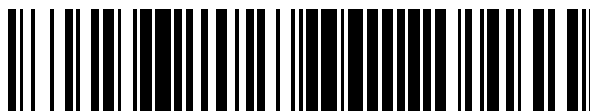


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 641 997**

51 Int. Cl.:

H04B 3/32 (2006.01)

H04L 25/08 (2006.01)

H04M 3/34 (2006.01)

H04J 3/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.05.2013 PCT/US2013/039207**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.11.2013 WO13166245**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.05.2013 E 13724938 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.08.2017 EP 2845325**

54 Título: **Alineación de los símbolos DMT de flujo ascendente de múltiples líneas en un sistema DSL TDD**

30 Prioridad:

02.05.2012 US 201261641424 P
04.03.2013 US 201361772312 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.11.2017

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian
Longgang District, Shenzhen, Guangdong
518129, CN

72 Inventor/es:

SHI, CAO;
FAZLOLLAHI, AMIR H. y
LIU, JIANHUA

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 641 997 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

Alineación de los símbolos DMT de flujo ascendente de múltiples líneas en un sistema DSL TDD

ANTECEDENTES

5 Las tecnologías de líneas de abonado digital (DSL) se utilizan para suministrar datos de alta velocidad a través de conductores de par trenzado. Los estándares de DSL actuales pueden comprender DSL asimétrico (ADSL, ADSL2 y ADSL2+), DSL de muy alta tasa de transferencia (VDSL y VDSL2) y red digital de servicios integrados (ISDN). Estas tecnologías pueden utilizar la transmisión de banda base en conjunción con el servicio telefónico ordinario (POTS). Las señales de DSL pueden ocupar bandas de frecuencia más altas, mientras que las señales POTS pueden ser transmitidas a través de bandas de frecuencia por debajo de 4 kilohercios (KHz). Las señales de DSL y de POTS se pueden dividir y acoplar a través de un divisor al receptor y a la red correspondientes, respectivamente.

10 La modulación por multitono discreto (DMT) se puede implementar en sistemas DSL. El equipo de multiplexor de acceso DSL (DSLAM) puede ofrecer acceso multipuerto y soporte para diferentes tecnologías DSL. Los estándares ADSL/ADSL2 y VDSL2 pueden emplear duplexación por división de frecuencia (FDD), en donde la transmisión de flujo descendente (DS) y de flujo ascendente (US) se produce simultáneamente en dos bandas de frecuencia diferentes. Sin embargo, estos estándares pueden sufrir problemas con la diafonía de extremo cercano (NEXT) y el eco durante la transmisión.

15 Alternativamente, se pueden utilizar sistemas de duplexación por división de tiempo (TDD), en donde las transmisiones de DS y de US se pueden producir en diferentes intervalos de tiempo. Las señales de DS de diferentes líneas pueden ser transmitidas al mismo tiempo ya que todos los equipos transceptores están ubicados y son controlados desde la oficina central. Sin embargo, las señales de US pueden ser transmitidas en diversos momentos y deben estar alineadas correctamente para facilitar la eliminación de la diafonía en la oficina central o en los transceptores del lado del operador. Los desplazamientos de sincronización entre diversas señales que llegan desde los locales del cliente, pueden afectar perjudicialmente a la cancelación de la diafonía. Por lo tanto, hay una necesidad de mejorar la alineación de los símbolos de US, como se vio en el equipo del lado del operador, con el fin de mejorar la cancelación de la diafonía.

20 El documento WO 2004/091249 A1 da a conocer un método llevado a cabo en un único transceptor para asignar la capacidad de transmisión entre las dos direcciones de transmisión en la comunicación de datos por cable.

25 El documento US 2009/0296865 A1 da a conocer un módulo de procesamiento de multicanal en serie con múltiples canales de un sistema de comunicación. El módulo de procesamiento sincroniza los símbolos de flujo descendente entre los canales y sincroniza los símbolos de flujo descendente para al menos uno de los canales dados con símbolos de flujo ascendente para ese canal.

30 El documento US 2005/0232308 A1 da a conocer un sistema de comunicación de línea de abonado digital que incluye los transceptores primero y segundo. El primer transceptor es operable para estimar un retardo de propagación. El segundo transceptor se comunica con el primer transceptor y recibe el retardo de propagación estimado del primer transceptor. El segundo transceptor utiliza el retardo de propagación estimado para determinar un retardo de propagación de ida y vuelta, y determina un tiempo de avance de transmisión en base, al menos parcialmente, al retardo de propagación de ida y vuelta.

RESUMEN

35 En una realización, la divulgación incluye un método que comprende la transmisión de un valor de retardo para cada uno de una pluralidad de transceptores DSL, por una unidad de punto de distribución (DPU), y la recepción, por la DPU, de una pluralidad de señales sustancialmente al mismo tiempo, en donde cada una de la pluralidad de las señales es de un transceptor DSL diferente en la pluralidad de transceptores DSL y es transmitida en momentos diferentes en base al valor de retardo y a un retardo de propagación correspondiente.

40 En otra realización, la divulgación incluye un sistema que comprende una unidad de punto de distribución, DPU, y una pluralidad de transceptores de línea de abonado digital, DSL; comprendiendo la DPU: medios para transmitir un valor de retardo a cada uno de la pluralidad de transceptores de línea de abonado digital, DSL; comprendiendo cada uno de la pluralidad de transceptores DSL: medios para transmitir una señal en diferentes momentos en base al valor de retardo y a un retardo de propagación correspondiente; y la DPU que comprende además: medios para recibir una pluralidad de señales sustancialmente al mismo tiempo.

