el instante en el que el segundo equipo transmite el segundo símbolo;

10 calcular (60), por parte del primer equipo, un desfase entre un reloj del primer equipo y un reloj del segundo equipo en función de los tiempos Ts1, Ts2, Tm1 y Tm2; y

ajustar (60), por parte del primer equipo, el reloj del primer equipo con el desfase para sincronizarse con el reloj del segundo equipo; en donde el tiempo Ts2 es el instante en el que el primer equipo transmite una muestra en una posición de comienzo del primer símbolo, el tiempo Tm2 es el instante en el que el segundo equipo recibe la misma muestra en la posición de comienzo del primer símbolo, el tiempo Tm1 es el instante en el que el segundo equipo transmite una muestra en una posición de comienzo del segundo símbolo, y el tiempo Ts1 es el instante en el que el primer equipo recibe la misma muestra en la posición de comienzo del segundo símbolo.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el desfase entre un reloj local del primer equipo y un reloj local del segundo equipo se estima utilizando los tiempos Ts1, Ts2, Tm1 y Tm2.

20 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el desfase se calcula suponiendo que los retardos de propagación del flujo de bajada y del flujo de subida de un par trenzado de la DSL son aproximadamente iguales.

4. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende, además: ajustar el tiempo Tm1 añadiendo un retardo producido por el segundo equipo.

25 5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el cálculo, por parte del primer equipo, del desfase entre el reloj del primer equipo y el reloj del segundo equipo en función de Ts1, Ts2, Tm1, Tm2 y un retardo Delay1 de la ruta desde el segundo equipo al primer equipo, y un retardo Delay2 de la ruta desde el primer equipo al segundo equipo comprende:

calcular, por parte del primer equipo, el desfase de acuerdo con:

$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1}, \text{ y}$$

30 
$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay2},$$

en donde el retardo Delay1 de la ruta se calcula en función de un retardo de transmisión del segundo equipo y un retardo de recepción del primer equipo, y el retardo Delay2 de la ruta se calcula en función de un retardo de transmisión del primer equipo y un retardo de recepción del segundo equipo.

6. El método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que:

35 el cálculo del retardo Delay1 de la ruta en función de un retardo de transmisión del segundo equipo y un retardo de recepción del primer equipo comprende: calcular el retardo Delay1 de la ruta en función de un retardo de transmisión analógico del segundo equipo y un retardo de recepción analógico del primer equipo; y

40 el cálculo del retardo Delay2 de la ruta en función de un retardo de transmisión del primer equipo y un retardo de recepción del segundo equipo comprende: calcular el retardo Delay2 de la ruta en función de un retardo de transmisión analógico del primer equipo y un retardo de recepción analógico del segundo equipo.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que:

45 el cálculo del retardo Delay1 de la ruta en función del retardo de transmisión del segundo equipo y el retardo de recepción del primer equipo comprende: calcular el retardo Delay1 de la ruta en función del retardo de transmisión analógico del segundo equipo, un retardo de transmisión digital del segundo equipo, el retardo de recepción analógico del primer equipo, y un retardo de recepción digital del primer equipo; y

el cálculo del retardo Delay2 de la ruta en función de un retardo de transmisión del primer equipo y un retardo de recepción del segundo equipo comprende: calcular el retardo Delay2 de la ruta en función del retardo de transmisión analógico del primer equipo, un retardo de transmisión digital del primer equipo, el retardo de recepción analógico

del segundo equipo y un retardo de recepción digital del segundo equipo.

- 5 8. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que comprende: obtener una diferencia de fase de los símbolos entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación, en donde el punto de recepción es una posición en la que el primer equipo recibe inicialmente una señal del segundo símbolo y el punto de comprobación es una posición en la que el segundo equipo transmite inicialmente la misma señal del segundo símbolo;

corregir el tiempo  $T_{s1}$  en función de la diferencia de fase.

- 10 9. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la obtención por parte del primer equipo del tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo comprende:

- 10 leer, por parte del primer equipo, el tiempo  $T_{s1}'$  del reloj del primer equipo que indica el instante de recepción de una señal del segundo símbolo;

- 15 corregir, por parte del primer equipo, el tiempo  $T_{s1}'$  para obtener el punto de tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que el primer equipo deberá recibir un punto de comprobación en función de una diferencia de fase de símbolos entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación, en donde el punto de recepción es una posición en la que el primer equipo recibe la señal del segundo símbolo y el punto de comprobación es una posición en la que el segundo equipo transmite la señal del segundo símbolo; y

obtener, por parte del primer equipo, el tiempo  $T_{s1}$  y utilizarlo como el tiempo que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo.

