

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 579 154**

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 13178105 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2658201**

54 Título: **Método, aparato y sistema de sincronización temporal de XDSL**

30 Prioridad:

**16.01.2009 CN 200910105103**

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

**05.08.2016**

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 2 579 154 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, aparato y sistema de sincronización temporal de XDSL

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de las comunicaciones y más en particular, a un método, un aparato y un sistema para la sincronización temporal de una Línea de Abonado Digital (DSL).

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Con la aparición de la comunicación móvil de la 3ª generación (3G) y otras tecnologías de comunicaciones móviles digitales avanzadas, el número de Femtocélulas es creciente para satisfacer dicha exigencia. La sincronización temporal con alta exactitud se requiere para la Femtocélula. En general, un módulo de recuperación de reloj se incluye en un terminal de red. Por lo tanto, la sincronización de reloj (esto es, sincronización de la frecuencia) ha de proporcionarse fácilmente para la Femtocélula. Sin embargo, la sincronización temporal es muy difícil de proporcionar. Necesita resolverse algunos problemas técnicos a este respecto. La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra un sistema para conseguir la sincronización temporal exacta propuesta en esta técnica. Suponiendo que Offset es un desplazamiento 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, entonces, lo siguiente puede conocerse a partir de la Figura 1 de que:

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

$$25 \quad Ts1 - Ts0 = \text{Delay1}$$

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

$$30 \quad \text{de modo similar, } Tm2 = Ts2 - \text{Offset} + \text{Delay2}$$

$$\text{por lo que, } \text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay2}$$

Si el retardo desde el reloj maestro al reloj esclavo es igual al retardo desde el reloj esclavo al reloj maestro, esto es, Delay1 = Delay2, entonces se tiene

$$35 \quad \text{Offset} = (Ts1 + Ts2 - Tm1 - Tm2)/2 \quad (1)$$

De este modo, el desplazamiento (Offset) entre el reloj esclavo y el reloj maestro se obtiene de modo que el reloj esclavo pueda sincronizarse con el reloj maestro con exactitud.

40 Sin embargo, en el caso de que un dispositivo de Línea de Abonado Digital x (xDSL) funcione para la red de retorno móvil, el reloj maestro corresponde a un equipo de oficina central (CO) y el reloj esclavo corresponde a un equipo local del cliente (CPE). El canal entre el equipo de CO y el equipo CPE es complicado, y pasa a través de un circuito analógico del equipo CO, un cable, un circuito analógico del equipo CPE y también circuitos de procesamiento de señales digitales en el equipo CO y el equipo CPE. En consecuencia, un retardo de enlace descendente desde el equipo de CO al equipo CPE puede no ser necesariamente igual a un retardo de enlace descendente desde el equipo CPE al equipo CO, esto es, Delay1 ≠ Delay2. En función de algunos resultados de la medición, la diferencia entre Delay1 y Delay2 es superior a 1 μs. Por lo tanto, el desplazamiento entre el reloj de CO y el reloj de CPE no puede derivarse directamente con la aplicación de la fórmula (1).

50 Según se ilustra en la Figura 2, un retardo de flujo descendente incluye un retardo Δt1 de un circuito de transmisión digital CO 70, un retardo Δt2 de un circuito de transmisión analógica CO 203, un retardo de flujo descendente Δt3 de un par trenzado 90, un retardo Δt2' de un circuito de recepción analógica de CPE 205 y un retardo Δt1' de un circuito de recepción digital de CPE 80; y un retardo de flujo ascendente incluye un retardo Δt4 de un circuito de recepción digital CO 75, un retardo Δt5 de un circuito de recepción analógica de CO 2005, un retardo de flujo ascendente Δt6 de un par trenzado 90, un retardo Δt5' de un circuito de transmisión analógica de CPE 2003 y un retardo Δt4' de un circuito de transmisión digital de CPE 85. En general, se tiene Delay1 = Δt1 + Δt2 + Δt3 + Δt2' + Δt1' ≠ Delay2 = Δt4 + Δt5 + Δt6 + Δt5' + Δt4' y la diferencia entre los dos retardos suele ser mayor que 1 μs.

60 Un receptor de xDSL detecta un límite de tramas y realiza una sincronización de tramas durante la inicialización. En casos prácticos, un pequeño error puede existir con el algoritmo de sincronización y la precisión de la sincronización está restringida por la tasa de muestreo y un error de la sincronización de tramas puede afectar a la exactitud de la sincronización temporal. Si el inicio de una trama especificada se registra como una marca temporal Tm1 (en el lado de CO) o una marca temporal Ts2 (en el lado de CPE) por un transmisor, se introduce un error, cuando una marca temporal Ts1 (en el lado de CPE) o una marca temporal Tm2 se registra por un receptor con un algoritmo para sincronización de tramas. Debido al error de la sincronización de tramas, un error introducido por el registro del

65

tiempo Ts1 en el lado del CPE o el tiempo Tm2 en el lado de CO será de gran magnitud. En particular, el error será incluso mayor cuando el tiempo Tm2 se registre por el CO en la dirección de flujo ascendente con baja tasa de muestreo.

5 Delay1 puede obtenerse también midiendo directamente un retardo del canal de flujo descendente. De este modo, un desplazamiento entre el CO y el CPE puede obtenerse de forma directa, esto es,  $\text{Offset} = \text{Ts1} - \text{Tm1} - \text{Delay1}$ . Sin embargo, actualmente, la medición del retardo del canal xDSL (en particular en el par trenzado) no es suficientemente exacta, en particular, cuando la longitud del bucle es excesiva, existen ruidos de gran magnitud en el bucle o existe un puenteo de puntos de derivación en el bucle.

10 El documento titulado "Un algoritmo de sincronización temporal mejorado de IEEE 1588 para la comunicación asimétrica" de Sungwon Lee en IEEE COMMUNICATIONS LETTERS, VOL. 12, N° 9 SEPTIEMBRE 2008, páginas 687 - 699 da a conocer un algoritmo de sincronización mejorado para calcular la relación asimétrica de un enlace de comunicaciones de xDSL y el algoritmo mejora la precisión de la sincronización temporal.

15 SUMARIO DE LA INVENCION

Formas de realización de la presente invención pueden obtener un retardo de un canal con exactitud, corregir el tiempo de reloj leído por el equipo CO y por CPE y conseguir la sincronización temporal entre los equipos CPE y CO calculando un desplazamiento entre el reloj del equipo CPE y el reloj del equipo CO.

Una forma de realización de la presente invención da a conocer un método para la sincronización temporal de una línea de abonado digital (DSL). El método incluye:

25 la recepción, por un primer aparato, de un segundo símbolo transmitido por un segundo aparato, y la obtención del tiempo Ts1 que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo;

la transmisión, por el primer aparato, de un primer símbolo al segundo aparato, y la obtención del tiempo Ts2 que indica el momento en que se transmite el primer símbolo; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas de multitonality discreta, DMT;

la obtención, por el primer aparato, del tiempo Tm2 que indica el momento en que el primer símbolo se recibe por el segundo aparato y el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato;

35 el cálculo, por el primer aparato, de un desplazamiento entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato, en conformidad con los tiempos Ts1, Ts2, Tm1, Tm2; y

el ajuste, por el primer aparato, del reloj del primer aparato con el desplazamiento para la sincronización con el reloj del segundo aparato;

en donde el tiempo Ts2 es el momento en que una muestra en una posición específica del primer símbolo se transmite por el primer aparato, el tiempo Tm2 es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del primer símbolo se recibe por el segundo aparato, el tiempo Tm1 es el momento en que se transmite una muestra en una posición específica del segundo símbolo por el segundo aparato, y el tiempo Ts1 es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del segundo símbolo se recibe por el primer aparato.

Una forma de realización de la presente invención da a conocer un aparato de DSL. El aparato de DSL, como un primer aparato, incluye:

50 una unidad de transmisión, configurada para transmitir un primer símbolo, y para obtener el tiempo el Ts2 que indica el momento en que se transmite el primer símbolo;

una unidad de recepción, configurada para recibir un segundo símbolo transmitido por un segundo aparato y para obtener el tiempo Ts1 que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo; y para obtener el tiempo Tm2 que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato y el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato; y

60 una unidad de procesamiento, configurada para obtener un retardo del primer aparato, para calcular un desplazamiento entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos Ts1, Ts2, Tm1, Tm2 y ajustar el reloj del primer aparato en función del desplazamiento; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas de multitonality discreta, DMT,

65 en donde el tiempo Ts2 es el momento en que una muestra en una posición específica del primer símbolo se transmite por el primer aparato, el tiempo Tm2 es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del primer símbolo se recibe por el segundo aparato, el tiempo Tm1 es el momento en que una muestra

en una posición específica del segundo símbolo se transmite por el segundo aparato y el tiempo  $T_{s1}$  es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica se recibe por el primer aparato.

5 Una forma de realización de la presente invención da a conocer un sistema para la sincronización temporal de una línea DSL. El sistema incluye un primer aparato y un segundo aparato, en donde:

10 el primer aparato transmite un primer símbolo al segundo aparato y recibe un segundo símbolo transmitido por el segundo aparato, obtiene el tiempo  $T_{s2}$  que indica el momento en que el primer símbolo se transmite por el primer aparato, el tiempo  $T_{s1}$  que indica el momento en que el segundo símbolo se recibe por el primer aparato, el tiempo  $T_{m1}$  que indica el momento en que el segundo símbolo se transmite por el segundo aparato y el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que el primer símbolo se recibe por el segundo aparato, calcula un desplazamiento entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$ ,  $T_{m2}$  y ajusta el reloj del primer aparato en función del desplazamiento para la sincronización con el reloj del segundo aparato; y

15 el segundo aparato recibe el primer símbolo y transmite el segundo símbolo, obtiene el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$ , y transmite el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$  del primer aparato; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas de multitonality discreta, DMT;

20 en donde el tiempo  $T_{s2}$  es el momento en que una muestra en una posición específica del primer símbolo se transmite por el primer aparato, el tiempo  $T_{m2}$  es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del primer símbolo se recibe por el segundo aparato, el tiempo  $T_{m1}$  es el momento en que una muestra en una posición específica del segundo símbolo se transmite por el segundo aparato y el tiempo  $T_{s1}$  es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del segundo símbolo se recibe por el primer aparato.

25 En conformidad con las formas de realización de la presente invención, el problema de que un límite de trama indistinto es causado cuando el límite de trama se recupera por intermedio de un algoritmo de terminal de recepción puede resolverse; un error de sincronización entre un terminal de recepción y un terminal de transmisión puede calcularse en conformidad con un símbolo específico transmitido por el terminal de transmisión y luego, un error de marca temporal causado por el límite de trama indistinto puede corregirse en conformidad con el error de sincronización. Asimismo, un desplazamiento entre un reloj del equipo CPE y un reloj del equipo CO puede obtenerse calculando un retardo de un canal de modo que la sincronización temporal entre el reloj del equipo CPE y el reloj del equipo CO pueda conseguirse con exactitud, en función del desplazamiento.

### 35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 es un diagrama esquemático que ilustra el principio de sincronización temporal definido en la norma IEEE 1588v2;

40 La Figura 2 es un diagrama esquemático de un retardo de propagación de flujo descendente y un retardo de propagación de flujo ascendente;

La Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de sincronización en conformidad con una primera forma de realización de la presente invención,

45 La Figura 4 es un diagrama esquemático que identifica los elementos que constituyen un retardo de propagación del flujo descendente;

50 La Figura 5 es un diagrama esquemático que identifica los elementos que constituyen un retardo de propagación del flujo ascendente;

La Figura 6 es un diagrama de flujo de un método de sincronización en conformidad con una segunda forma de realización de la presente invención;

55 La Figura 7 es un diagrama esquemático de un sistema en conformidad con la presente invención; y

La Figura 8 es un diagrama esquemático de un aparato en conformidad con la presente invención.

### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

60 A continuación, la presente invención se describe, de forma clara, haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

Una primera forma de realización de la presente invención da a conocer un método para la sincronización temporal de xDSL. El método incluye las etapas siguientes:

65 transmitir, por un primer aparato, un primer símbolo a un segundo aparato, y obtener el tiempo  $T_{s2}$  que indica el momento en que se transmite el primer símbolo;

recibir, por el primer aparato, un segundo símbolo transmitido por el segundo aparato, y obtener el tiempo  $T_{s1}$  que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo;

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

10 el cálculo, por el primer aparato, de un desplazamiento entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$ ,  $T_{m2}$  y un retardo del primer aparato; y

15 el ajuste, por el primer aparato, del reloj del primer aparato en función del desplazamiento para conseguir la sincronización. En las formas de realización siguientes, el primer aparato se toma como un equipo CPE y el segundo aparato se toma como un equipo CO; sin embargo, puede entenderse por los expertos en esta técnica que el primer aparato puede ser también un equipo CO y el segundo aparato puede ser también un equipo CPE.