45 Estas y otras características se comprenderán más claramente a partir de la siguiente descripción detallada tomada en conjunción con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de esta divulgación, se hace ahora referencia a la siguiente descripción breve, tomada en conexión con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en donde los números de referencia iguales representan partes iguales.

- 5 La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una realización de la arquitectura DSL a nivel de sistema.
- La FIG. 2 ilustra un esquema de dos sistemas xDSL 200 con dos escenarios donde se produce diafonía.
- La FIG. 3 ilustra una realización de operaciones realizadas por un transmisor para la construcción de símbolos DMT consecutivos.
- 10 La FIG. 4 ilustra una realización de la señalización experimentada por un transmisor (TX) y un receptor (RX) en un módem FDD.
- La FIG. 5 es una realización del solapamiento entre una señal recibida y las señales de eco.
- La FIG. 6 ilustra una realización de las longitudes de bucle para varios puertos.
- Las FIG. 7A, 7B y 7C ilustran realizaciones de alineación del símbolo de flujo descendente en diferentes puntos de tiempo.
- 15 Las FIG. 8A, 8B y 8C ilustran la alineación del símbolo de flujo descendente TDD en diferentes puntos de tiempo.
- La FIG. 9 muestra una realización de alineación del símbolo para los puertos de diversas longitudes de bucle.
- La FIG. 10 ilustra la atenuación de bucle frente a la longitud de bucle para diferentes tipos de bucle.
- La FIG. 11 ilustra una realización de símbolos DMT consecutivos para el estándar G.fast.
- La FIG. 12 muestra una realización de una estructura de trama TDD para G.fast.
- 20 La FIG. 13 es una realización de un aparato del lado del operador, el cual puede implementar la alineación de la sincronización.
- La FIG. 14 es un diagrama de flujo de una realización de un método de alineación del símbolo de flujo ascendente.
- La FIG. 15 es un diagrama esquemático de una realización de una DPU.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 25 Debe entenderse desde el principio que, aunque una implementación ilustrativa de una o más realizaciones se proporcionan más abajo, los sistemas y/o métodos dados a conocer pueden ser implementados utilizando cualquier número de técnicas, ya sean actualmente conocidas o en existencia. La divulgación de ninguna manera debería estar limitada a las implementaciones ilustrativas, dibujos y técnicas ilustradas más abajo, incluyendo los ejemplos de diseños e implementaciones ilustradas y descritas en el presente documento, sino que pueden modificarse dentro
- 30 del alcance de las reivindicaciones adjuntas junto con su alcance completo de los equivalentes.

- Dependiendo del estándar soportado, un sistema DSL puede indicarse como un sistema xDSL donde 'x' puede indicar cualquier estándar de DSL. Por ejemplo, 'x' puede representar 'A' en los sistemas ADSL2 o ADSL2+, 'V' en los sistemas VDSL o VDSL2, o 'F' en los sistemas G.fast. Cuando un transceptor está ubicado en un extremo del operador del sistema DSL, incluyendo una oficina central (CO), multiplexor de acceso DSL (DSLAM), gabinete o una
- 35 unidad de punto de distribución (DPU), el transceptor puede ser referido como un xTU-O. Por otro lado, cuando un transceptor está ubicado en un extremo remoto o de usuario, tal como un equipo local del cliente (CPE), el transceptor puede ser referido como un xTU-R. Por ejemplo, si el sistema DSL es un sistema G.fast, un transceptor en el lado del operador puede ser referido como una unidad transceptora G.fast en un lado del operador (FTU-O). Del mismo modo, en el sistema G.fast, un transceptor CPE puede ser referido como una FTU en un terminal remoto
- 40 (FTU-R), es decir, en un lado del abonado. G.fast es un estándar DSL SG15-Q4 ITU-T recientemente iniciado y está en curso.

- Por conveniencia, la solicitud está escrita principalmente usando la notación de G.fast, pero como una persona con experiencia ordinaria en la técnica reconocerá, las técnicas descritas en el presente documento aplican a cualquier sistema DSL TDD. Por ejemplo, mientras que un transceptor del lado del operador puede ser etiquetado como FTU-
- 45 O, en el presente documento para referirse a G.fast, el transceptor del lado del operador en muchos casos puede ser considerado como una xTU-O. Este principio también puede ser aplicable a los transceptores en el lado del

cliente, en el cual un transceptor específico G.fast, FTU-R, también puede ser denominado como xTU-R para cualquier sistema DSL TDD.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de una realización de una arquitectura DSL 100 a nivel de sistema. La arquitectura 100 puede comprender un módem del lado del operador o DSLAM 150 y un equipo local del cliente (CPE) de módem del lado del cliente 120. El módem CPE 120 puede comprender un transceptor 121 y un divisor 122 del lado del cliente. El equipo del cliente puede incluir conexiones a un ordenador 110 y el servicio de teléfono POTS 130. El DSLAM 150 puede comprender un transceptor 152 y un divisor 151 del lado de la oficina. El DSLAM 150 puede adicionalmente estar conectado a un sistema de gestión de red (NMS) 170 y a una red telefónica pública conmutada (PSTN) 160. El equipo de lado del cliente 120 y el DSLAM 150 pueden estar conectados por una línea de par trenzado 140 para la transmisión de datos.

En la dirección de US, un transceptor 121 del lado del cliente puede recibir datos desde un ordenador 110 y modular los datos en una señal de DSL. La señal de DSL puede ser entonces enviada a un divisor 122, el cual puede integrar la señal del transceptor 121 del lado del cliente y la señal del POTS 130. La señal combinada puede entonces ir a través de una línea de par trenzado 140 al equipo DSLAM 150. Después del procesamiento en el transceptor 152, parte de la información puede ser enviada a una NMS 170 para fines de monitorización. Para la dirección de DS, la señal puede fluir desde la oficina central hacia el lado del cliente, como opuesta de la del flujo ascendente.