- 20 10. El método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la corrección, por parte del primer equipo, del tiempo  $T_{s1}'$  para obtener el punto de tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que el primer equipo deberá recibir el punto de comprobación en función de la diferencia de fase entre la fase del punto de recepción y la fase del punto de comprobación:

cuando el primer equipo utiliza una pluralidad de señales en el segundo símbolo, obtener, por parte del primer equipo, una fase de un punto de comprobación en cada una de las señales;

- 25 obtener, por parte del primer equipo, una fase de un punto de recepción en cada una de las señales;

calcular, por parte del primer equipo, el tiempo que transcurre desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación en cada una de las señales, con el fin de obtener una pluralidad de valores de tiempo;

obtener, por parte del primer equipo, un desfase entre las marcas de tiempo realizadas por el primer equipo en función de la pluralidad de los valores de tiempo; y

- 30 corregir, por parte del primer equipo, el tiempo  $T_{s1}'$  para obtener el tiempo  $T_{s1}$  en función del desfase.

11. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que la obtención, por parte del primer equipo, del tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que el segundo equipo recibe el primer símbolo comprende:

- 35 leer, por parte del segundo equipo, el tiempo  $T_{m2}'$  del reloj del segundo equipo que indica el instante de recepción de una señal del primer símbolo;

- 40 corregir, por parte del segundo equipo, el tiempo  $T_{m2}'$  para obtener el punto de tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que el segundo equipo deberá recibir un punto de comprobación en función de una diferencia de fase entre una fase en un punto de recepción y un punto de comprobación, en donde el punto de recepción es una posición en la que el segundo equipo recibe la señal del primer símbolo y el punto de comprobación es una posición en la que el primer equipo transmite la señal del primer símbolo; y

obtener, por parte del segundo equipo, el tiempo  $T_{m2}$  y utilizarlo como el tiempo que indica el instante en el que se recibe el primer símbolo.

- 45 12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la corrección, por parte del segundo equipo, del tiempo  $T_{m2}'$  para obtener el punto de tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que el segundo equipo deberá recibir el punto de comprobación en función de la diferencia de fase entre la fase del punto de recepción y la fase del punto de comprobación, comprende:

cuando se utiliza una pluralidad de señales en el primer símbolo, obtener, por parte del segundo equipo, una fase de un punto de comprobación en cada una de las señales;

- obtener, por parte del segundo equipo, una fase de un punto de recepción en cada una de las señales;
- calcular, por parte del segundo equipo, el tiempo que transcurre desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación en cada una de las señales, con el fin de obtener una pluralidad de valores de tiempo;
- 5 obtener, por parte del segundo equipo, un desfase entre las marcas de tiempo realizadas por el segundo equipo en función de la pluralidad de los valores de tiempo; y
- corregir, por parte del segundo equipo, el tiempo  $T_{m2}'$  para obtener el tiempo  $T_{m2}$  en función del desfase.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el primer equipo es un equipo en las instalaciones del cliente, CPE, y el segundo equipo es una central de conmutación, CO.
- 10 14. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que los tiempos  $T_{m2}$  y  $T_{m1}$  se envían al primer equipo a través de un canal de mensajes.
15. El método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$  se obtienen en el extremo del primer equipo de un par trenzado o en el extremo del segundo equipo de un par trenzado.
16. Un equipo de la línea digital de abonado, DSL, que comprende:
- 15 una unidad (300) de transmisión, configurada para transmitir un primer símbolo y obtener el tiempo  $T_{s2}$  que indica el instante en el que se transmite el primer símbolo;
- una unidad (400) de recepción, configurada para recibir un segundo símbolo transmitido por un segundo equipo y obtener el tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que se recibe el segundo símbolo; y obtener el tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que el segundo equipo recibe el primer símbolo y el tiempo  $T_{m1}$  que indica el instante en el que el segundo equipo transmite el segundo símbolo; y
- 20 una unidad (600) de procesamiento, configurada para obtener un retardo del equipo DSL, calcular un desfase entre un reloj del equipo DSL y un reloj del segundo equipo en función de  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$ ,  $T_{m2}$ , y ajustar el reloj del equipo DSL en función del desfase; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas multitonos discretas, DMT;
- 25 en donde el tiempo  $T_{s2}$  es el instante en el que el equipo DSL transmite una muestra en una posición de comienzo del primer símbolo, el tiempo  $T_{m2}$  es el instante en el que el segundo equipo recibe la misma muestra en la posición de comienzo del primer símbolo, el tiempo  $T_{m1}$  es el instante en el que el segundo equipo transmite una muestra en una posición de comienzo del segundo símbolo, y el tiempo  $T_{s1}$  es el instante en el que el equipo DSL recibe la misma muestra en la posición de comienzo del segundo símbolo.
- 30 17. El equipo DSL de acuerdo con la reivindicación 16, configurado, además, para obtener una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación, en donde el punto de recepción es una posición en la que el primer equipo recibe inicialmente una señal del segundo símbolo y el punto de comprobación es una posición en la que el segundo equipo transmite inicialmente la misma señal del segundo símbolo.
18. El equipo DSL de acuerdo con la reivindicación 16, en el que la unidad (400) de recepción comprende, además, un módulo de obtención y un módulo de corrección, en donde:
- 35 el módulo de obtención recibe una señal del segundo símbolo, obtiene el tiempo  $T_{s1}'$  del reloj del equipo DSL, y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  que indica el instante en el que el segundo equipo recibe el primer símbolo y el tiempo  $T_{m1}$  que indica el instante en el que el segundo equipo transmite el segundo símbolo; y
- 40 el módulo de corrección corrige el tiempo  $T_{s1}'$  para obtener el punto de tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que el módulo de obtención deberá recibir un punto de comprobación en función de una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de comprobación, en donde el punto de recepción es una posición en la que el módulo de obtención recibe inicialmente la señal del segundo símbolo, y el punto de comprobación es una posición en la que el segundo equipo transmite inicialmente la señal del segundo símbolo, y el módulo de corrección obtiene el tiempo  $T_{s1}$  y lo utiliza como el tiempo que indica el instante en el que el módulo de obtención recibe el segundo símbolo.
- 45 19. El equipo DSL de acuerdo con la reivindicación 18, en el que la corrección, por parte del módulo de corrección, del tiempo  $T_{s1}'$  para obtener el punto de tiempo  $T_{s1}$  que indica el instante en el que el módulo de obtención deberá recibir el punto de comprobación en función de la diferencia de fase entre la fase del punto de recepción y la fase del punto de comprobación comprende:
- 50 cuando se utiliza una pluralidad de señales en el segundo símbolo, obtener, por parte del módulo de corrección una fase de un punto de comprobación en cada una de las señales;