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

25 El método para la sincronización temporal en conformidad con la primera forma de realización se utiliza de tal manera que el equipo CPE transmite primero un símbolo de sincronización y luego, el equipo CO transmite un símbolo de sincronización, según el proceso específico ilustrado en la Figura 3.

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

30 Un sistema de modulación de multitonidad discreta (DMT) se utiliza en xDSL de modo que una señal se transmita en una trama DMT. En este caso, la sincronización temporal en xDSL se consigue también en las tramas DMT. Por lo tanto, el primer símbolo transmitido por el equipo CPE puede ser una trama DMT y la trama específica a elegirse se determina mediante negociación operativa entre los equipos CPE y CO.

35 Durante la inicialización, el equipo CPE transmite el primer símbolo. Cuando una determinada posición del primer símbolo es objeto de escritura en una memoria intermedia o un módulo de conversión D/A desde la memoria intermedia, el equipo CPE registra el tiempo  $T_{s2}$  correspondiente de su reloj local.

40 Un determinado punto en el que se inicia una marca temporal para el registro se determina también mediante negociación operativa entre los equipos CO y CPE. Cualquier posición en el primer símbolo puede utilizarse. En las formas de realización siguientes, una posición de inicio del primer símbolo se toma a modo de ejemplo.

En la etapa 20, el equipo CO recibe el primer símbolo transmitido por el equipo CPE y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que se recibe el primer símbolo.

45 El equipo CO recibe el primer símbolo transmitido por el equipo CPE. Cuando el equipo CO realiza la escritura de una muestra en la posición de inicio del primer símbolo en la memoria intermedia o la muestra en la posición de inicio del primer símbolo es objeto de lectura por un módulo de conversión A/D desde la memoria intermedia, el equipo CO registra el tiempo  $T_{m2}'$  correspondiente de su reloj local (esto es, se inicia una acción para obtener una marca temporal). Puesto que el equipo CO obtiene un límite de tramas calculando con un determinado algoritmo, un error puede introducirse cuando la posición de inicio se calcula con el algoritmo. En este caso, el tiempo  $T_{m2}'$  necesita corregirse por el equipo CO.

50 En función de una diferencia de fase entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control de una señal sinusoidal (o una señal cosenoidal) del primer símbolo, el equipo CO corrige el tiempo  $T_{m2}'$  a un tiempo  $T_{m2}$  en donde el tiempo  $T_{m2}$  es el tiempo que indica el momento en que el punto de control debe recibirse por el equipo CO. El punto de recepción es un punto de señal en donde el primer símbolo se recibe inicialmente por el equipo CO y el punto de control es un punto de señal en donde el primer símbolo se transmite inicialmente por el equipo CPE.

60 Cuando el equipo CO corrige el tiempo  $T_{m2}'$  en conformidad con una señal sinusoidal en el primer símbolo:

una fase de un punto correspondiente en la señal sinusoidal es fijado (a modo de ejemplo,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  o cualquier otro ángulo) cuando una acción para obtener la marca temporal se inicia por el equipo CPE de modo que este punto pueda tomarse como un punto de control y la fase del punto de control se obtiene cuando el equipo CO corrige el tiempo  $T_{m2}'$ . En las formas de realización siguientes,  $0^\circ$  se toma a modo de ejemplo.

65

El equipo CO obtiene una posición de la señal sinusoidal en donde el equipo CO se inicia operativamente para obtener una marca temporal, en donde la posición es un punto de recepción en el que se recibe el primer símbolo por el equipo CO y calcula el tiempo que necesita tomarse desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de control. A continuación, en conformidad con el tiempo, el equipo CO ajusta el tiempo  $Tm2'$  al tiempo  $Tm2$ .

5 El equipo CO puede realizar también la corrección utilizando una pluralidad de señales sinusoidales en el símbolo. Cuando el equipo CPE realiza la escritura de la muestra en la posición de inicio del primer símbolo en la memoria intermedia o la muestra en la posición de inicio del primer símbolo es objeto de lectura desde la memoria intermedia, siendo cada una de las señales en el primer símbolo solamente en un punto específico. El equipo CO toma estos puntos como punto de control y conoce las respectivas fases de los puntos de control en las señales sinusoidales cuando el equipo CPE obtiene las marcas temporales. A modo de ejemplo, un punto de control una de las señales sinusoidales está en  $0^\circ$ , un punto de control está en  $90^\circ$ , un punto de control está en  $45^\circ$  y así sucesivamente.

15 Después de recibir el primer símbolo, el equipo CO obtiene un punto de recepción correspondiente a partir de cada una de las señales sinusoidales y obtiene la fase del punto de recepción. A continuación, el equipo CO calcula el tiempo transcurrido desde la fase del punto de control a la fase del punto de control. El tiempo es un desplazamiento de una marca temporal que se realiza por el equipo CO en cada una de las señales sinusoidales. Las fases de estas señales sinusoidales pueden obtenerse por intermedio de la denominada Transformada de Fourier rápida (FFT) en el sistema DMT. Con el fin de mejorar la exactitud de la estimación y reducir la influencia de ruidos, el desplazamiento puede ser el valor medio de los múltiples cálculos, o estimarse con el coeficiente FEQ de un ecualizador del dominio de la frecuencia (FEQ) obtenido siguiendo la transformada de Fourier rápida FFT puesto que la compensación del desplazamiento angular puede realizarse por el ecualizador FEQ. Puesto que puede introducirse un error durante la sincronización de la trama DMT puede existir un desplazamiento entre estos ángulos por el equipo CO y por el equipo CPE. El desplazamiento tiene una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales y el gradiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de tramas. El desplazamiento de cada una de las señales sinusoidales puede trazarse en un sistema de coordenadas y luego, estos desplazamientos se conectan por una línea directa. El gradiente de la línea directa es solamente el desplazamiento de la marca temporal obtenida por el equipo CO debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores angulares obtenidos mediante un cálculo real puede no ser estrictamente una línea directa. El equipo CO puede obtener una línea directa óptima para aproximación en conformidad con un determinado algoritmo de optimización (a modo de ejemplo el método de los mínimos cuadrados) de modo que el equipo CO pueda calcular el error de marcas temporales tomadas en el extremo lejano y corrige la marca temporal  $Tm2'$  a la marca temporal  $Tm2$  en función de este error.

35 Considerando las características del sistema xDSL, estos errores angulares pueden obtenerse también utilizando la información de FEQ y luego, el tiempo  $Tm2'$  se ajusta al tiempo  $Tm2$  en una forma similar.

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

40 El equipo CO transmite un segundo símbolo, que puede ser también una trama DMT. Cuando el equipo CO realiza la escritura de una muestra en una posición de inicio en el primer símbolo en la memoria intermedia o una muestra en la posición de inicio del segundo símbolo es objeto de lectura desde la memoria intermedia por un módulo de conversión D/A del equipo CO, un valor temporal de un reloj local en el lado del equipo CO se toma por el CO (esto es, se inicia una acción para obtener las marcas temporales) y obtiene el tiempo  $Tm1$ . Un punto específico, en el que la acción para obtener el tiempo se inicia, se determina también mediante una negociación operativa entre los equipos CO y CPE, y cualquier posición del segundo símbolo puede utilizarse como un punto específico. En las siguientes formas de realización, la posición de inicio del segundo símbolo se toma a modo de ejemplo.

50 En la etapa 40, el equipo CPE recibe el segundo símbolo transmitido por el equipo CO, y obtiene el tiempo exacto  $Ts1$  que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo.

55 Cuando la muestra de la posición de inicio del segundo símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia o lectura desde la memoria intermedia por un módulo de conversión A/D, el equipo CPE inicia operativamente una acción para obtener las marcas temporales y registra el valor temporal del reloj local en el lado de CPE como el tiempo  $Ts1'$ . Puesto que el equipo CPE calcula también el límite de tramas por medio de un determinado algoritmo, puede introducirse un error en la determinación de la posición de inicio del segundo símbolo y el tiempo  $Ts1'$  obtenido necesita también corregirse por el equipo CPE.

60 En función de una diferencia de fase entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control de una señal sinusoidal (o de una señal cosenoidal) en el segundo símbolo, el equipo CPE corrige la marca temporal  $Ts1'$  a la marca temporal  $Ts1$  en donde la marca temporal  $Ts1$  es el tiempo que indica el momento en que debe recibirse el punto de control. El punto de recepción es un punto de señal en donde el segundo símbolo se recibe inicialmente por el equipo CPE y el punto de control es un punto de señal en donde el segundo símbolo se transmite inicialmente por el equipo CO.

5 Cuando el equipo CPE utiliza una señal sinusoidal en el segundo símbolo, una fase de punto correspondiente en esta señal sinusoidal se fija cuando el equipo CO inicia operativamente la acción para registrar la marca temporal, de modo que este punto en la señal sinusoidal pueda tomarse como un punto de control y se obtiene una fase del punto, a modo de ejemplo, 0°. Por lo tanto, el equipo CPE puede realizar una corrección en conformidad con este punto de control.

10 El equipo CPE toma el punto correspondiente de la señal sinusoidal que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo por el equipo CPE como el punto de recepción y obtiene una fase de este punto. A continuación, el equipo CPE calcula el tiempo transcurrido desde esta fase a una fase de un punto de control más próximo y ajusta el tiempo  $T_{s1'}$  al tiempo  $T_{s1}$  en función del tiempo.

15 El equipo CPE puede utilizar también una pluralidad de señales sinusoidales en el segundo símbolo. El equipo CPE ha conocido las fases de los puntos correspondientes de estas señales sinusoidales cuando el equipo CO obtiene las marcas temporales; a modo de ejemplo, un punto correspondiente de una de las señales sinusoidales está en 0°, otro está en 90°, otro en 45° y así sucesivamente. Por lo tanto, el equipo CPE puede tomar el punto correspondiente de cada señal sinusoidal como un punto de control. Después de recibir el segundo símbolo, el equipo CPE obtiene la posición en donde el equipo CO obtiene una marca temporal en cada una de las señales sinusoidales y toma estos puntos como puntos de recepción. A continuación, el equipo CPE calcula el tiempo transcurrido desde la fase de un punto de recepción a la fase de un punto de control. El tiempo es solamente un desplazamiento de la marca temporal que se realiza por el equipo CPE en cada una de las señales sinusoidales. Ángulos de estas señales sinusoidales pueden obtenerse mediante la transformada FFT en el sistema DMT. Con el fin de mejorar la exactitud de la estimación y reducir las influencias de ruidos, el desplazamiento puede obtenerse mediante una promediación después de múltiples cálculos o mediante la obtención de un ecualizador de dominio de la frecuencia (FEQ) después de la transformada FFT. Puesto que el ecualizador FEQ realiza una compensación para el desplazamiento angular, el coeficiente de FEQ obtenido puede utilizarse también para estimar el desplazamiento angular de cada una de las señales sinusoidales. Puesto que la sincronización de tramas DMT puede tener un error, pueden establecerse desplazamientos entre estos ángulos que se obtiene por los equipos CPE y CO. Estos desplazamientos tienen una relación lineal con frecuencias de las señales sinusoidales y un gradiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de tramas. El desplazamiento de cada una de las señales sinusoidales puede trazarse en un sistema de coordenadas y estos desplazamientos están conectados por una línea directa y un gradiente de la línea directa es solamente el desplazamiento de las marcas temporales que se realizan por equipo CPE debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores angulares obtenidos mediante un cálculo real pueden no estar estrictamente en una línea directa. En consecuencia, el CPE puede calcular una línea directa óptima para una aproximación en conformidad con un determinado algoritmo de optimización (a modo de ejemplo, el método de mínimos cuadrados). Por lo tanto, el equipo CPE calcula el desplazamiento de las marcas temporales que se realiza por el equipo CPE y corrige el tiempo  $T_{s1'}$  al tiempo  $T_{s1}$  en función del desplazamiento.

En la etapa 50, el equipo CPE obtiene el tiempo  $T_{m2}$  y el tiempo  $T_{m1}$  del equipo CO.

40 El equipo CO transmite el tiempo  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$  al equipo CPE por intermedio de un canal de mensajes.

El equipo CPE obtiene un retardo de propagación del equipo CO y un retardo de propagación del CPE.