Una tecnología xDSL en una realización de arquitectura tal como en la FIG. 1, puede utilizar frecuencias superiores a 4 KHz. Los problemas causados por la diafonía pueden llegar a ser cada vez más importantes a medida que aumenta la frecuencia. La diafonía puede referirse a la interferencia entre pares trenzados durante la transmisión. Esta interferencia puede dividirse en NEXT y en diafonía de extremo lejano (FEXT). La FIG. 2 muestra un esquema de dos sistemas xDSL 200 con dos escenarios de ocurrencia de diafonía. Los sistemas 200 pueden comprender una ocurrencia de NEXT 210 y una ocurrencia de FEXT 220. La NEXT puede definirse como la interferencia que ocurre en el receptor del mismo extremo del cable desde el cual la señal fue transmitida. La FEXT puede ocurrir cuando la interferencia se propaga descendentemente y se produce en el extremo opuesto del cable.

Los sistemas DSL, tales como ADSL/ADSL2/ADSL2+ y VDSL2 pueden utilizar FDD para la transmisiones de DS y de US. En los sistemas que emplean FDD, la transmisión de la señal en el dominio del tiempo puede ser continua sin interrupción, mientras que puede haber poco o ningún solapamiento en el dominio de frecuencia entre las señales de DS y de US. Una técnica avanzada de sincronización puede ser utilizada para hacer la señal transmitida de eco ortogonal a la señal recibida en la transmisión de DS y de US. Adicionalmente, las extensiones cíclicas (CE), tales como el prefijo cíclico (CP) y el sufijo cíclico (CS), pueden ser añadidas a los símbolos con el fin de dar cuenta de diferentes longitudes de bucle entre las múltiples líneas. Esta técnica también puede habilitar la sincronización de la transmisión y la alineación de los símbolos en el tiempo entre múltiples líneas. La sincronización puede hacer la NEXT ortogonal a la señal recibida en ambas transmisiones de DS y de US. La NEXT puede ser filtrada y puede no afectar el rendimiento del enlace; sin embargo, la FEXT todavía puede hacer que la tasa de datos disminuya y producir inestabilidad en el enlace que porta el servicio.

El estándar VDSL2 puede utilizar símbolos de transmisión DMT, como se describe en la Recomendación ITU-T G.993.2, titulada "transceptores de línea de abonado digital de muy alta velocidad (VDSL2)", con fecha de diciembre de 2011, el cual se incorpora en el presente documento como referencia, como si se reproduce en su totalidad. El símbolo DMT de transmisión puede ser una muestra de dominios de tiempo producidos a partir del modulador DMT. La modulación de transformada de Fourier discreta inversa (IDFT) de las N subportadoras, puede construir $2N$ valores reales x_n , donde $n = 0, 1, \dots, 2N - 1$, el cual es seguido posteriormente por extensión cíclica, ventanas y operaciones de solapamiento.

La FIG. 3 ilustra una realización de operaciones realizadas por un transmisor para la construcción de símbolos DMT consecutivos. El símbolo DMT puede comprender muestras $2N$, un prefijo cíclico de longitud L_{CP} y un sufijo cíclico de longitud L_{CS} . Los sufijos cíclicos de símbolos consecutivos pueden solaparse por muestras de ventana β . El L_{CP} puede representar la longitud de las últimas muestras de la salida IDFT x_n , adjuntada como un prefijo a las x_n muestras IDFT de salida $2N$. El L_{CS} puede representar la longitud de las primeras muestras de x_n añadidas como un sufijo a las $x_n + L_{CP}$ muestras. β puede ser la longitud de la función de ventana, donde las primeras muestras β del CP del símbolo DMT actual y las últimas muestras β del CS del símbolo DMT anterior se emplean en ventanas de la señal transmitida. Los valores de muestra de ventana pueden ser determinados de acuerdo con el criterio de un proveedor. En una realización, el valor máximo de β puede ser el $\min(N/16, 255)$. Además, las muestras β (p. ej., las partes de la ventana) de símbolos consecutivos pueden solaparse y ser añadidas entre sí.

La longitud de la extensión cíclica (CE) se puede definir como $L_{CE} = L_{CP} + L_{CS} - \beta$, en donde los valores de los componentes pueden ajustarse en consecuencia para satisfacer la ecuación $L_{CE} = L_{CP} + L_{CS} - \beta = m \times N/32$, donde m puede ser un valor entero entre 2 y 16 inclusive. El soporte para elegir el valor de $m = 5$ puede ser obligatorio. En todos los casos, $\beta < L_{CP}$ y $\beta < L_{CS}$ debe ser cierto. El CS y el CP también se pueden particionar de acuerdo con el criterio de un proveedor. Los ajustes específicos del CE y del CP pueden ser intercambiados durante la inicialización.

La utilización de un CS durante la transmisión VDSL2 puede ser beneficiosa para ayudar a reducir la fuga espectral con una técnica de ventanas de transmisión. La función de ventana puede dar forma a la envoltura de la señal transmitida con el fin de reducir los problemas de fugas. Un CS también puede hacer que una señal de eco y una señal del receptor (Rx) sean ortogonales entre sí debido a una técnica avanzada de sincronización. El avance de tiempo puede permitir la alineación y sincronización de símbolos en los transceptores, tanto del lado de la oficina como del lado del cliente.