obtener, por parte del módulo de corrección, una fase de un punto de recepción en cada una de las señales;

calcular, por parte del módulo de corrección, el tiempo transcurrido desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de comprobación en cada una de las señales con el fin de obtener una pluralidad de valores de tiempo;

5 obtener, por parte del módulo de corrección, un desfase del tiempo  $Ts1'$  obtenido por el módulo de obtención en función de la pluralidad de valores de tiempo; y

corregir, por parte del módulo de corrección, el tiempo  $Ts1'$  para obtener el tiempo  $Ts1$  en función del desfase.

10 20. El equipo DSL de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16-19, en el que el cálculo, por parte de la unidad de procesamiento, del desfase entre el reloj del primer equipo y el reloj del segundo equipo en función de  $Ts1$ ,  $Ts2$ ,  $Tm1$ ,  $Tm2$ , un retardo  $Delay1$  de la ruta desde el segundo equipo al primer equipo y un retardo  $Delay2$  de la ruta desde el primer equipo al segundo equipo, el cálculo del desfase entre el reloj del primer equipo y el reloj del segundo equipo comprende:

$Offset = Ts1 - Tm1 - Delay1$ , y

$Offset = Ts2 - Tm2 + Delay2$ ,

15 en donde el retardo  $Delay1$  de la ruta se calcula en función de un retardo de transmisión del segundo equipo y un retardo de recepción del primer equipo, y el retardo  $Delay2$  de la ruta se calcula en función de un retardo de transmisión del primer equipo y un retardo de recepción del segundo equipo.

21. El equipo DSL de acuerdo con la reivindicación 20, en el que:

20 el cálculo del retardo  $Delay1$  de la ruta en función del retardo de transmisión del segundo equipo y el retardo de recepción del primer equipo comprende: calcular el retardo  $Delay1$  de la ruta en función de un retardo de transmisión analógico del segundo equipo y un retardo de recepción analógico del primer equipo; y

el cálculo del retardo  $Delay2$  de la ruta en función del retardo de transmisión del primer equipo y el retardo de recepción del segundo equipo comprende: calcular el retardo  $Delay2$  de la ruta en función de un retardo de transmisión analógico del primer equipo y un retardo de recepción analógico del segundo equipo.

25 22. El equipo DSL de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16-21, en donde los tiempos  $Ts1$ ,  $Ts2$ ,  $Tm1$  y  $Tm2$  se obtienen en el extremo del primer equipo de un par trenzado o en el extremo del segundo equipo de un par trenzado.

23. El equipo DSL de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16-22, en donde el equipo DSL es un equipo en las instalaciones del usuario, CPE.