Un retardo de propagación desde el CO al CPE se ilustra en la Figura 4 e incluye:

45 (1) un retardo de un circuito de transmisión digital de CO indicado por  $\Delta t_1$ , que incluye un retardo de una BUF 201 y un retardo de un circuito de conversión D/A 202; y un retardo de un circuito de recepción digital de CPE indicado por  $\Delta t_1'$  que incluye un retardo de una BUF 207 y un retardo de un circuito de conversión D/A 206. En algunos sistemas, los retardos  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_1'$  son fijos y pueden ser objeto de lectura directa desde el equipo. En el cálculo del retardo, ambos retardos deben incluirse. En algunos otros sistemas, los retardos  $\Delta t_1$  y  $\Delta t_1'$  no son fijos, por lo que deberán excluirse durante el cálculo. Puede ser posible también que parte de ambos retardos sea fija, y entonces, durante el cálculo, solamente se incluye la parte fija del retardo;

55 (2) un retardo de un circuito de transmisión analógica de CO 203 indicado por  $\Delta t_2$  y un retardo de un circuito de recepción analógica de CPE 205 indicado por  $\Delta t_2'$ . Ambos retardos  $\Delta t_2$  y  $\Delta t_2'$  ocurren en los dispositivos y pueden obtenerse en fábrica o mediante intercambio de información entre los equipos CPE y CO; y

(3) un retardo de un símbolo en un par trenzado 204 desde el equipo CO al equipo CPE indicado por  $\Delta t_3$ , que es desconocido.

60 Un retardo de propagación desde el CPE al CO se ilustra en la Figura 5 e incluye:

65 (1) un retardo de un circuito de transmisión digital de CPE indicado por  $\Delta t_4$ , que incluye un retardo de una BUF de CPE 2001 y un retardo de un CPE D/A 2002; y un retardo de un circuito de recepción digital de CO indicado por  $\Delta t_4'$  que incluye un retardo de un CO D/A 2006 y un retardo de una BUF 2007. En algunos sistemas, ambos retardos  $\Delta t_4$

y  $\Delta t4'$  son fijos y pueden ser objeto de lectura directa desde el equipo. En algunos otros sistemas, ambos retardos no son fijos y luego, durante el cálculo, no se incluyen dichos retardos;

5 (2) un retardo de un circuito de transmisión analógica de CPE 2003 indicado por  $\Delta t5$  y un retardo de un circuito de recepción analógica de CO 2005 indicado por  $\Delta t5'$ . Puesto que ambos retardos  $\Delta t5$  y  $\Delta t5'$  ocurren en los dispositivos pueden obtenerse en fábrica o mediante intercambio de información entre el equipo CO y el equipo CPE; y

(3) un retardo de una señal en un par trenzado 2004 desde el CPE al CO indicado por  $\Delta t6$ , que es desconocido.

10 El CO transmite los retardos  $\Delta t1$ ,  $\Delta t2$ ,  $\Delta t4'$  y  $\Delta t5'$  al equipo CPE por intermedio de un canal de mensajes o se obtienen datos previamente memorizados por el equipo CPE.

En la etapa 60, el equipo CPE calcula un desplazamiento entre un reloj del equipo CPE y un reloj del equipo CO y ajusta el reloj del equipo CPE en conformidad con el desplazamiento.

15 El equipo CPE calcula el desplazamiento entre el reloj del equipo CPE y el reloj del equipo CO en conformidad con la relación:

20 
$$\text{Offset} = Ts1 - Tm2 - \text{Delay1}, \text{ y}$$

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

25 Durante el proceso de cálculo, el equipo CPE establece un modelo de cálculo y divide los retardos  $\text{Delay1}$  y  $\text{Delay2}$ . El equipo CPE memoriza la relación matemática entre  $\text{Delay1}$  y  $\text{Delay2}$ , a modo de ejemplo, la proporción de  $\Delta t3 = 0.9 \Delta t6$  o  $\Delta t6 = 0.9 \Delta t3$ . La proporción puede obtenerse mediante estadísticas. El valor de desplazamiento  $\text{Offset}$  puede obtenerse mediante las ecuaciones siguientes:

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

30 
$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 + \text{Delay2} = Ts2 - Tm2 + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t6 + \Delta t5' + \Delta t4')$$

o

35 
$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - (\Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2')$$

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

40 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 desplazamiento  $\text{Offset}$  puede estimarse aplicando la ecuación siguiente:

$$\text{Offset} = (Ts1 - Tm1 - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t1' + \Delta t2') + Ts2 - Tm2 + (\Delta t4 + \Delta t5 + \Delta t4' + \Delta t5'))/2$$

o

45 
$$\text{Offset} = (Ts1 - Tm1 - (\Delta t2 + \Delta t2') + Ts2 - Tm2 + (\Delta t5 + \Delta t5'))/2$$

Los retardos  $\text{Delay1}$  y  $\text{Delay2}$  pueden obtenerse con el desplazamiento  $\text{Offset}$  estimado:

50 
$$\text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - \text{Offset}$$

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

55 Después de haber obtenido el desplazamiento entre el reloj del equipo CPE y el reloj del equipo CO, el equipo CPE obtiene el valor temporal del reloj local y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo de reloj local obtenido y el desplazamiento.

60 En las formas de realización anteriores, equipo CPE transmite primero un símbolo y luego, el equipo CO recibe el símbolo y transmite, además, un símbolo. En el proceso de supervisión real, es también factible que el equipo CO transmita un símbolo y luego, el equipo CPE reciba el símbolo y transmita, además, un símbolo. Este último caso se describirá en la segunda forma de realización siguiente, cuyo proceso específico se ilustra en la Figura 6.

En la etapa 15, el equipo CO transmite un segundo símbolo y obtiene el tiempo  $Tm1$  que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo.

65

- Durante la inicialización, el equipo CO transmite un segundo símbolo. Cuando una muestra en una posición específica de segundo símbolo es objeto de escritura en una memoria intermedia por el equipo CO u objeto de lectura desde la memoria intermedia por un módulo de conversión D/A del CO, se inicia una acción de obtención de marcas temporales para la lectura de un valor temporal de un reloj local del CO y obtener una marca temporal Tm1.
- 5 El segundo símbolo puede ser una trama DMT. Un punto específico, en el que se inicia la acción de obtención de marcas temporales, se determina también mediante una negociación operativa entre los equipos CO y CPE. Cualquier posición en el segundo símbolo puede utilizarse como un punto específico. A continuación, una posición de inicio del segundo símbolo se toma a modo de ejemplo en esta forma de realización.
- 10 En la etapa 25, el equipo CPE recibe el segundo símbolo transmitido por el CO y obtiene el tiempo exacto Ts1 que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo.
- Cuando una muestra en la posición de inicio del segundo símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia por el equipo CPE u objeto de lectura desde la memoria intermedia mediante un módulo de conversión A/D se inicia una acción de obtención de marcas temporales para obtener un valor temporal del reloj local del equipo CPE indicado por Ts1'. Puesto que el equipo CPE calcula un límite de tramas por intermedio de un determinado algoritmo, puede producirse un error cuando se calcula la posición de inicio por medio del algoritmo. En este caso, el tiempo Ts1' necesita corregirse por el equipo CPE. El método de corrección utilizado aquí es el mismo que el del equipo CPE en la primera forma de realización.
- 15
- 20 En la etapa 35, el equipo CPE transmite un primer símbolo y obtiene el tiempo Ts2 que indica el momento en que se transmite el primer símbolo por el equipo CPE.
- Durante la inicialización, el equipo CPE transmite un primer símbolo, que puede ser también una trama DMT. Cuando una muestra de una posición específica del primer símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia o de lectura desde la memoria intermedia por un módulo de conversión D/A, se inicia una acción de obtención de marcas temporales por el equipo CPE para la lectura de un valor temporal del reloj local del equipo CPE que se indica por Ts2. Un punto específico, en el que se inicia la acción de obtención de marcas temporales, se determina también mediante negociación operativa entre los equipos CO y CPE. Cualquier posición en el primer símbolo puede utilizarse a este respecto. A continuación, una posición de inicio del primer símbolo se toma a modo de ejemplo en esta forma de realización.
- 25
- 30 En la etapa 45, el equipo CO recibe el primer símbolo transmitido por el equipo CPE, y obtiene el tiempo exacto Tm2 que indica el momento en que se recibe el primer símbolo.
- 35 El equipo CO recibe el primer símbolo transmitido por el equipo CPE. Cuando una muestra de la posición de inicio del primer símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia o de lectura desde la memoria intermedia por un módulo de conversión A/D, se inicia una acción de obtención de marcas temporales para la lectura de un valor temporal de un reloj local de CO indicado por Tm2'. Puesto que el equipo CO calcula un límite de tramas por medio de un determinado algoritmo, necesita corregirse la marca temporal Tm2' por el equipo CO. El método de corrección aquí utilizado es el mismo que el del equipo CO en la primera forma de realización.
- 40
- En la etapa 55, el equipo CPE obtiene los tiempos Tm1 y Tm2 obtenidos por el equipo CO.
- 45 El equipo CO transmite los tiempos Tm1 y Tm2 al equipo CPE por intermedio de un canal de mensajes.
- El equipo CPE obtiene un retardo del equipo CO y un retardo del equipo CPE:
- (1) un retardo de un circuito de transmisión digital de CO indicado potencia  $\Delta t1$ , que incluye un retardo de una BUF CO 201 y un retardo de un circuito de conversión D/A 202; y un retardo de un circuito de recepción digital de CPE indicado por  $\Delta t1'$  que incluye un retardo de una CPE BUF 207 y un retardo de un circuito de conversión D/A 206. En algunos sistemas, ambos retardos son fijos y pueden ser objeto de lectura directa desde el equipo. En el cálculo del retardo de propagación, ambos retardos deben incluirse. En algunos otros sistemas, ambos retardos no son fijos, por lo que deberán excluirse durante el cálculo. Puede ser posible también que parte de ambos retardos sea fija, y entonces, durante el cálculo, solamente se incluye la parte fija;
- 50
- 55 (2) un retardo de un circuito de transmisión analógica de CO 203 indicado por  $\Delta t2$  y un retardo de un circuito de recepción analógica de CPE 205 indicado por  $\Delta t2'$ . Los retardos  $\Delta t2$  y  $\Delta t2'$  ocurren ambos en el equipo y pueden obtenerse en fábrica o mediante intercambio de información entre los equipos CPE y CO;
- 60 (3) un retardo de un símbolo en un par trenzado 204 desde el equipo CO al equipo CPE indicado por  $\Delta t3$ , que es desconocido.
- Un retardo de propagación desde el CPE al CO se ilustra en la Figura 5 e incluye:
- 65

(1) un retardo de un circuito de transmisión digital de CPE indicado por  $\Delta t_4$ , que incluye un retardo de una BUF CPE 2001 y un retardo del circuito de conversión CPE D/A 2002; y un retardo de un circuito de recepción digital de CO indicado por  $\Delta t_4'$  que incluye un retardo de un circuito de conversión CO D/A 2006 y un retardo de una BUF 2007. En algunos sistemas, ambos retardos son fijos y pueden ser objeto de lectura directa desde el equipo. En algunos otros sistemas, ambos retardos no son fijos y luego, durante el cálculo, no se incluyen los dos retardos;

(2) un retardo de un circuito de transmisión analógica de CPE 2003 indicado por  $\Delta t_5$  y un retardo de un circuito de recepción analógica de CO 2005 indicado por  $\Delta t_5'$ . Puesto que ambos retardos  $\Delta t_5$  y  $\Delta t_5'$  ocurren ambos en los dispositivos, pueden obtenerse en fábrica o mediante intercambio de información entre el equipo CO y el equipo CPE;

(3) un retardo de una señal en un par trenzado 2004 desde el CPE al CO indicado por  $\Delta t_6$ , que es desconocido.

El CO transmite los retardos  $\Delta t_1$ ,  $\Delta t_2$ ,  $\Delta t_4'$  y  $\Delta t_5'$  al equipo CPE por intermedio de un canal de mensajes; o de forma alternativa, el equipo CPE obtiene datos previamente memorizados y de este modo, el equipo CO puede también no transmitir la información.

En la etapa 65, el equipo CPE calcula un desplazamiento entre un reloj del equipo CPE y un reloj del equipo CO Offset y ajusta el reloj del equipo CPE en función de este desplazamiento.

El equipo CPE calcula el desplazamiento en conformidad con las ecuaciones siguientes:

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

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

Durante el proceso de cálculo, el equipo CPE establece un modelo de cálculo y divide los retardos Delay1 y Delay2. El equipo CPE memoriza la relación matemática entre Delay1 y Delay2, a modo de ejemplo, la proporción de  $\Delta t_3 = 0.9 \Delta t_6$  o  $\Delta t_6 = 0.9 \Delta t_3$ . La relación matemática específica puede obtenerse mediante estadísticas. El valor de desplazamiento Offset puede obtenerse mediante las ecuaciones siguientes:

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

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_5' + \Delta t_4')$$

o

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

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2} = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_5')$$

Puesto que los retardos  $\Delta t_3$  y  $\Delta t_6$  son aproximadamente idénticos o tienen una relación de proporción, se puede estimar el valor de Offset.

Después de que se obtenga el valor de Offset, se pueden obtener los retardos Delay1 y Delay2 relacionados:

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

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

Después de haber obtenido el desplazamiento Offset entre el reloj del equipo CPE y el reloj del equipo CO, el equipo CPE obtiene el valor temporal del reloj local del CPE y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo de reloj local obtenido y del valor Offset estimado.