Un sistema VDSL2 puede emplear diferentes bandas de frecuencia para señales de DS y de US. Sin embargo, las señales se pueden transmitir al mismo tiempo y las unidades transceptoras VDSL2 (VTU) puede mostrar los datos transmitidos como señales de eco resultantes. Con el fin de atenuar un eco, puede ser utilizado un híbrido. En una realización, un híbrido puede reducir un eco en alrededor de 18 decibelios (dB). La FIG. 4 ilustra una realización de la señalización experimentada por un transmisor (TX) y un receptor (RX) en un módem FDD 400. El módem 400 comprende el transmisor 402, el receptor 404 y un híbrido o un circuito híbrido 406. El híbrido 406 puede ser un circuito utilizado para acoplar las señales del transmisor 402 y del receptor 404 en una única línea. La FIG. 4 muestra que la señal desde el transmisor 402 puede fugarse en la señal recibida por el receptor 404. Esta fuga puede presentarse posteriormente como una señal de eco. La señal recibida por el RX 404 es un solapamiento de la señal de eco y una señal deseada, como se ilustra.

La FIG. 5 es una realización del solapamiento 500 entre una señal recibida y una señal de eco. Cuando las señales de DS y de US se transmiten al mismo tiempo, un receptor puede obtener tanto la señal recibida del lado remoto como la señal de eco del lado local. Si la señal de eco y la señal recibida no son ortogonales, entonces la señal de eco puede contribuir a la fuga espectral en la banda de señal recibida, lo que puede resultar en la degradación en la relación señal/ruido (SNR) de la señal recibida. Un CS puede ser introducido con el fin de mantener la señal de eco y la señal recibida ortogonales. Adicionalmente, se puede utilizar un avance de tiempo para minimizar la longitud del CS.

A modo de otro ejemplo, supongamos que una señal desde una unidad de transceptor VDSL2 en el lado remoto (VTU-R) se transmite Δt detrás de una señal de una unidad de transceptor VDSL2 en el lado de la oficina (VTU-O). La señal puede tener un retardo de propagación de t_0 . Por lo tanto, la desalineación de la señal de recepción y el eco en la VTU-O puede ser $|\Delta t + t_0|$, mientras que la desalineación en la VTU-R puede ser $|\Delta t - t_0|$. El valor del CS puede entonces necesitar ser el máximo de $|\Delta t + t_0|$ y $|\Delta t - t_0|$. Si tanto la VTU-O como la VTU-R se inician al mismo tiempo, entonces Δt es igual a cero y el CS puede tener la longitud mínima. La técnica de avance de tiempo en VDSL2 G.993.2 puede ser utilizada para permitir que las señales de transmisión para la VTU-O y la VTU-R se inicien al mismo tiempo. En este caso, un CS/2 máximo puede estar disponible en ambas direcciones para que la señal del extremo lejano llegue al receptor sin provocar la fuga espectral.

El estándar de ITU-T G.fast puede proporcionar acceso de banda ancha a través de pares de cobre desde la fibra al punto de distribución (FTTDP) cerca del CPE. G.fast fue desarrollado para estandarizar un escenario de aplicación de FTTDP, para abordar el acceso de velocidad ultra alta en líneas de cobre de cable de acometida puenteadas desde puntos de distribución. G.fast puede utilizar TDD como el método físico (PHY) de duplexación de capa y DMT como modulación. A fin de evitar la NEXT, todos los puertos en el mismo nodo FTTDP pueden necesitar alinear sus intervalos de tiempo de DS y de US. La alineación de los símbolos de DS de todos los transmisores y símbolos de US de todos los receptores en la FTU-O, puede ser recomendable para eliminar la FEXT de las señales de DS y de US, respectivamente.

La alineación de los símbolos de DS para múltiples puertos se puede conseguir de una manera sencilla debido a la naturaleza de intercalamiento de la FTU-O; sin embargo, la alineación de los símbolos de US de todos los puertos que llegan a la FTU-O puede no ser tan sencilla debido a las longitudes del bucle desiguales. La FIG. 6 ilustra una realización de símbolos recibidos para diversas longitudes de bucle para varios puertos. Un símbolo DMT puede comprender un CP 610, muestras 2N 620 y un CS 630. Las diferentes longitudes de las tres líneas pueden resultar en un desplazamiento de la sincronización entre diversas señales que llegan del equipo del cliente. Por ejemplo, los símbolos de US del puerto 1, que tiene una longitud de bucle de 200 m, pueden llegar a un puerto de la FTU-O más tarde que los símbolos de US del puerto 3, que tiene una longitud de bucle de 50 m. Con el fin de dar cuenta de las diferencias de tiempo entre los puertos, puede ser empleado un CS.

En una realización, un estándar de Red Óptica Pasiva de Gigabit (GPON) puede utilizar un esquema para la sincronización de flujo ascendente de las señales ópticas, como se describe en la Recomendación ITU-T G.984.3, titulada "Redes ópticas Pasivas con capacidad de Gigabit (G-PON): Especificación de la capa convergencia de transmisión", fechada en marzo de 2008, que se incorpora en el presente documento por referencia como si fuera reproducida en su totalidad. El mecanismo de alineación de flujo ascendente de la GPON puede ser similar a un método de alineación de tiempo y puede emplear los siguientes pasos. Una unidad de terminación de línea óptica (OLT) puede enviar una trama de petición de flujo ascendente a una unidad de terminación de red óptica (ONT), con una marca de tiempo que registra el momento de envío T1. La ONT puede recibir la trama y registrar el momento T2. Después del procesamiento, la ONT puede enviar una trama de registro de US y puede registrar el momento de