30 24. Un sistema para sincronizar el tiempo de una línea digital de abonado, DSL, que comprende un primer equipo de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16-23 y un segundo equipo, en donde:

35 el primer equipo transmite al segundo equipo un primer símbolo y recibe un segundo símbolo transmitido por el segundo equipo, obtiene el tiempo  $Ts2$  que indica el instante en el que el primer equipo transmite el primer símbolo, el tiempo  $Ts1$  que indica el instante en el que el primer equipo recibe el segundo símbolo, el tiempo  $Tm1$  que indica el instante en el que el segundo equipo transmite el segundo símbolo, y el tiempo  $Tm2$  que indica el instante en el que el segundo equipo recibe el primer símbolo, calcula un desfase entre un reloj del primer equipo y un reloj del segundo equipo en función de  $Ts1$ ,  $Ts2$ ,  $Tm1$  y  $Tm2$ , y ajusta el reloj del primer equipo en función del desfase para sincronizarse con el reloj del segundo equipo; y

el segundo equipo recibe el primer símbolo y transmite el segundo símbolo, obtiene el tiempo  $Tm1$  y el tiempo  $Tm2$ , y transmite al primer equipo el tiempo  $Tm1$  y el tiempo  $Tm2$ ;

40 en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas multitono discretas, DMT;

45 en donde el tiempo  $Ts2$  es el instante en el que el primer equipo transmite una muestra en una posición de comienzo del primer símbolo, el tiempo  $Tm2$  es el instante en el que el segundo equipo recibe la misma muestra en la posición de comienzo del primer símbolo, el tiempo  $Tm1$  es el instante en el que el segundo equipo transmite una muestra en una posición de comienzo del segundo símbolo, y el tiempo  $Ts1$  es el instante en el que el primer equipo recibe la misma muestra en la posición de comienzo del segundo símbolo.