Una tercera forma de realización de la presente invención da a conocer un método para la sincronización temporal de una línea xDSL. El método es aplicable al caso en que los retardos Delay1 y Delay2 pueden obtenerse por medio de SELT o DELT o de otras formas. El método incluye las etapas siguientes.

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

En una etapa de inicialización, el equipo CO transmite el símbolo. Cuando el equipo CO realiza la escritura de datos muestreados en una posición específica de este símbolo en una memoria intermedia o un módulo de conversión D/A del CO realiza la lectura de los datos muestreados en la posición específica de este símbolo desde la memoria intermedia, el CO inicia una acción de marcas temporales, efectúa la lectura del tiempo de reloj local del CO y

obtiene el tiempo  $T_{m1}$ . Un punto específico en el que se inicia la acción de marcas temporales, se determina también mediante la negociación operativa entre el CO y el CPE y cualquier posición en este símbolo puede utilizarse a este respecto. A continuación, una posición de inicio de este símbolo se toma a modo de ejemplo en esta forma de realización.

5 En la etapa 2, el equipo CPE recibe el símbolo transmitido por el CO y obtiene el tiempo de recepción  $T_{s1}$  (o el CO recibe el símbolo transmitido por el CPE y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en el que se recibe el símbolo).

10 Cuando el equipo CPE realiza la escritura de los datos muestreados en la posición de inicio de este símbolo en la memoria intermedia o un módulo de conversión A/D realiza la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio de este símbolo desde la memoria intermedia, el equipo CPE inicia la acción de marcas temporales y realiza la lectura del tiempo local  $T_{s1'}$  del equipo CPE. Puesto que el equipo CPE calcula un límite de tramas por medio de un determinado algoritmo, la posición de inicio calculada por medio del algoritmo puede tener un error. En este caso, el tiempo  $T_{s1'}$  necesita corregirse por el equipo CPE. El método de corrección es el mismo que el utilizado por el equipo CPE en la primera forma de realización.

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

20 El CO transmite el tiempo  $T_{m1}$  (o el tiempo  $T_{m2}$ ) al equipo CPE por intermedio de un canal de mensajes.

25 En la etapa 4, el equipo CPE calcula un desplazamiento Offset entre un reloj del equipo CPE y un reloj del equipo CO en conformidad con la expresión  $\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay1}$  u  $\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay2}$ .

Puesto que se ha medido el retardo  $\text{Delay1}$  (o  $\text{Delay2}$ ), se puede resolver la ecuación de Offset.

30 En la etapa 4, el equipo CPE tiene un valor temporal del reloj local y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo obtenido del reloj local y Offset.

Una cuarta forma de realización de la presente invención da a conocer un método para la sincronización temporal de una DSL. Puesto que existe un retardo debido al anticonceptivo del equipo, el retardo del equipo debe tenerse en cuenta cuando se calcula el retardo de propagación de un símbolo. De este modo, el retardo del equipo CO puede no necesitarse cuando se calcula el valor de Offset por el equipo CPE. Las etapas específicas son como sigue:

35 En una primera etapa, el equipo CO transmite un segundo símbolo, y obtiene el tiempo que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo.

40 Durante la inicialización, cuando una muestra en una posición de inicio del segundo símbolo es objeto de escritura en una memoria intermedia por el equipo CO o es objeto de lectura desde la memoria intermedia por el CO, se inicia una acción de obtención de marcas temporales para la lectura del tiempo del reloj local  $T_{m1}$ .

45 El equipo CO obtiene un retardo de transmisión digital de CO  $\Delta t1$  y un retardo de transmisión analógica  $\Delta t2$  y procesa el tiempo cuando se transmite el segundo símbolo por el equipo CO. Más concretamente,  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t1 + \Delta t2$ ; y si el retardo de transmisión digital no es fijo, puede excluirse y en este caso, se tiene  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t2$ .

En una segunda etapa, el equipo CPE recibe el segundo símbolo, y obtiene el tiempo que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo por el equipo CPE.

50 Cuando una muestra en la posición de inicio del segundo símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia por el equipo CPE u objeto de lectura desde la memoria intermedia por un módulo de conversión A/D, se inicia una acción de obtención de marcas temporales por el equipo CPE para realizar la lectura de un valor temporal del reloj local del equipo CPE indicado por  $T_{s1'}$ . Puesto que el equipo CPE calcula un límite de tramas por medio de un determinado algoritmo, puede introducirse un error cuando se calcula la posición de inicio por intermedio de dicho algoritmo. En este caso, el tiempo  $T_{s1'}$  necesita corregirse por el equipo CPE y el método de corrección aquí utilizado es el mismo que el del equipo CPE en la primera forma de realización.

55 En una tercera etapa, el equipo CPE transmite un primer símbolo y obtiene el tiempo que indica el momento en que se transmite el primer símbolo.

60 Durante la inicialización, el equipo CPE transmite el primer símbolo. Cuando una muestra en una posición específica del primer símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia por equipo CPE o es objeto de lectura una muestra en una posición específica desde este símbolo desde la memoria intermedia por un módulo de conversión D/A se inicia una acción de obtención de marcas temporales para efectuar la lectura del tiempo del reloj local  $T_{s2}$ .

65

En una cuarta etapa, el CO recibe el primer símbolo y obtiene el tiempo que indica el momento en que se recibe el primer símbolo.

5 El CO recibe el primer símbolo transmitido por el equipo CPE. Cuando una muestra en una posición de inicio del primer símbolo es objeto de escritura en la memoria intermedia por el equipo CO o es objeto de lectura una muestra en una posición específica de este símbolo desde la memoria intermedia por un módulo de conversión A/D, se inicia una acción de obtención de marcas temporales para la lectura del valor temporal del reloj local  $T_{m2}'$ . Puesto que el CO calcula el límite de tramas por medio de un determinado algoritmo, puede introducirse un error cuando se calcula la posición de inicio por medio del algoritmo. En este caso, el tiempo de lectura  $T_{m2}'$  necesita corregirse por el CO y el método de corrección aquí utilizado es el mismo que el empleado en la primera forma de realización.

15 Un punto específico, en el que se inicia la acción de obtención de marcas temporales, se determina mediante negociación operativa entre el CO y el equipo CPE. Cualquier posición en el primer símbolo puede utilizarse, a modo de ejemplo, la posición de inicio del primer símbolo.

20 El equipo CO obtiene un retardo del circuito de recepción digital de CO indicado por  $\Delta t_4$  y un retardo del circuito de recepción analógica indicado por  $\Delta t_5$  y procesa las marcas temporales que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el equipo CO. Más concretamente,  $T_{m2} = T_{m2}' - \Delta t_4 - \Delta t_5$ . Si el retardo de recepción digital no es fijo, puede excluirse y por lo tanto, se tiene  $T_{m2} = T_{m2}' - \Delta t_5$ .

25 En una quinta etapa, el equipo CO transmite el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$  al equipo CPE por intermedio de un canal de mensajes y el equipo CPE calcula un valor de Offset entre un reloj del equipo CPE y un reloj del equipo CO. el equipo CPE obtiene un retardo del circuito de recepción digital  $\Delta t_1'$ , un retardo de un circuito de recepción analógica  $\Delta t_2'$ , un retardo del circuito de transmisión digital  $\Delta t_4'$  y un retardo del circuito de transmisión analógica  $\Delta t_5'$  del equipo CPE.

El equipo CPE calcula el valor de Offset aplicando las relaciones siguientes:

30 
$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay}_1 = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t_1' + \Delta t_2' + \Delta t_3), \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay}_1 = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_4' + \Delta t_5' + \Delta t_6)$$

35 Como alternativa, el retardo de recepción digital y el retardo de transmisión digital no son fijos y por ello se excluyen y entonces, el equipo CPE calcula el valor de Offset aplicando las relaciones:

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay}_1 = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t_2' + \Delta t_3), \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay}_1 = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_5' + \Delta t_6).$$

40 En este proceso, el equipo CPE puede procesar la marca temporal  $T_{s2}$  que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo y la marca temporal  $T_{s1}$  que indica el momento en que se recibe el primer símbolo. A modo de ejemplo, se tiene  $T_{s1} = T_{s1} - \Delta t_1' - \Delta t_2'$  o  $T_{s1} = T_{s1} - \Delta t_2'$ ;  $T_{s2} = T_{s2} - \Delta t_4' - \Delta t_5'$  o  $T_{s2} = T_{s2} - \Delta t_5'$ . De este modo, el equipo CPE calcula el valor de Offset en función de las relaciones:

45 
$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay}_1 = T_{s1} - T_{m1} - \Delta t_3, \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay}_1 = T_{s2} - T_{m2} + \Delta t_6.$$

50 El valor de Offset se estima sobre la base de la proporción entre  $\Delta t_3$  y  $\Delta t_6$  o el supuesto de que los retardos  $\Delta t_3$  y  $\Delta t_6$  son aproximadamente idénticos.

En una sexta etapa, el equipo CPE ajusta el reloj del equipo CPE en función del valor de Offset.

55 El equipo CPE obtiene el valor temporal del reloj local y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo del reloj local obtenido y del valor de Offset estimado.

60 En las formas de realización anteriores, es el equipo CPE el que ajusta el reloj local del CPE de modo que el reloj de CPE esté sincronizado con el reloj de CO. En la práctica, el equipo CO puede ajustar también el reloj local de CO de modo que el reloj local del CO esté sincronizado con el reloj del equipo CPE, en cuyo caso, el método de sincronización es similar al método de sincronización en el que el equipo CPE ajusta el reloj local.

El método descrito en las formas de realización anteriores tiene en cuenta la influencia de la tasa de muestreo y puede ejecutarse durante una pluralidad de veces.

65 Una forma de realización de la presente invención da a conocer un sistema de comunicación de línea xDSL. Según se ilustra en la Figura 7, el sistema de comunicaciones incluye un CO 100 y un CPE 200.

5 El equipo CPE 200 transmite un símbolo y obtiene el tiempo  $T_{s2}$  que indica el momento en que se transmite el primer símbolo. El equipo CPE 200 transmite el primer símbolo, que es una trama DMT determinada mediante negociación operativa entre el CO 100 y el CPE 200 en una etapa de inicialización. El CO 100 y el CPE 200 determinan mediante negociación operativa, un punto en el primer símbolo como un punto de referencia, que puede ser cualquier posición en el primer símbolo. En adelante, una posición de inicio del primer símbolo se toma a modo de ejemplo.

10 Cuando el equipo CPE 200 realiza la escritura de datos muestreados en la posición de inicio del primer símbolo en una memoria intermedia o efectúa la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio desde la memoria intermedia, el equipo CPE 200 inicia una acción de obtención de marcas temporales y realiza la lectura del valor temporal del tiempo  $T_{s2}$  del reloj local del equipo CPE 200.

15 El equipo CO 100 recibe el primer símbolo transmitido por el equipo CPE 200 y obtiene el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que se recibe el primer símbolo. Cuando el CO 100 realiza la escritura de los datos muestreados en la posición de inicio del primer símbolo en la memoria intermedia o realiza la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio del primer símbolo desde la memoria intermedia, el CO 100 inicia la acción de obtención de marcas temporales y realiza la lectura del valor temporal del tiempo  $T_{m2}'$  del reloj local. Puesto que el CO 100 recupera un límite de tramas utilizando un determinado algoritmo, puede producirse un error cuando se determina la posición de inicio del primer símbolo y por lo tanto, necesita corregirse el tiempo por el CO 100.

20 En función de una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de control de una señal sinusoidal (o una señal cosenoidal) en el primer símbolo, el CO 100 corrige la marca temporal  $T_{m2}'$  para la marca temporal  $T_{m2}$  que indica el momento en que el CO 100 recibirá un punto de control. El punto de recepción es un punto de señal en donde se recibe inicialmente el primer símbolo por el CO 100 y el punto de control antes citado es un punto de señal en donde se transmite inicialmente el primer símbolo por el equipo CPE 200.

25 Cuando el equipo CO 100 corrige el tiempo  $T_{m2}'$  en conformidad con una señal sinusoidal en el primer símbolo:

30 una fase de un punto correspondiente de esta señal sinusoidal es fijo (a modo de ejemplo,  $0^\circ$ ,  $45^\circ$ ,  $90^\circ$  o cualquier otro ángulo) cuando el equipo CPE 200 se inicia operativamente para obtener una marca temporal, por lo que durante el proceso de corrección, el CO 100 puede tomar este punto como un punto de control y obtener una fase del punto de control. En las formas de realización siguientes,  $0^\circ$  se toma a modo de ejemplo.

35 El equipo CO 100 obtiene una posición en esta señal sinusoidal en donde el CO 100 se inicia operativamente para obtener la marca temporal (cuya posición es un punto de recepción en donde se recibe el primer símbolo por el CO 100) y calcula el tiempo transcurrido desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de control. A continuación, el CO 100 ajusta el tiempo  $T_{m2}'$  en el tiempo  $T_{m2}$  en función del tiempo.