envío T3. La OLT puede entonces calcular el tiempo de propagación (o retardo de propagación) del bucle como sigue:

$$T_{spread} = \frac{T_2 - T_1 + T_4 - T_3}{2} \quad (1)$$

5 A continuación, la OLT puede calcular el tiempo que la ONT se puede retardar después de recibir la trama de petición de flujo ascendente mediante $Retardo = T_{max} - T_{spread}$. En una realización, T_{max} puede ser el tiempo de propagación sobre una fibra de 60 km. La OLT puede enviar la información de retardo a la ONT, la cual puede utilizar el retardo antes de transmitir las tramas de US. Después de que la ONT lleva a cabo el retardo, la señal de la ONT puede parecer que ha sido transmitida a 60 km de la OLT; por lo tanto, la señal de US puede estar alineada a su intervalo de tiempo asignado. En general, este esquema puede ser muy complejo, requiriendo varios pasos complicados en el lado del operador. Un enfoque simplificado para la alineación puede ser deseable. Cabe destacar aquí que la GPON en los flujos ascendentes utiliza el acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) y en este sistema no debería haber ningún solapamiento de tiempo entre las señales ópticas de flujo ascendente transmitidas que utilizan la misma fibra que los medios de comunicación.

15 Para el estándar G.fast, puede ser elegido un método TDD y un método DMT (p. ej., multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM)). En TDD, los US y DS pueden ser divididos en el tiempo en lugar de en la frecuencia (como en FDD) para evitar que el eco local y la NEXT perturben la señal recibida. Los intervalos de tiempo de DS y de US pueden ser sincronizados y alineados entre puertos. Con el fin de reducir el efecto de la FEXT, todos los símbolos de US se pueden transmitir al mismo tiempo, similar al método de avance de tiempo utilizado en FDD para sistemas VDSL2. Sin embargo, el avance de tiempo de FDD en sistemas VDSL2 puede ser propuesto originalmente para contrarrestar el eco y la NEXT al forzar a los transmisores del CO y del CPE para que se inicien al mismo tiempo. Debido a las diferentes longitudes de bucle, un CS puede ser utilizado para garantizar la sincronización de todas las señales transmitidas del CPE en el CO. En los métodos TDD, puede no haber eco o NEXT, ya que no hay solapamiento de tiempo entre las señales del transmisor y del receptor. Adicionalmente, puede no haber un problema de ortogonalidad de las señales de DS y de US, siempre y cuando no hay solapamiento de tiempo entre las dos. Por lo tanto, la necesidad para el CS puede ser eliminada si todas las señales de US de diferentes líneas llegan a una FTU-O (una unidad transceptora G.fast en la oficina) al mismo tiempo.

30 Se dan a conocer en el presente documento sistemas, métodos y aparatos para la alineación de los símbolos DMT de US de múltiples líneas en un sistema xDSL TDD. Se proponen esquemas para lograr la alineación de los símbolos de US en una unidad transceptora en el lado de la oficina central. Algunas realizaciones pueden incluir la estimación de la longitud de bucle (o el retardo de propagación equivalente) en una unidad transceptora en un lado del cliente remoto. Los transceptores en el lado de la oficina (p. ej., la FTU-O) pueden ser intercalados en una unidad de punto de distribución (DPU). Si todas las señales de US de diferentes líneas utilizan longitudes de símbolos DMT idénticas con las longitudes iguales de CP y llegan a la FTU-O al mismo tiempo, un CS puede no ser necesario. Por lo tanto, el CS de flujo ascendente se puede retirar en una estructura de símbolo DMT llevando a menos sobrecarga y a señalización de capa dependiente del medio físico (PMD) más eficiente.

40 Algunos sistemas DSL, tales como G.fast, emplean TDD para la transmisión de la señal de DS y de US. Los módems G.fast pueden realizar en longitudes de bucle de hasta 400 m de largo, junto con una frecuencia máxima de 250 MHz para la transmisión de datos. En una realización, un bucle corto para G.fast puede ser de 50 m o menos. A modo de otro ejemplo, supongamos que las FTU-R transmiten señales de flujo ascendente al mismo tiempo y las correspondientes FTU-O están intercaladas. En este caso, la diferencia en los tiempos de llegada de las señales de flujo ascendentes a la FTU-O, puede ser tan grande como 2 microsegundos (μs). Esto puede indicar que, si el CS se utiliza para cubrir la diferencia, el CS puede tener que ser al menos 2 μs de largo. Este valor puede ser una gran sobrecarga cuando el período del símbolo está en el rango de sólo unos pocos microsegundos, lo que puede ser típico para G.fast. La eliminación de la longitud de CS puede mejorar posteriormente el rendimiento de datos en un sistema.

50 En un sistema DSL, tal como un sistema G.fast, una FTU-R puede recibir símbolos de flujo descendente y estimar o medir el retardo de propagación de la señal (a veces referido como el tiempo de propagación de la señal) desde la FTU-O a la FTU-R o desde la FTU-R a la FTU-O. El retardo de propagación puede indicarse como T_{pd_R} . Con el fin de implementar un método de alineación de los símbolos de flujo ascendente, un valor de retardo T_{max} también puede ser definido. La FTU-R puede calcular T2, que es el tiempo que el receptor puede que tenga que esperar antes de transmitir el símbolo de US. T2 se puede determinar como sigue:

$$T2 = T_{max} - 2 \cdot T_{pd_R2} \quad (3)$$

55 T_{max} puede representar el límite superior o máximo retardo que un receptor puede esperar para transmitir un símbolo de US. T_{max} puede, por ejemplo, ser dos veces el retardo de propagación del bucle más largo tal como se define por una FTU-O.