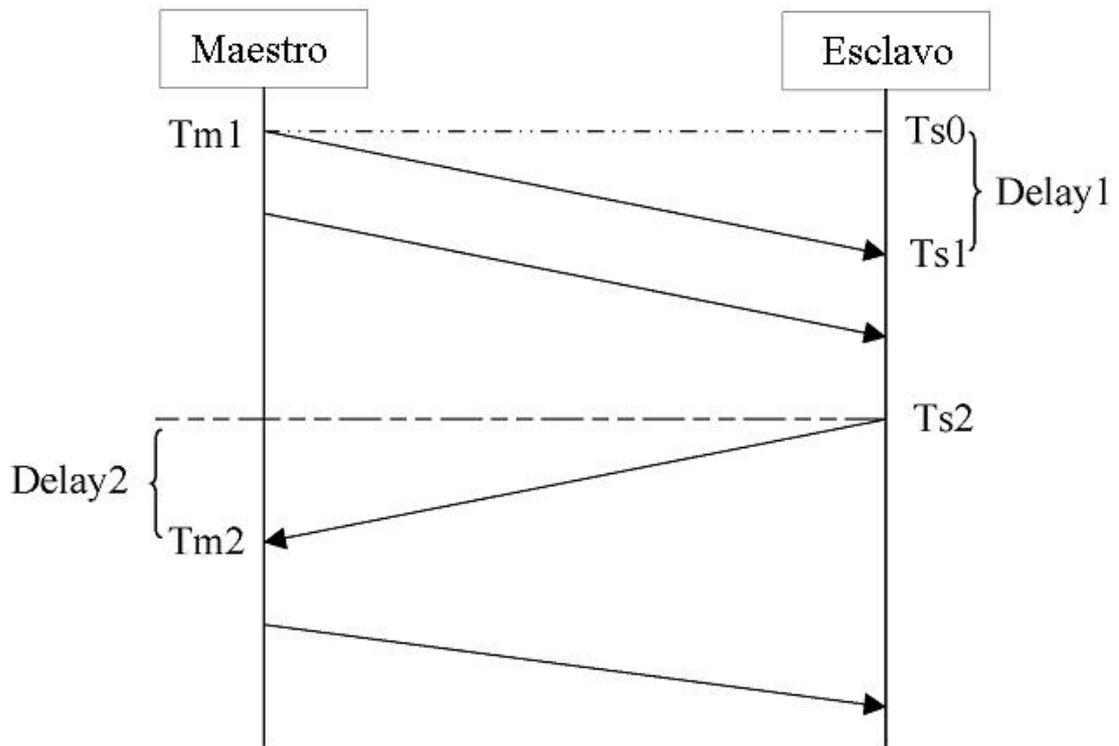


FIG. 1

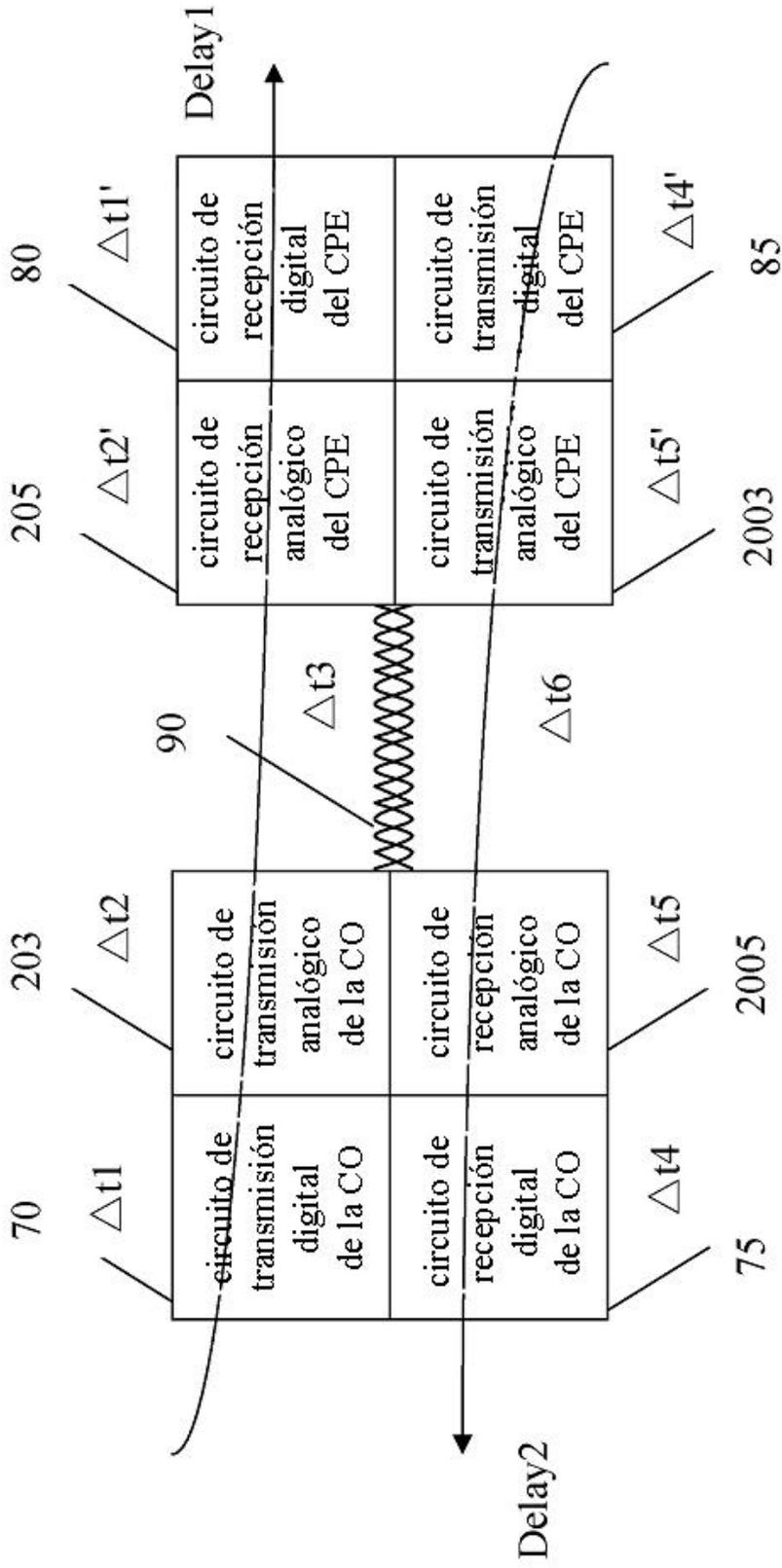


FIG. 2