40 El equipo CO 100 puede realizar también la corrección utilizando una pluralidad de señales sinusoidales en este símbolo. Cuando el equipo CPE 200 realiza la escritura en la posición de inicio del primer símbolo en la memoria intermedia o efectúa la lectura de la posición de inicio del primer símbolo desde la memoria intermedia, cada una de las señales sinusoidales en el primer símbolo está en un punto específico. El equipo CO 100 toma estos puntos como puntos de control y conoce las respectivas fases de los puntos de control en estas señales sinusoidales cuando el equipo CPE 200 obtiene marcas temporales. A modo de ejemplo, un punto de control en una de las señales sinusoidales está en  $0^\circ$ ; otro está en  $90^\circ$ , otro está en  $45^\circ$  y así sucesivamente.

45 Después de la recepción del primer símbolo, el equipo CO 100 obtiene el punto de recepción correspondiente en cada una de las señales sinusoidales y obtiene la fase del punto de recepción. A continuación, el equipo CO 100 calcula el tiempo transcurrido desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de control. El tiempo es un desplazamiento Offset de la marca temporal que se realiza por el CO 100 en cada una de las señales sinusoidales. Las fases de estas señales sinusoidales pueden obtenerse por intermedio de la transformada FFT en el sistema DMT. Con el mejorar la exactitud de la estimación y reducir la influencia de ruidos, el desplazamiento Offset puede obtenerse mediante la promediación después de múltiples cálculos o mediante la aplicación de un FEQ después de la transformada FFT. Puesto que FEQ realiza una compensación para un desplazamiento angular, el coeficiente de FEQ puede utilizarse también para estimar el desplazamiento angular de cada una de las señales sinusoidales. Puesto que la sincronización de tramas DMT puede tener un error, pueden existir desplazamientos angulares entre estos ángulos obtenidos por el CO 100 y el CPE 200. Estos desplazamientos angulares tienen una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales y un gradiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de tramas. El desplazamiento de cada una de las señales sinusoidales puede trazarse en un sistema de coordenadas y estos desplazamientos están conectados por una línea directa; y un gradiente de la línea directa es simplemente el desplazamiento de las marcas temporales que se realiza por el CO 100 debido al error de sincronización. Afectados por dichos factores tales como ruidos, estos errores angulares obtenidos mediante el cálculo real no pueden estar estrictamente en una línea directa. En consecuencia, el CO 100 puede calcular una línea directa óptima para aproximación en conformidad con un determinado algoritmo de optimización (a modo de ejemplo, el método de mínimos cuadrados). Por lo tanto, el CO 100 calcula el error de las marcas temporales que se realiza por el CPE y corrige el tiempo  $T_{m2}'$  al tiempo  $T_{m2}$  en función de este error.

Considerando las características del sistema de línea xDSL, estos errores angulares pueden obtenerse también utilizando la información de FEQ y luego, el tiempo  $Tm2'$  se ajusta en el tiempo  $Tm2$  de una forma similar.

5 El equipo CO 100 transmite un segundo símbolo y obtiene el tiempo  $Tm1$  que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo. Cuando el equipo CO 100 realiza la escritura de datos muestreados en una posición de inicio del segundo símbolo en una memoria intermedia o realiza la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio desde la memoria intermedia, el CO 100 inicia una acción de obtención de marcas temporales y realiza la lectura del valor temporal del tiempo  $Tm1$  del reloj local del CO 100. Un punto específico, en el que se inicia la acción de obtención de marcas temporales, se determina también mediante negociación operativa entre los equipos de CO y CPE y cualquier posición en el segundo símbolo puede utilizarse a este respecto. En esta forma de realización, la posición de inicio del segundo símbolo se toma a modo de ejemplo.

15 El equipo CPE 200 recibe el segundo símbolo transmitido por el equipo CO 100 y obtiene el tiempo  $Ts1$  que indica el momento en el que se recibe el segundo símbolo. Cuando el equipo CPE 200 realiza la escritura de los datos muestreados en la posición de inicio del segundo símbolo en la memoria intermedia o realiza la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio del segundo símbolo desde la memoria intermedia, el equipo CPE 200 inicia la acción de obtención de marcas temporales y realiza la lectura del valor temporal del tiempo  $Ts1'$  del reloj local. Puesto que el equipo CPE 200 recupera un límite de tramas por medio de un determinado algoritmo, el equipo CPE 200 corrige el tiempo  $Ts1'$  al tiempo  $Ts1$  de la misma manera que se hizo por CO 100.

25 El equipo CO 100 transmite el tiempo  $Tm1$  y el tiempo  $Tm2$  al equipo CPE 200 por intermedio de un canal de mensajes. Si el equipo CPE 200 no memoriza el retardo de transmisión y el retardo de recepción del CO 100, el CO 100 transmite, mediante la interacción con el equipo CPE 200, el retardo de transmisión y el retardo de recepción del equipo CO 100 al equipo CPE 200 por intermedio del canal de mensajes.

30 El retardo de transmisión y el retardo de recepción del CO 100 incluye un retardo  $\Delta t1$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t2$  del circuito de transmisión analógica, un retardo  $\Delta t5'$  del circuito de recepción analógica y un retardo  $\Delta t4'$  del circuito de recepción digital.

35 El equipo CPE 200 obtiene el retardo de transmisión y el retardo de recepción del CPE 200, que incluye un retardo  $\Delta t1'$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t2'$  del circuito de transmisión analógica, un retardo  $\Delta t5$  del circuito de recepción analógica y un retardo  $\Delta t4$  del circuito de recepción digital. Estos retardos pueden ser objeto de lectura directa desde el equipo CPE 200.

El CPE 200 calcula un desplazamiento Offset entre un reloj del equipo CPE 200 y un reloj del equipo CO 100 en conformidad con los tiempos  $Ts1$ ,  $Ts2$ ,  $Tm1$ ,  $Tm2$ , el retardo del CO 100 y el retardo del CPE 200. Más concretamente, el equipo CPE 200 calcula el valor de Offset aplicando las relaciones siguientes:

40 
$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - (\Delta t1 + \Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t1' + \Delta t2')$$

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

o

45 
$$\text{Offset} = Ts1 - Tm1 - \text{Delay1} = Ts1 - Tm1 - (\Delta t2 + \Delta t3 + \Delta t2')$$

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

50 en donde el equipo CPE 200 memoriza la relación matemática entre el retardo  $\text{Delay1}$  y el retardo  $\text{Delay2}$ . Más concretamente, puede conocerse mediante estadísticas que el retardo  $\Delta t3$  y el retardo  $\Delta t6$  son aproximadamente iguales entre sí o tienen una relación matemática, a modo de ejemplo  $\Delta t3 = 0.9 \Delta t6$  o  $\Delta t6 = 0.9 \Delta t3$ .

55 Después de obtener el valor de Offset, el equipo CPE 200 obtiene un valor temporal del reloj local y ajusta el tiempo del reloj local en función del tiempo del reloj local obtenido y del valor de Offset.

60 En el sistema de comunicaciones anterior, es el equipo CPE 200 el que ajusta el tiempo del reloj local de modo que el reloj local del equipo CPE 200 esté sincronizado con el reloj del CO 100. Como alternativa, el CO 100 puede ajustar también el reloj del CO 100 de modo que el reloj del equipo CPE 200 esté sincronizado con el reloj del equipo CO 100, cuyo proceso de sincronización es el mismo que el proceso de sincronización en el que se ajusta el reloj del equipo CPE 200.

65 La presente invención da a conocer, además, un aparato de línea xDSL, que puede utilizarse para los equipos CO y CPE. Según se ilustra en la Figura 8, el aparato incluye una unidad de transmisión 300, una unidad de recepción 400 y una unidad de procesamiento 600.

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

5 La unidad de recepción está configurada para recibir un segundo símbolo transmitido por un segundo aparato y obtener el tiempo Ts1 que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo; y para obtener el tiempo Tm2 que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato y el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato.

10 La unidad de procesamiento está configurada para obtener un retardo del aparato de DSL, para calcular un valor de Offset entre un reloj del aparato de DSL y un reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos Ts1, Ts2, Tm1, Tm2 y el retardo del aparato DSL y para ajustar el reloj del aparato de DSL en conformidad con el valor de Offset.

15 Más concretamente, la unidad de transmisión 300 transmite el primer símbolo y obtiene el tiempo Ts2 que indica el momento en que se transmite el primer símbolo. El primer símbolo puede ser una señal transmitida durante una etapa de inicialización y esta señal puede ser una trama DMT.

20 Cuando la unidad de transmisión 300 realiza la escritura de datos muestreados en una posición de inicio del primer símbolo en una memoria intermedia o realiza la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio del primer símbolo desde la memoria intermedia, la unidad de transmisión 300 inicia una acción de obtención de marcas temporales y realiza la lectura del tiempo local Ts2.

25 La unidad de recepción 400 recibe el segundo símbolo transmitido por el terminal opuesto y obtiene el tiempo Ts1 que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo. El segundo símbolo puede ser una señal transmitida durante la etapa de inicialización.

30 La unidad de recepción 400 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 aparato DSL y obtiene el tiempo Tm2 que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato y el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato.

35 El módulo de corrección, en función de una diferencia de fase entre una fase del punto de recepción y una fase del punto de control de una señal en el segundo símbolo, corrige la marca temporal Ts1' a la marca temporal Ts1 que indica el momento en que el módulo de obtención recibirá un punto de control, y obtiene la marca temporal Ts1 para uso como el tiempo que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo por el módulo de obtención. El punto de recepción es un punto de señal en donde el segundo símbolo se recibe inicialmente por el módulo de obtención y el punto de control es un punto de señal en donde el segundo símbolo se transmite inicialmente por el segundo aparato.

40 Cuando el módulo de obtención realiza la escritura de datos muestreados en una posición de inicio del segundo símbolo en la memoria intermedia o realiza la lectura de los datos muestreados en la posición de inicio del segundo símbolo desde la memoria intermedia, el módulo de obtención inicia una acción de obtención de marcas temporales y realiza la lectura del valor temporal del tiempo Ts1' del reloj local. Puesto que un límite periférico del segundo símbolo se recupera por medio de un determinado algoritmo, puede producirse un error cuando se posiciona dicho límite periférico. En consecuencia, el módulo de corrección, en función de una diferencia de fase entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control de una señal en el segundo símbolo corrige la marca temporal Ts1' a la marca temporal Ts1 que indica el momento en que el módulo de obtención recibirá un punto de control.

50 El módulo de corrección obtiene una posición en una señal sinusoidal en donde el módulo inicia la obtención de la marca temporal, toma esta posición como un punto de recepción y calcula el tiempo transcurrido desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de control. A continuación, en conformidad con el tiempo, el módulo de corrección corrige el tiempo Ts1' en el tiempo Ts1.

55 El módulo de corrección puede utilizar también una pluralidad de señales sinusoidales en el segundo símbolo. El módulo de corrección conoce los respectivos ángulos de los puntos correspondientes (esto es, los puntos de control) en estas señales sinusoidales cuando el segundo aparato obtiene marcas temporales. A modo de ejemplo, un punto de control en una de las señales sinusoidales está en 0°, otro está en 90°, otro está en 45° y así sucesivamente. De este modo, después de que se reciba el segundo símbolo por el módulo de obtención, el módulo de corrección obtiene las posiciones en donde el módulo de obtención obtiene las marcas temporales, que son puntos de recepción y calcula el tiempo transcurrido desde la fase de cada uno de los puntos de recepción a la fase de un punto de control correspondiente. Los ángulos de estas señales sinusoidales pueden obtenerse por intermedio de la transformada FFT en el sistema DMT. Con el fin de mejorar la exactitud de la estimación y reducir la influencia de ruidos, el valor de Offset puede obtenerse mediante promediación después de múltiples cálculos o mediante un FEQ después de la transformada FFT. Puesto que FEQ realiza la compensación para el desplazamiento angular, el coeficiente de FEQ puede utilizarse también para la estimación de un desplazamiento angular de cada una de las señales sinusoidales. Puesto que la sincronización de trama DMT puede tener un error, pueden existir

desplazamientos entre los ángulos obtenidos por el módulo de corrección y los ángulos obtenidos por el aparato opuesto. Estos desplazamientos angulares tienen una relación lineal con las frecuencias de las señales sinusoidales, y un gradiente de la relación lineal refleja directamente el error de sincronización de tramas. Por lo tanto, el módulo de corrección puede trazar el desplazamiento de cada una de las señales sinusoidales en un sistema de coordenadas, y conectar estos desplazamientos en una línea directa, cuyo gradiente es simplemente el desplazamiento de las marcas temporales que se realiza por equipo CPE debido al error de sincronización. Afectados por factores tales como ruidos, estos errores angulares obtenidos mediante el cálculo real no pueden estar estrictamente en una línea directa. El equipo CPE puede calcular una línea directa óptima para aproximación en conformidad con un determinado algoritmo de optimización (a modo de ejemplo, el método de mínimos cuadrados). El módulo de corrección calcula el error de la marca temporal de CPE y corrige el tiempo  $T_{s1}'$  en el tiempo  $T_{s1}$  en función de este error.