Después del intervalo de tiempo del flujo descendente, la FTU-R puede esperar un período de tiempo equivalente al valor de T2 más el tiempo de conmutación de la FTU-R antes de transmitir el símbolo de flujo ascendente. La FTU-R puede utilizar el tiempo de conmutación de la FTU-R para preparar los símbolos de flujo ascendente después de recibir el último símbolo. En una realización, el tiempo de conmutación puede ser cero. El tiempo de conmutación es el tiempo que tarda el transceptor para prepararse para transmitir la primera muestra después de recibir la última muestra de señal recibida.

Si la estimación de la FTU-R de la longitud de bucle es inexacta, la alineación del símbolo de enlace ascendente se puede mejorar adicionalmente como sigue. La FTU-R puede enviar símbolos de flujo ascendente especiales a la FTU-O, y la FTU-O puede recibir estos símbolos y enviar una información de ajuste Δt a la FTU-R. Esta información puede ser recibida por la FTU-R y se puede utilizar para modificar y personalizar el tiempo de envío de los símbolos de flujo ascendente de la FTU-R en consecuencia.

Específicamente, las FIG. 7A, 7B y 7C ilustran realizaciones de alineación de los símbolos de flujo descendente en puntos de tiempo diferentes. El sistema 700 comprende la FTU-O-1 702, la FTU-O-2 704, la FTU-R-1 712, la FTU-R-2 714, el controlador FTU-O 718. La FTU-O-1 702 y la FTU-R-1 712 pueden ser un transceptor del lado de la oficina y un transceptor del lado del cliente, respectivamente, para el puerto 1 en un sistema de G.fast. Del mismo modo, la FTU-O-2 704 y la FTU-R-2 714 pueden ser un transceptor de lado de oficina y un transceptor del lado del cliente, respectivamente, para el puerto 2 en el mismo sistema. La interfaz U puede ser una interfaz común para los transceptores del lado del operador, tales como la FTU-O-1 702 y la FTU-O-2 704. La conexión entre una FTU-R y una FTU-O es a través de un par de cobre, con el terminal del equipo del cliente designado como el punto de referencia U-R (o interfaz U, para abreviar) y el terminal de red designado como el punto de referencia U-O (o interfaz U para abreviar). Aunque sólo dos de las FTU-O 702 y 704 y dos de las FTU-R 712 y 714 se muestran con fines ilustrativos, cualquier número de cada uno de los componentes puede ser utilizado para una pluralidad de puertos en un sistema xDSL.

Un controlador de la FTU-O 718 puede ser un software de control o una entidad de hardware utilizado para coordinar y gestionar el funcionamiento de todas la FTU-O. En el momento 0, el sistema 700 muestra que la alineación de los símbolos de DS entre los puertos se puede conseguir fácilmente mediante la transmisión de los símbolos de DS al mismo tiempo, debido al intercalamiento de todas las FTU-O 702, 704. Los símbolos de DS transmitidos de todos los puertos pueden estar alineados en la FTU-O para facilitar la vectorización y cancelación de la FEXT.

El sistema 700 representa dos puertos con diferentes longitudes de bucle. El puerto 2 de la FTU-O-2 704 puede comprender un bucle más corto que el puerto 1 de la FTU-O-1 702. Por lo tanto, la FTU-R-2 714 del bucle corto puede recibir los símbolos de DS antes que la FTU-R-1 712. En la FIG. 7B, el sistema 700 en el momento 1 muestra que la FTU-R-2 714 puede recibir los símbolos de DS antes que la FTU-R-1 712 debido al bucle corto en el puerto 2. La FTU-R-2 714 puede entonces estimar el retardo de propagación (T_{pd_R2}) desde la FTU-O-2 704 a la FTU-R-2 714 y calcular el tiempo de espera T2 utilizando la siguiente ecuación:

$$T2 = T_{\max} - 2 \cdot T_{pd_R2} \quad (3)$$

T_{\max} en la ecuación 3 puede ser determinado por la FTU-O-2 y puede ser dos veces el retardo de propagación del bucle más largo. El símbolo de DS puede únicamente alcanzar la FTU-R-1 712 en el siguiente punto de tiempo, momento 2, como se representa en la FIG. 7C con una instantánea de la sincronización de símbolos. Más tarde en el puerto 1, el tiempo de retardo estimado T_{pd_R1} puede ser mayor que el T_{pd_R2} determinado por la FTU-R-2 714. Por lo tanto, la FTU-R-1 712 puede calcular el tiempo que puede esperar como sigue:

$$T2 = T_{\max} - 2 \cdot T_{pd_R1} \quad (4)$$

La estimación del retardo de propagación para un bucle dado puede ser implementada de varias maneras, incluyendo, pero no limitado a, el siguiente algoritmo: (1) estimar la atenuación del bucle de una señal recibida (p. ej., la señal recibida que comprende al menos un símbolo DMT), (2) estimar la longitud de bucle a partir de la atenuación del bucle, y (3) estimar el tiempo de retardo del bucle a partir de la longitud de bucle. Este algoritmo se puede emplear ya sea en una FTU-O (p. ej., la estimación del retardo de propagación en base a la señal recibida de una FTU-R) o una FTU-R (p. ej., la estimación del retardo de propagación en base a la señal recibida de una FTU-O).