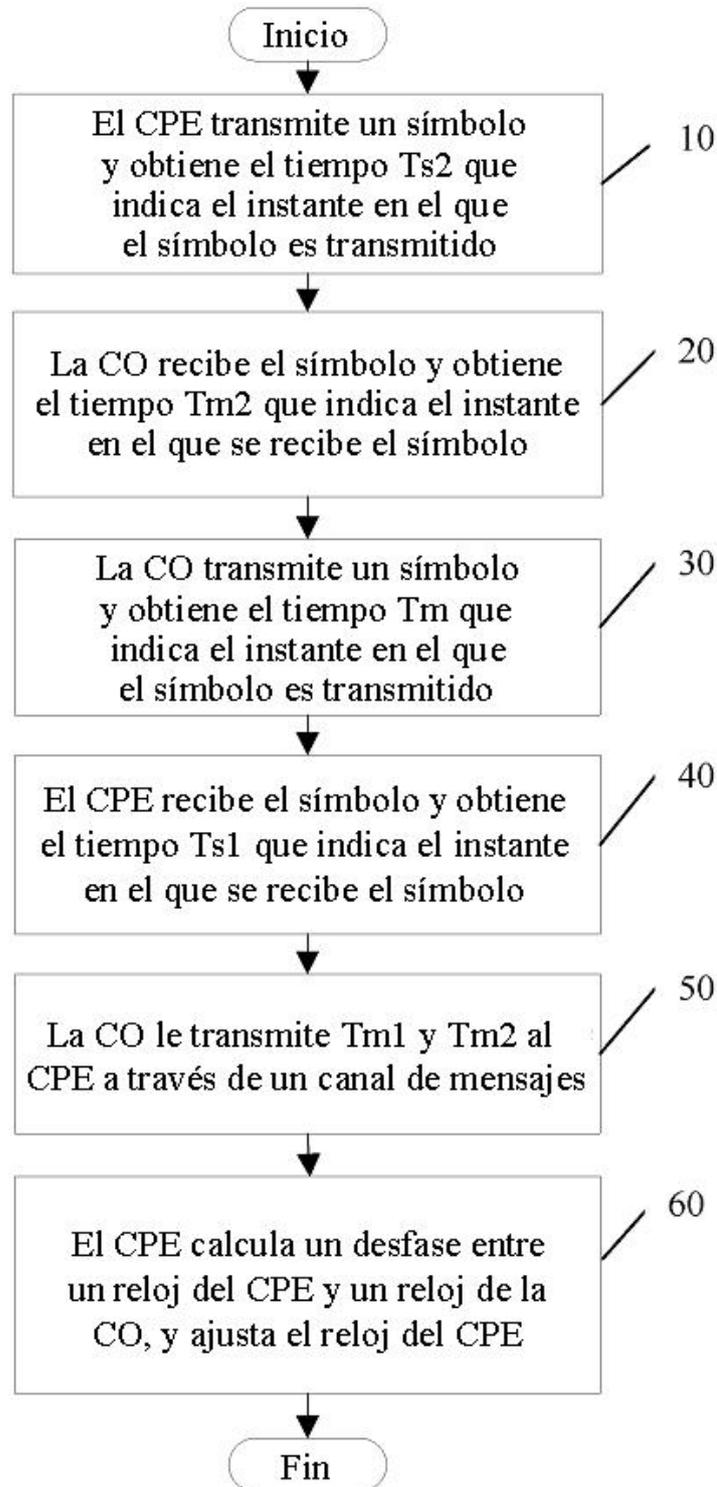


FIG. 3

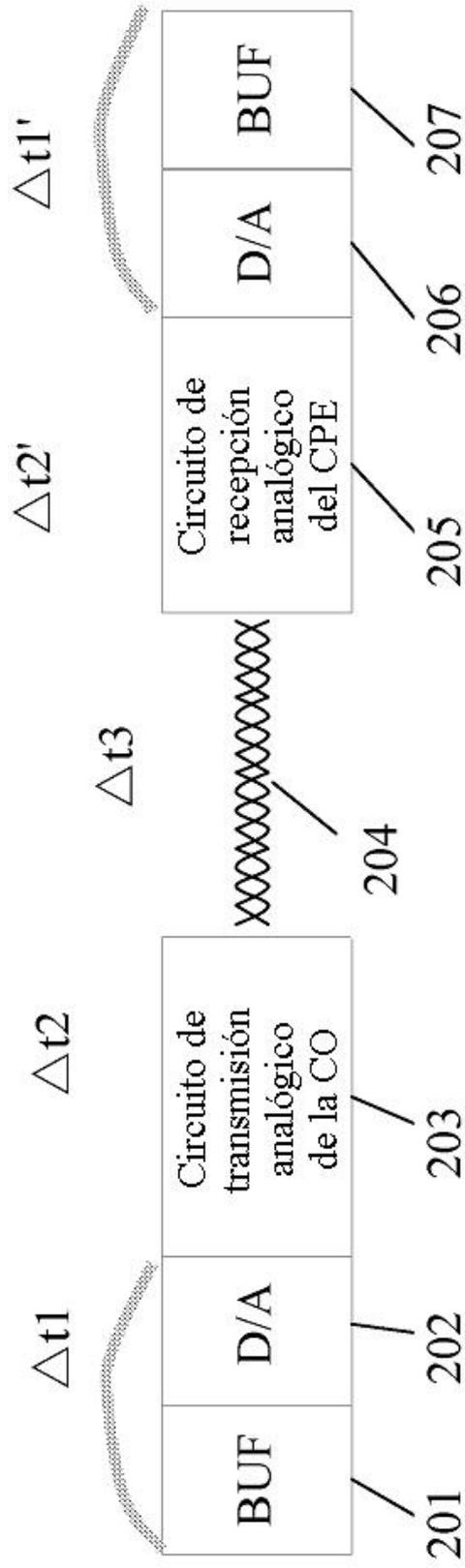


FIG. 4