El módulo de corrección puede residir también en el aparato de comunicaciones, que es independiente de la unidad de recepción 400.

La unidad de recepción 400 puede recibir, por intermedio de un mensaje, información de canal transmitida por el segundo aparato, incluyendo el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por segundo aparato, el tiempo  $T_{m1}$  que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato y el retardo de transmisión y el retardo de recepción del segundo aparato. El retardo de transmisión y el retardo de recepción del segundo aparato incluye: un retardo  $\Delta t_1$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t_2$  del circuito de transmisión analógica, un retardo  $\Delta t_5'$  del circuito de recepción analógica y un retardo  $\Delta t_4'$  del circuito de recepción digital.

El segundo aparato puede procesar también el tiempo  $T_{m2}$  y el tiempo  $T_{m1}$  utilizando los datos de retardos del segundo aparato. De este modo, el segundo aparato solamente necesita transmitir el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$  que se procesan para el aparato DSL; a modo de ejemplo,  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t_1 + \Delta t_2$  o  $T_{m1} = T_{m1} + \Delta t_2$ ;  $T_{m2} = T_{m2} - \Delta t_5 - \Delta t_4$  o  $T_{m2} = T_{m2} - \Delta t_5$ .

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

La unidad de procesamiento 600 obtiene el retardo del aparato DSL, calcula un desplazamiento entre el reloj del aparato local y el reloj del segundo aparato en función del tiempo  $T_{s2}$  obtenido por la unidad de transmisión, los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{m2}$ ,  $T_{m1}$  obtenidos por la unidad de recepción, y el retardo del aparato DSL y ajusta el reloj del aparato DSL en función del valor de Offset.

El retardo del aparato DSL incluye: un retardo  $\Delta t_1'$  del circuito de transmisión digital, un retardo  $\Delta t_2'$  del circuito de transmisión analógica, un retardo  $\Delta t_5$  del circuito de recepción analógica y un retardo  $\Delta t_4$  del circuito de recepción digital, todos los cuales pueden obtenerse directamente cuando el aparato DSL se entrega desde fábrica.

La unidad de procesamiento 600 calcula el valor de Offset aplicando las relaciones:

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay}_1 = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_1' + \Delta t_2')$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay}_2 = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_4 + \Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_5' + \Delta t_4')$$

o

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay}_1 = T_{s1} - T_{m1} - (\Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_2')$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay}_2 = T_{s2} - T_{m2} + (\Delta t_5 + \Delta t_6 + \Delta t_5'); \text{ o}$$

el aparato DSL y el segundo aparato, después del procesamiento del símbolo transmitido/recibido, calcula el valor de Offset aplicando las relaciones:

$$\text{Offset} = T_{s1} - T_{m1} - \text{Delay}_1 = T_{s1} - T_{m1} - \Delta t_3, \text{ y}$$

$$\text{Offset} = T_{s2} - T_{m2} + \text{Delay}_2 = T_{s2} - T_{m2} + \Delta t_6.$$

La unidad de procesamiento 600 efectúa la lectura del tiempo del reloj local y ajusta el tiempo local en función del tiempo del reloj local y del valor de desplazamiento Offset.

El segundo aparato puede ser el CO o el CPE y el aparato DSL puede utilizarse también como el CO o el CPE.

Según se deduce de las formas de realización anteriores, en conformidad con la presente invención, corrigiendo el tiempo local correspondiente a las marcas temporales, el tiempo local puede ser objeto de lectura por el receptor con

exactitud y el valor de Offset en el reloj de CPE y el reloj de CO puede calcularse de modo que el reloj de CPE puede ajustarse en función del valor de Offset para conseguir una sincronización entre el reloj del CO y el reloj de CPE.

- 5 Puede entenderse por los expertos en esta técnica que la totalidad o parte de las etapas en los métodos de las formas de realización anteriores pueden realizarse por un programa que se ejecute un hardware relacionado. El programa puede memorizarse en un soporte de memorización legible por ordenador, que incluye una memoria de solamente lectura (ROM), una memoria de acceso aleatorio (RAM), un disco magnético o un disco compacto (CD).
- 10 Lo que antecede es solamente varias formas de realización de la presente invención. Sin embargo, la presente invención no está solamente limitada a estas formas de realización y cual experto en esta técnica puede realizar cualesquiera modificaciones que caerán dentro del alcance de protección de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para sincronización temporal de una línea de abonado digital, DSL, cuyo método comprende:

5 recibir (20), por un primer aparato, un segundo símbolo transmitido por un segundo aparato y obtener un tiempo Ts1 que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo;

10 transmitir (30), por el primer aparato, un primer símbolo al segundo aparato, y obtener un tiempo Ts2 que indica el momento en que se transmite el primer símbolo; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas de multitonality discreta, DMT;

15 obtener (40), por el primer aparato, un tiempo Tm2 que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato y el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato;

calcular (60), por el primer aparato, un desplazamiento operativo entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos Ts1, Ts2, Tm1 y Tm2; y

20 ajustar (60), por el primer aparato, el reloj del primer aparato con el desplazamiento para sincronizar con el reloj del segundo aparato;

25 en donde el tiempo Ts2 es el momento en que se transmite una muestra en una posición específica del primer símbolo por el primer aparato, el tiempo Tm2 es el momento en que se recibe la misma muestra en la misma posición específica del primer símbolo por el segundo aparato, el tiempo Tm1 es el momento en que se transmite una muestra en una posición específica del segundo símbolo por el segundo aparato y el tiempo Ts1 es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del segundo símbolo se recibe por el primer aparato.

30 2. El método según la reivindicación 1, que comprende, además: el ajuste del tiempo Tm1 añadiendo un retardo producido por el segundo aparato.

35 3. El método según la reivindicación 1, en donde el cálculo, por el primer aparato, del desplazamiento entre el reloj del primer aparato y el reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos Ts1, Ts2, Tm1, Tm2, un retardo de ruta Delay1 desde el segundo aparato al primer aparato y un retardo de ruta Delay2 desde el primer aparato al segundo aparato comprende:

calcular, por el primer aparato, el desplazamiento Offset según las expresiones siguientes:

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

40 
$$\text{Offset} = Ts2 - Tm2 - \text{Delay2},$$

45 en donde el retardo de ruta Delay1 se calcula en función de un retardo de transmisión del segundo aparato y un retardo de recepción del primer aparato y el retardo de ruta Delay2 se calcula en función de un retardo de transmisión del primer aparato y un retardo de recepción del segundo aparato.

50 4. El método según la reivindicación 3, en donde:

el cálculo del retardo de ruta Delay1, en función del retardo de transmisión del segundo aparato y del retardo de recepción del primer aparato comprende: calcular el retardo de ruta Delay1 en función de un retardo de transmisión analógica del segundo aparato y un retardo de recepción analógica del primer aparato; y

55 el cálculo del retardo de ruta Delay2, en función del retardo de transmisión del primer aparato y del retardo de recepción del segundo aparato comprende: calcular el retardo de ruta Delay2 en función de un retardo de transmisión analógica del primer aparato y un retardo de recepción analógica del segundo aparato.

60 5. El método según la reivindicación 4, en donde:

el cálculo del retardo de ruta Delay1 en función del retardo de transmisión del segundo aparato y del retardo de recepción del primer aparato comprende: calcular el retardo de ruta Delay1 en función del retardo de transmisión analógica del segundo aparato, un retardo de transmisión digital del segundo aparato, el retardo de recepción analógica del primer aparato y un retardo de recepción digital del primer aparato; y

65 el cálculo del retardo de ruta Delay2 en función del retardo de transmisión del primer aparato y el retardo de recepción del segundo aparato comprende: calcular el retardo de ruta Delay2 en función del retardo de transmisión analógica del primer aparato, un retardo de transmisión digital del primer aparato, el retardo de recepción analógica del segundo aparato y un retardo de recepción digital del segundo aparato.

6. El método según la reivindicación 1, en donde el desplazamiento entre un reloj local del primer aparato y un reloj local del segundo aparato se estima utilizando los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$ .
- 5 7. El método según la reivindicación 1, en donde el desplazamiento se calcula sobre la base del supuesto de que los retardos de propagación de flujo descendente y de flujo ascendente del par trenzado son aproximadamente idénticos.
- 10 8. El método según la reivindicación 1, que comprende: obtener una diferencia de fase de un símbolo entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control, en donde el punto de recepción es una posición en donde una señal del segundo símbolo se recibe inicialmente por el primer aparato y el punto de control es una posición en donde la misma señal del segundo símbolo se transmite inicialmente por el segundo aparato;
- 15 corregir el tiempo  $T_{s1}$  en conformidad con la diferencia de fase.
- 20 9. El método según la reivindicación 1, en donde la obtención por el primer aparato del tiempo  $T_{s1}$  que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo comprende:
- la lectura, por el primer aparato, del tiempo  $T_{s1}'$  del reloj del primer aparato que indica el momento en que se recibe una señal del segundo símbolo;
- 25 la corrección, por el primer aparato, del tiempo  $T_{s1}'$  al punto de tiempo  $T_{s1}$  que indica el momento en que el primer aparato recibirá un punto de control en conformidad con una diferencia de fase de un símbolo entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control, en donde el punto de recepción es una posición en donde la señal del segundo símbolo es recibida inicialmente por el primer aparato y el punto de control es una posición en donde la señal del segundo símbolo se transmite inicialmente por el segundo aparato; y
- 30 la obtención, por el primer aparato, del tiempo  $T_{s1}$  y su utilización como el tiempo que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo.
- 35 10. El método según la reivindicación 9, en donde la obtención, por el primer aparato, del tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato comprende:
- la lectura, por el segundo aparato, del tiempo  $T_{m2}'$  del reloj del segundo aparato que indica el momento en que se recibe una señal del primer símbolo;
- 40 la corrección, por el segundo aparato, del tiempo  $T_{m2}'$  al punto de tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que el segundo aparato recibirá un punto de control en función de una diferencia de fase de un símbolo entre la fase en un punto de recepción y un punto de control, en donde el punto de recepción es una posición en donde la señal del primer símbolo se recibe inicialmente por el segundo aparato y el punto de control es una posición en donde la señal del primer símbolo se transmite inicialmente por el primer aparato; y
- 45 la obtención, por el segundo aparato, del tiempo  $T_{m2}$  y su utilización como el tiempo que indica el momento en que se recibe el primer símbolo.
- 50 11. El método según la reivindicación 1, en donde los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$  se obtienen en el punto de extremidad de un par trenzado del primer aparato o el punto de extremidad de un par trenzado del segundo aparato.
- 55 12. Un aparato de línea de abonado digital, DSL, como un primer aparato, que comprende:
- una unidad de transmisión (300), configurada para transmitir un primer símbolo y para obtener el tiempo  $T_{s2}$  que indica el momento en que el primer símbolo se transmite;
- una unidad de recepción (400), configurada para recibir un segundo símbolo transmitido por un segundo aparato y obtener un tiempo  $T_{s1}$  que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo; y obtener el tiempo  $T_{m2}$  que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato y el tiempo  $T_{m1}$  que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato; y
- 60 una unidad de procesamiento (600), configurada para obtener un retardo del primer aparato, para calcular un desplazamiento entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato en función de los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$ ,  $T_{m2}$  y ajustar el reloj del primer aparato en conformidad con dicho desplazamiento;
- 65 en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas de multitonality discreta, DMT; en donde el tiempo  $T_{s2}$  es el momento en que se transmite una muestra en una posición específica del primer símbolo por el primer aparato, el tiempo  $T_{m2}$  es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del primer símbolo se recibe por el segundo aparato, el tiempo  $T_{m1}$  es el momento en que una muestra en una posición específica del

segundo símbolo se transmite por el segundo aparato, y el tiempo Ts1 es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del segundo símbolo se recibe por el primer aparato.

5 **13.** El aparato de DSL según la reivindicación 12, en donde la unidad de recepción (400) está configurada, además, para obtener una diferencia de fase de un símbolo entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control, en donde el punto de recepción es una posición en donde una señal del segundo símbolo es inicialmente recibida por el primer aparato y el punto de control es una posición en donde la misma señal del segundo símbolo se transmite inicialmente por el segundo aparato.

10 **14.** El aparato de DSL según la reivindicación 12, en donde la unidad de recepción (400) comprende, además, un módulo de obtención y un módulo de corrección, en donde:

15 el módulo de obtención recibe una señal del segundo símbolo, obtiene el tiempo Ts1' del reloj del primer aparato y obtiene el tiempo Tm2 que indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato y el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato; y

20 el módulo de corrección corrige el tiempo Ts1' al punto de tiempo Ts1 que indica el momento en que el módulo de obtención recibirá un punto de control en función de una diferencia de fase de un símbolo entre una fase de punto de recepción y una fase de punto de control, en donde el punto de recepción es una posición en donde la señal del segundo símbolo se recibe inicialmente por el módulo de obtención, el punto de control es una posición en donde la señal del segundo símbolo se transmite inicialmente por el segundo aparato y el módulo de corrección obtiene el tiempo Ts1 y lo utiliza como el tiempo que indica el momento en que se recibe el segundo símbolo por el módulo de obtención.