Las FIG. 8A, 8B y 8C ilustran una alineación del símbolo de flujo ascendente TDD en diferentes puntos de tiempo. El sistema 700 en el momento 3 en la FIG. 8A, ilustra que la FTU-R-1 712, la cual tiene un bucle más largo que el otro transceptor, puede transmitir los símbolos de US antes que la FTU-R-2 714. En el momento 4 en la FIG. 8B, la señal de US de la FTU-R-1 712 puede alcanzar una distancia de la FTU-O-1 702 que puede ser aproximadamente igual a la distancia entre la FTU-R-2 714 y la FTU-O-2 704. En este punto, la FTU -R-2 714 puede iniciar la transmisión de los símbolos de US a la FTU-O-2 704. Esto puede llevarse a cabo para dar cuenta del retardo de propagación y de las diferencias de la longitud de bucle.

A modo de otro ejemplo, supongamos que la última muestra de DS en la FIG. 7C se transmite en T_0 y puede llegar a la FTU-R-2 714 en $T_0 + T_{pd_R2}$. La FTU-R-2 714 puede entonces esperar para $T_{max} - 2 \cdot T_{pd_R2}$ antes de transmitir la primera muestra de US. Las siguientes ecuaciones 5 y 6 pueden definir el tiempo de transmisión, $T_{transmit}$.

$$T_{transmit} = T_0 + T_{pd_R2} + T_{max} - 2 \cdot T_{pd_R2} \quad (5)$$

$$T_{transmit} = T_0 + T_{max} - T_{pd_R2} \quad (6)$$

5 El retardo de propagación desde la FTU-R-2 714 a la FTU-O-2 704 puede ser T_{pd_R2} , de modo que el momento de llegada puede ser $T_0 + T_{max}$. La primera muestra de la FTU-R-1 712 también puede llegar a la FTU-O-1 702 en el momento $T_0 + T_{max}$, de modo que las señales de US pueden estar alineadas en la DPU donde todas las FTU-O están intercaladas.

10 En el momento 5 en la FIG. 8C, los símbolos de US de ambos puertos pueden llegar al mismo tiempo a sus respectivos transceptores del lado de la oficina. La alineación del símbolo de US de la FTU-R-1 712 y de la FTU-R-2 714 en la FTU-O-1 702 y la FTU-O-2 704, respectivamente, puede depender de la exactitud de la estimación de la longitud de bucle. La FIG. 9 ilustra una realización de la alineación del símbolo para los puertos de diversas longitudes de bucle. La realización puede comprender un prefijo cíclico (CP) 910 y muestras 2N 920 y puede
15 representar un símbolo DMT. Dado que los símbolos de US llegan a la correspondiente FTU-O al mismo tiempo, el CS puede no ser necesario. La realización de la alineación de flujo ascendente TDD de la FIG. 9 contrasta con la realización de la FIG. 6, en la cual el CS es requerido debido a la falta de alineación del símbolo en los puertos con diversas longitudes de bucle.

20 La FIG. 10 ilustra la atenuación de bucle frente a la longitud de bucle para diferentes tipos de bucle a 75 MHz. La FIG. 10 ilustra datos de atenuación para los tipos de bucle AWG26, AWG24, PE04, PE05 y TP100. Estos tipos de bucle son bien entendidos por una persona con experiencia ordinaria en la técnica en los sistemas DSL. Por ejemplo, el AWG26 y el AWG24 son Calibre de Alambre Estadounidense (AWG) de calibre 26 y 24, respectivamente. Cada uno de los tipos de bucle representados en la FIG. 10 puede transmitir a 75 MHz o en otro valor de la frecuencia de interés, igual que 75 MHz fue elegido con fines ilustrativos. Suponiendo que el tipo de bucle
25 es conocido o puede ser estimado con una exactitud razonable, las curvas de atenuación pueden ser utilizadas por un receptor, tal como la FTU-R, para estimar la longitud de bucle en base a la potencia de una señal recibida. Es decir, una señal con una potencia conocida puede ser transmitida a una FTU-R y la longitud de bucle puede ser estimada en base a la atenuación. Si la longitud de bucle es conocida, el retardo de propagación se puede determinar a partir de la longitud de bucle (debido a que la velocidad de desplazamiento de la señal es conocida, p. ej., 2×10^8 m/s).

30 Puede haber diferentes maneras de tratar con un tipo de bucle desconocido. En una alternativa, un promedio de las curvas mostradas en la FIG. 10 puede ser utilizado para generar una curva que se aplica independientemente del tipo de bucle. En otra alternativa las FTU pueden tener un conocimiento a priori del tipo de bucle. En otra alternativa, se puede estimar el tipo de bucle. En base a la atenuación en la FIG. 10, si el tipo de bucle es desconocido y se utiliza la curva promedio, el error de estimación de la longitud de bucle puede ser hasta del 15%. Si el tipo de bucle se estima incorrectamente, el error de estimación de la longitud de bucle puede ser del 30%. Sin embargo, si la estimación del tipo de bucle es exacta, el error de estimación de la longitud de bucle puede teóricamente ser cero.

35 Para estimar la longitud de bucle y el retardo de propagación cuando están presentes fuertes señales FEXT, se puede usar una señal sin correlación con las señales FEXT. Por ejemplo, al hacer que el símbolo de sincronización (el llamado símbolo de sincronización) de cada una de las líneas derivado de un generador PRBS diferente, cada uno de los receptores será capaz de detectar su señal de canal directo correspondiente y rechazar las señales de los canales FEXT; por lo tanto, estimando el retardo de propagación del canal directo. Alternativamente, los símbolos de sincronización pueden ser transmitidos secuencialmente por cada una de las FTU de manera TDMA, de modo que no habrá solapamiento de tiempo entre las señales transmitidas para eliminar la FEXT. Los símbolos de sincronización se definen y se utilizan en todos los estándares xDSL incluyendo VDSL2/G.993.2 y G.fast.