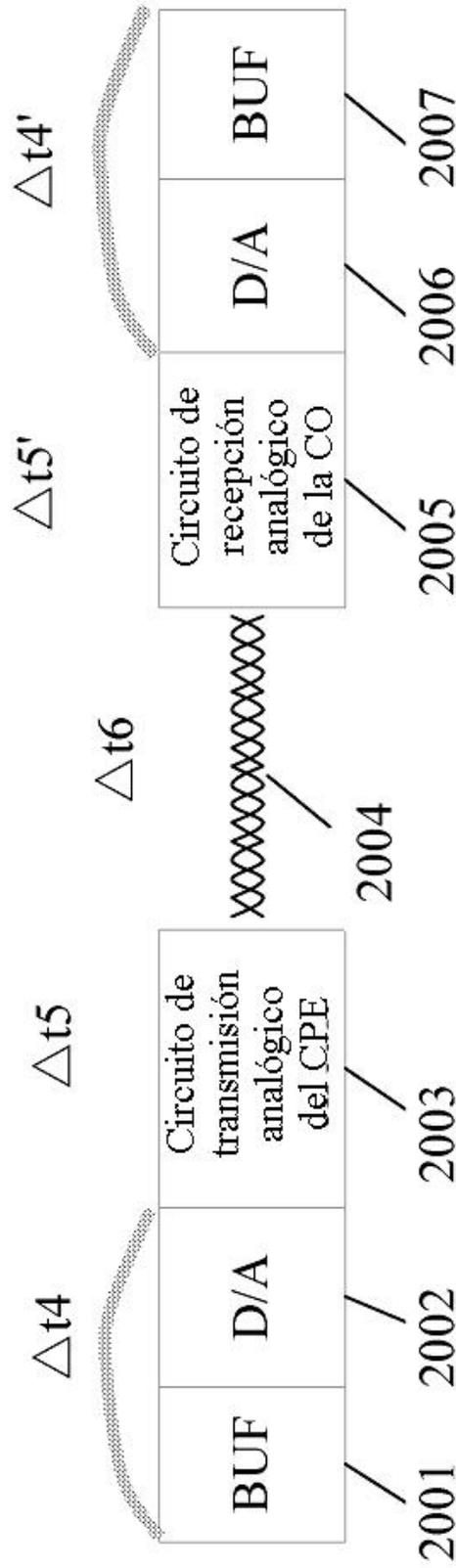


FIG. 5

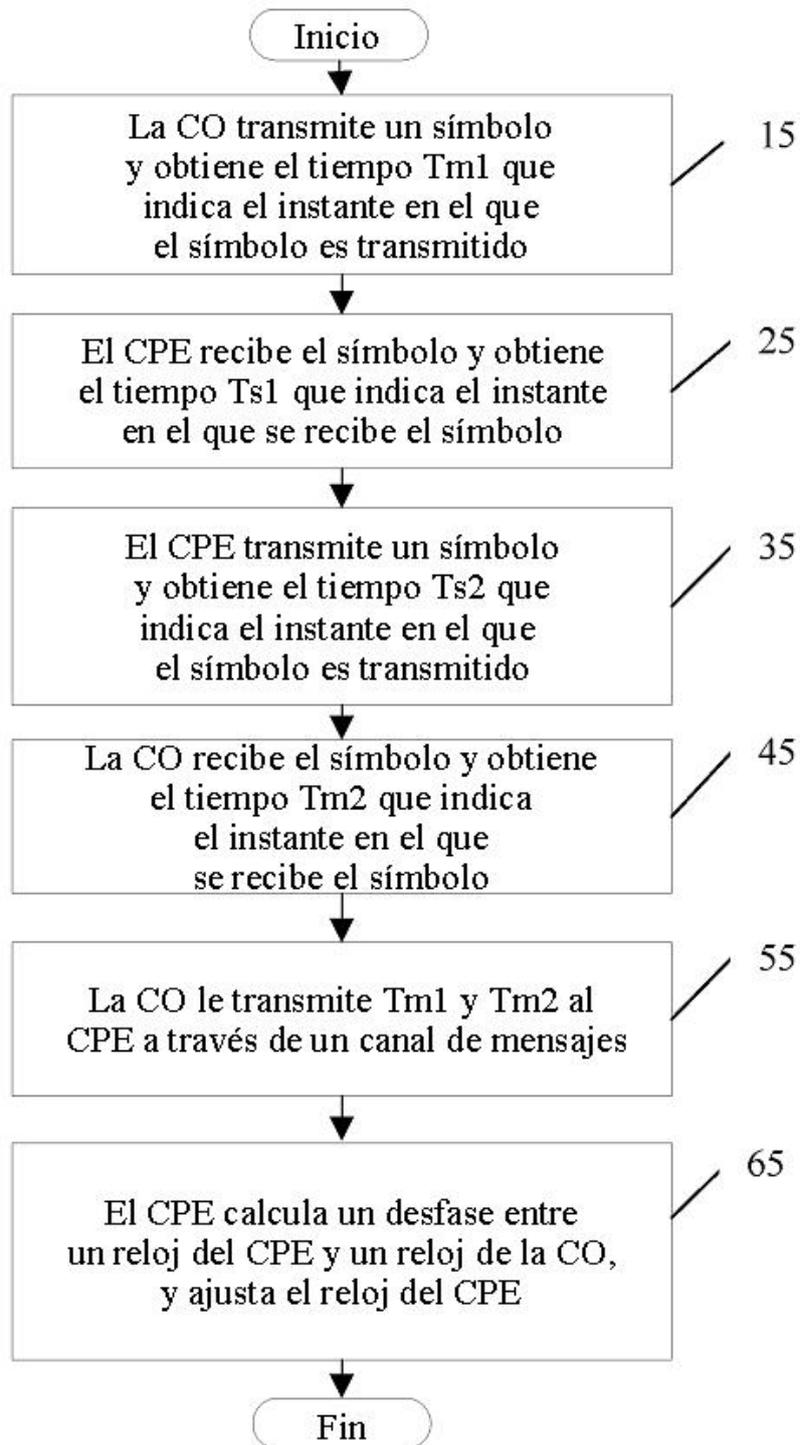


FIG. 6