25 **15.** El aparato de DSL según la reivindicación 14, en donde la corrección, por el módulo de corrección, del tiempo Ts1' al punto de tiempo Ts1 que indica el momento en que el módulo de obtención recibirá el punto de control en función de la diferencia de fase entre la fase del punto de recepción y la fase del punto de control, comprende:

30 cuando se utiliza una pluralidad de señales en el segundo símbolo, la obtención, por el módulo de corrección, de una fase de un punto de control en cada una de las señales;

la obtención, por el módulo de corrección, de una fase de un punto de recepción en cada una de las señales;

35 el cálculo, por el módulo de corrección, del tiempo transcurrido desde la fase del punto de recepción a la fase del punto de control en cada una de las señales, con el fin de obtener una pluralidad de valores de tiempo; y

la obtención, por el módulo de corrección, de un desplazamiento del tiempo Ts1' que se obtiene por el módulo de obtención en función de la pluralidad de valores de tiempo; y

40 la corrección, por el módulo de corrección, del tiempo Ts1' al tiempo Ts1 en función del desplazamiento.

45 **16.** El aparato de DSL según la reivindicación 12, en donde el cálculo, por la unidad de procesamiento, del desplazamiento Offset entre el reloj del primer aparato y el reloj del segundo aparato en función de los tiempos Ts1, Ts2, Tm1, Tm2, un retardo de ruta Delay1 desde el segundo aparato al primer aparato y un retardo de ruta Delay2 desde el primer aparato al segundo aparato, el cálculo del desplazamiento entre el reloj del primer aparato y el reloj del segundo aparato, comprende:

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

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

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

55 **17.** El aparato de DSL según la reivindicación 12, en donde los tiempos Ts1, Ts2, Tm1 y Tm2 se obtiene en el punto de extremidad de un par trenzado del primer aparato o el punto de extremidad de un par trenzado del segundo aparato.

60 **18.** Un sistema para sincronizar el tiempo de una línea de abonado digital, DSL, que comprende un primer aparato según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 17 y un segundo aparato, en donde:

65 el primer aparato transmite un primer símbolo al segundo aparato y recibe un segundo símbolo transmitido por el segundo aparato, obtiene el tiempo Ts2 que indica el momento en que se transmite el primer símbolo por el primer aparato, el tiempo Ts1 que indica el momento en que el segundo símbolo se recibe por el primer aparato, el tiempo Tm1 que indica el momento en que se transmite el segundo símbolo por el segundo aparato y el tiempo Tm2 que

5 indica el momento en que se recibe el primer símbolo por el segundo aparato, calcula un desplazamiento entre un reloj del primer aparato y un reloj del segundo aparato en conformidad con los tiempos  $T_{s1}$ ,  $T_{s2}$ ,  $T_{m1}$  y  $T_{m2}$  y ajusta el reloj del primer aparato en función del desplazamiento para la sincronización con el reloj del segundo aparato; y el segundo aparato recibe el primer símbolo y transmite el segundo símbolo, obtiene el tiempo  $T_{m1}$  y el  $T_{m2}$  y transmite el tiempo  $T_{m1}$  y el tiempo  $T_{m2}$  al primer aparato; en donde el primer símbolo y el segundo símbolo son tramas de multitonality discreta, DMT;

10 en donde el tiempo  $T_{s2}$  es el momento en que una muestra en una posición específica del primer símbolo se transmite por el primer aparato, el tiempo  $T_{m2}$  es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del primer símbolo se recibe por el segundo aparato, el tiempo  $T_{m1}$  es el momento en que una muestra en una posición específica del segundo símbolo se transmite por el segundo aparato y el tiempo  $T_{s1}$  es el momento en que la misma muestra en la misma posición específica del segundo símbolo se recibe por el primer aparato.

15

20

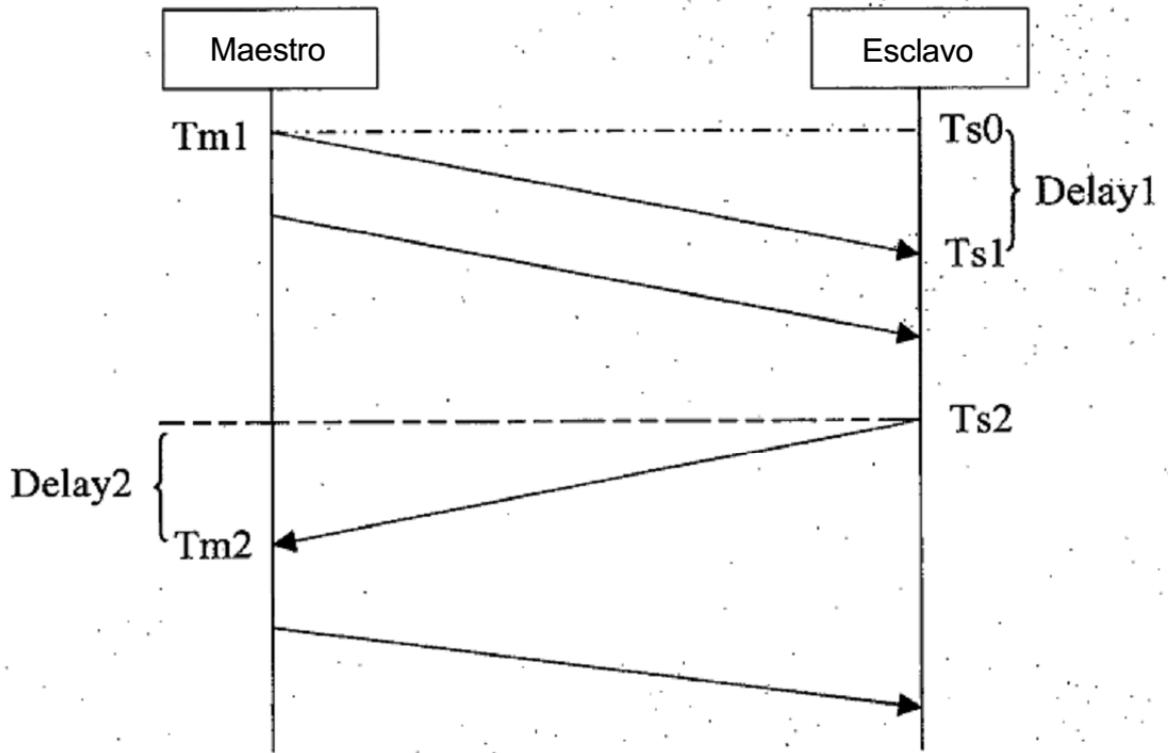


FIG. 1

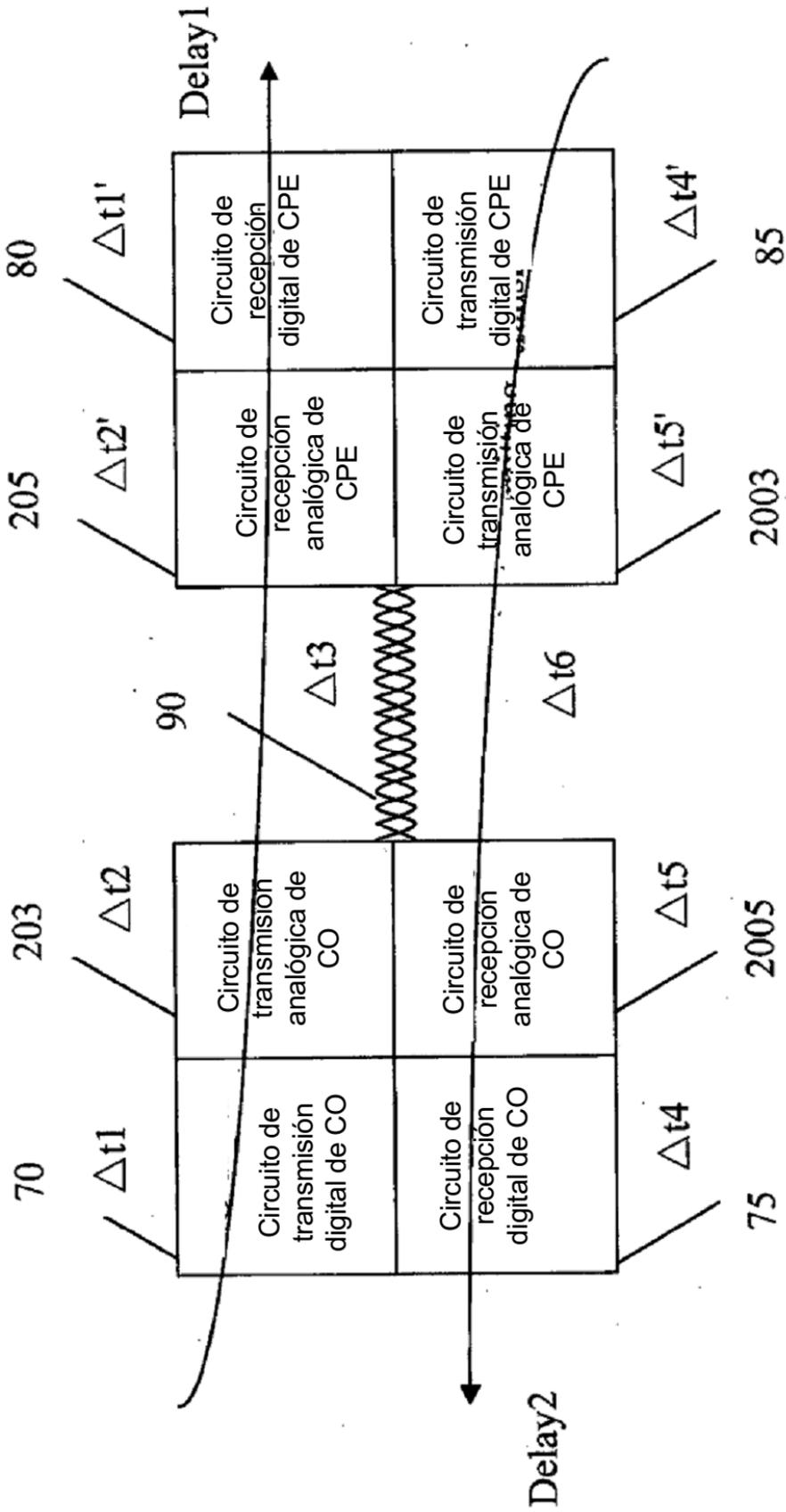


FIG. 2

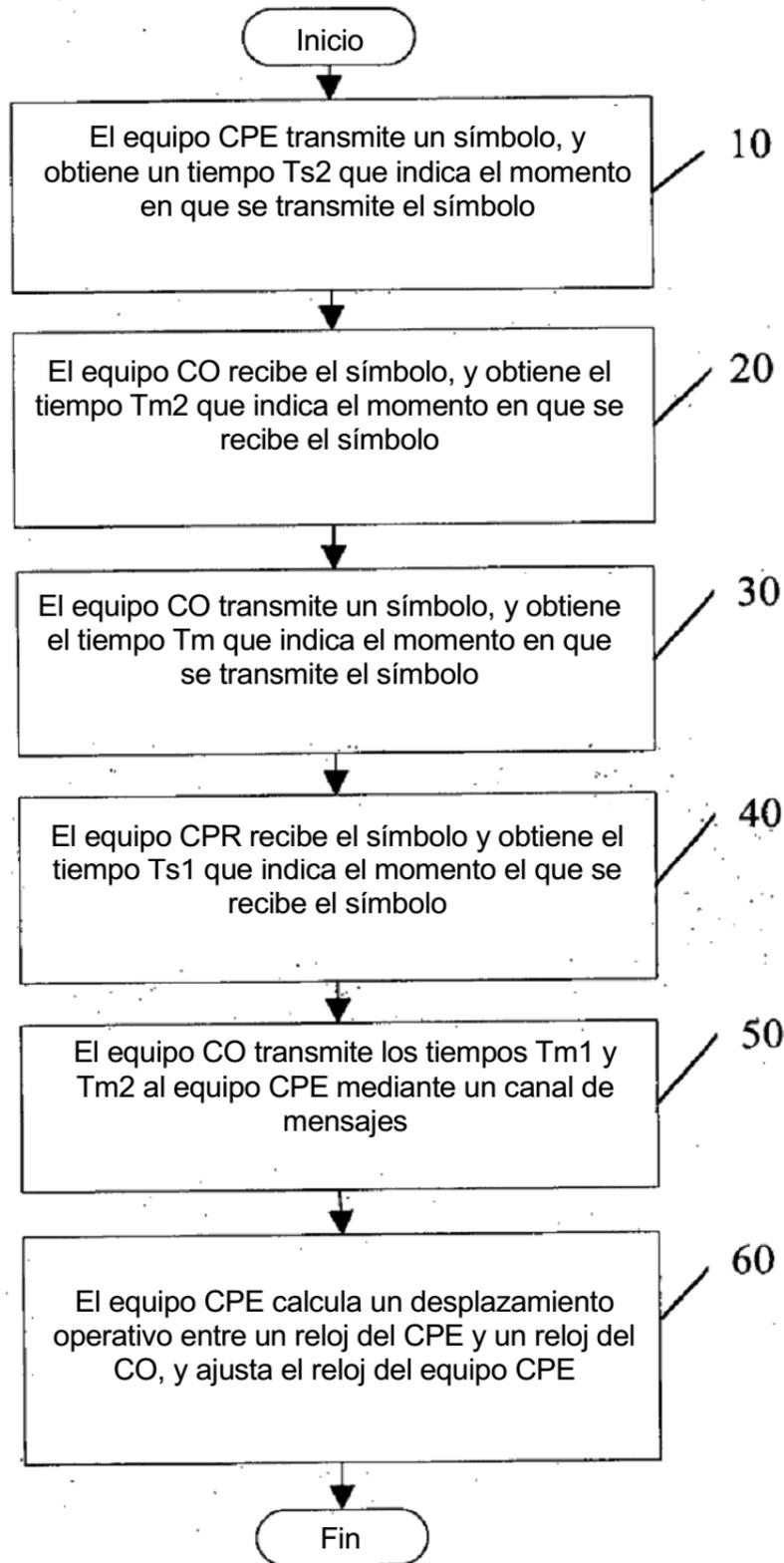


FIG 3

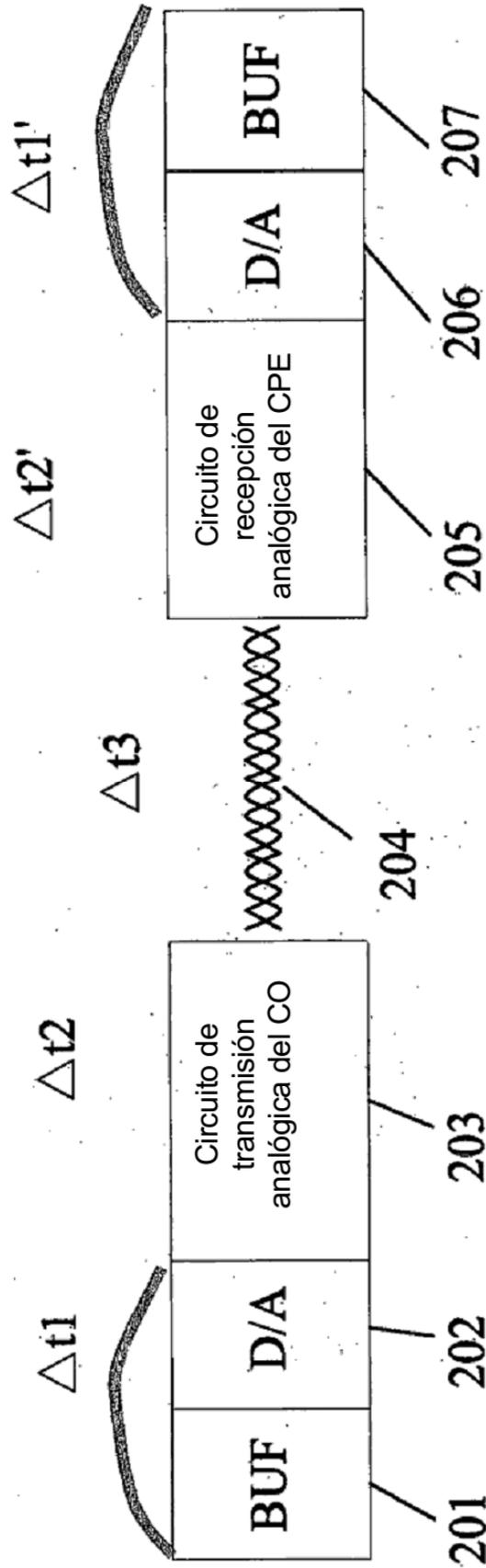


FIG. 4

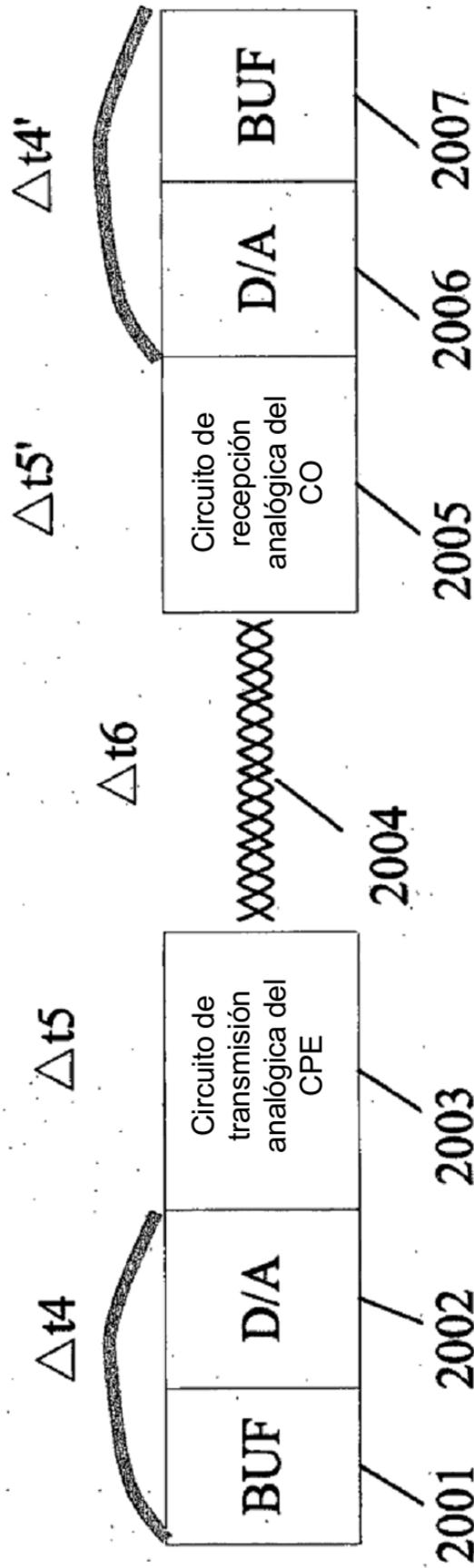


FIG. 5

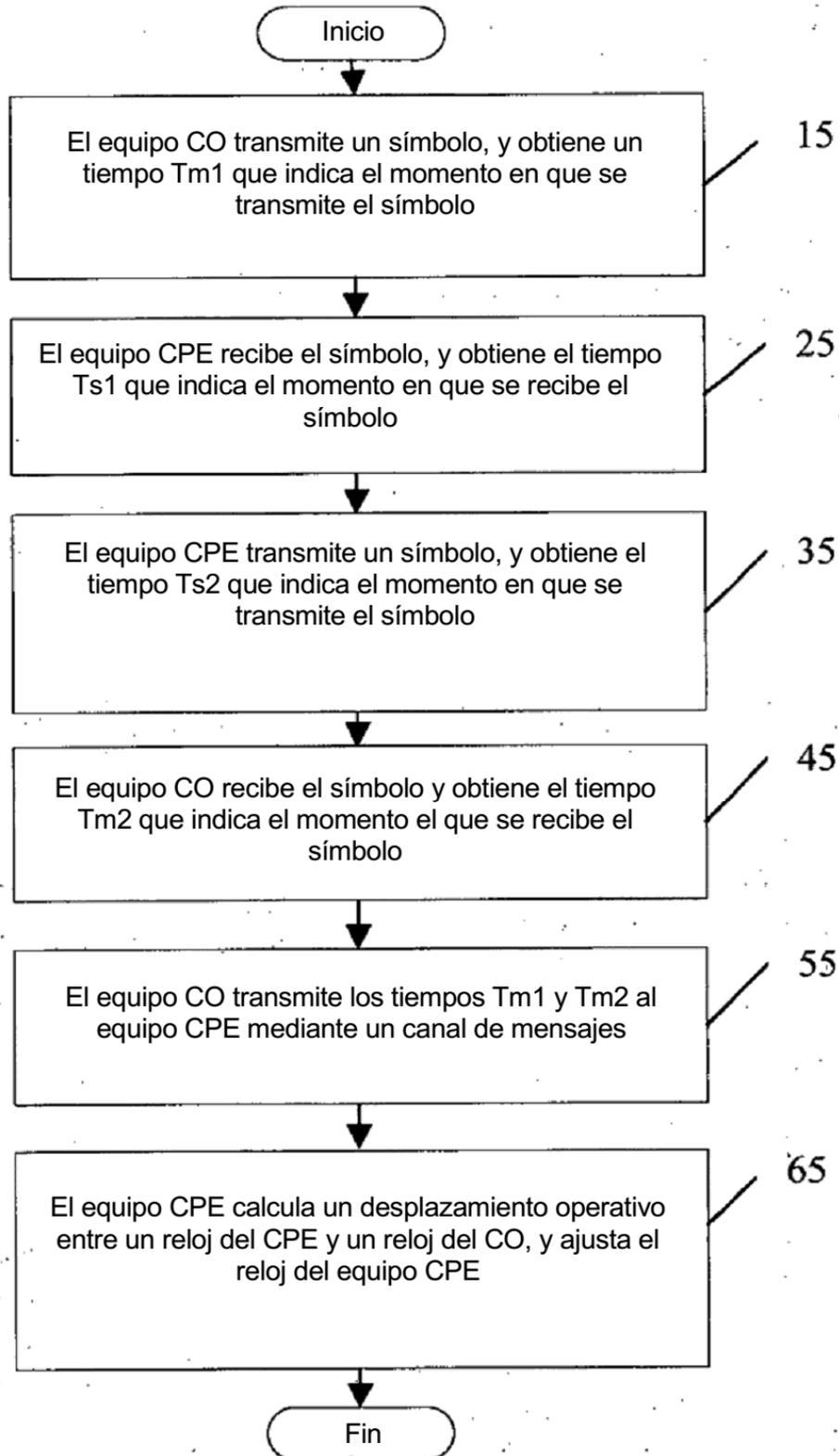


FIG. 6

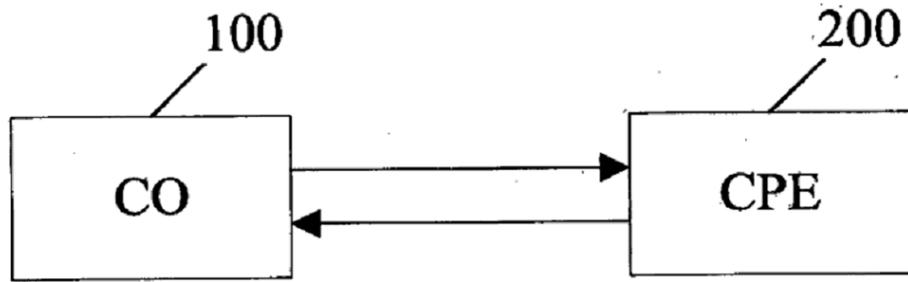


FIG. 7

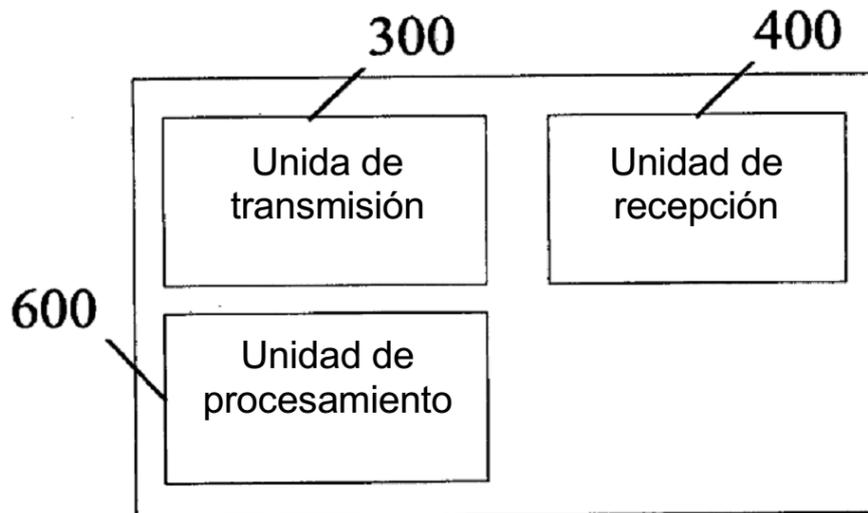


FIG. 8