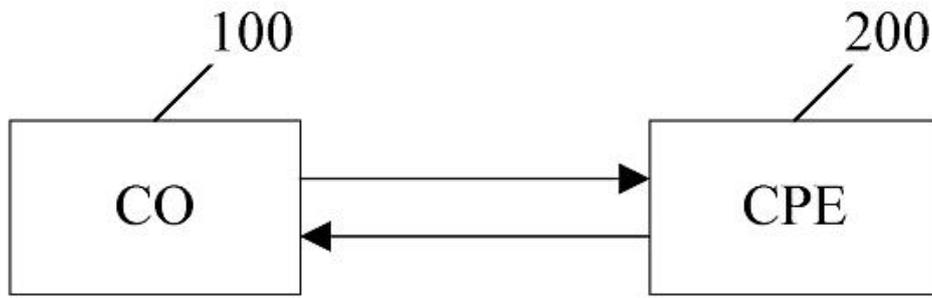


FIG. 7

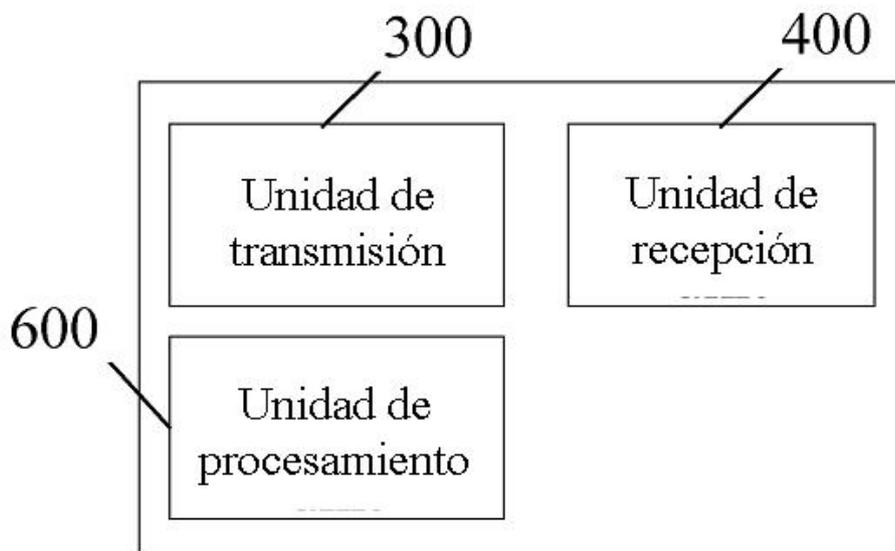


FIG. 8