40 En el caso que la estimación de la longitud de bucle de la FTU-R es inexacta, se puede realizar una técnica adicional. La FTU-R (p. ej., la FTU-R-1 712 o la FTU-R-2 714) puede enviar símbolos especiales de US a la FTU-O (p. ej., la FTU-O-1 702 o la FTU-O-2 704). La correspondiente FTU-O puede recibir estos símbolos y utilizar la correlación u otros métodos para estimar un desplazamiento de alineación entre el símbolo de US de la FTU-R y una referencia. La FTU-O puede entonces enviar una información de desplazamiento de ajuste Δt a la FTU-R, la cual
45 puede recibir esta información y ajustar el tiempo de transmisión de los símbolos de US en consecuencia (p. ej., adelantar o retardar las transmisiones por Δt).

50 Sin estas técnicas para la correcta alineación inicial del símbolo de US, una línea de unión puede transmitir su símbolo de US especial inicial en un tiempo de desplazamiento arbitrario, que puede causar problemas significativos para los canceladores FEXT de US de otras líneas. Si una línea utiliza el método de avance de tiempo de VDSL2, su símbolo de US puede irse por $1 \mu s$ en una línea de 200 m, si la velocidad de los electrones sobre cobre se supone que es de 2×10^8 m/s. Utilizando el método de alineación del símbolo TDD descrito en el presente documento, el

máximo desplazamiento sería el 15% de la longitud estimada, lo que se traduce en 0,15 μ s en una línea de 200 m. En este caso, puede haber una mejora de siete veces en la exactitud. Con un período de símbolo de 20 μ s, un desplazamiento de 0,15 μ s puede crear en el peor de los casos una fuga de ruido acumulado de -42,5 dB desde la nueva línea de unión a otras líneas. Esta fuga no puede ser cancelada por los canceladores FEXT de flujo ascendente. Sin embargo, el ruido de 42,5 dB por debajo de la señal no se espera que cause problemas significativos en G.fast. Sin el método dado a conocer, el nivel de ruido puede ser de sólo 25,6 dB por debajo del nivel de la señal, que puede hacer otras líneas de flujo ascendente vectorizadas inestables.

Para la alineación del símbolo, el estándar G.fast puede emplear una estructura de símbolo específica para la alineación de flujo ascendente y de flujo descendente. La FIG. 11 ilustra una realización de símbolos DMT consecutivos para el estándar G.fast. El símbolo puede comprender unas muestras $2N$ originales, un prefijo cíclico de longitud L_{CP} y un sufijo cíclico de longitud L_{CS} . Los sufijos cíclicos de símbolos consecutivos pueden solaparse por muestras de ventana β . La longitud del CS L_{CS} puede ser igual a β . En una realización, las muestras del CS con una longitud $L_{CS} = \beta$ pueden estar completamente solapadas con las primeras muestras β del CP del siguiente símbolo para someterse a la operación de ventana. En comparación con las muestras de DMT para VDSL2 en la FIG. 3, ninguna muestra adicional del CS puede ser transmitida. Por lo tanto, la longitud de los símbolos transmitidos se puede simplificar a $2N + L_{CP}$, y la alineación del símbolo de US TDD mencionada anteriormente, puede posteriormente ser realizada.

La FIG. 12 muestra una realización de una estructura de trama TDD para G.fast. El formato de una trama TDD puede presentarse en la FIG. 12 con las siguientes anotaciones que describen los parámetros de trama TDD. Los valores de T_{g1} y T_{g2} son los espacios de tiempo en la interfaz U de la FTU-O, mientras que $T_{g1'}$ y $T_{g2'}$ son los espacios de tiempo en la interfaz U de la FTU-R. Tanto la FTU-O como la FTU-R pueden transmitir con respecto a límites de los símbolos de flujo descendente y de flujo ascendente respectivamente. En todos los casos, la suma $T_{g1} + T_{g2} = T_{g1'} + T_{g2'}$ puede ser igual a la duración de un símbolo DMT. El valor de $T_{g1'}$ no puede exceder de 9 μ s.

T_{pd} puede denotar un retardo de propagación de una señal desde la FTU-O a la FTU-R y viceversa. La variable T_F puede definir el periodo de la trama. El periodo de la trama TDD puede ser un múltiplo entero de periodos de símbolos DMT. Por lo tanto, una trama TDD puede contener los periodos de símbolo M_{ds} dedicados para la transmisión de flujo descendente, los periodos de símbolo M_{us} dedicados para la transmisión de flujo ascendente, y un tiempo de espacio total ($T_{g1} + T_{g2}$) igual a un periodo de símbolo. Por lo tanto, T_F y el periodo de símbolo T_{sym} , se pueden definir en las siguientes ecuaciones 7 y 8, respectivamente:

$$T_F = (M_{ds} + M_{us} + 1) \times T_{sym} \quad (7)$$

$$T_{sym} = \frac{1}{f_{DMT}} = \frac{2N + L_{CP}}{2N \times \Delta f} \quad (8)$$

El límite del símbolo de transmisión de flujo descendente puede estar alineado en el límite de trama TDD. El valor por defecto de T_F puede ser cualquier número mayor que o igual a tres (es decir, al menos un símbolo de US, un símbolo de DS y un símbolo de tiempo de espacio). Otros valores de T_F se pueden emplear para un estudio adicional. En una realización, todos los valores válidos de T_F pueden ser igual a o menores que 36 símbolos. Los parámetros de la trama M_{ds} y M_{us} se pueden establecer en la inicialización de acuerdo con los correspondientes parámetros de base de información de gestión (MIB).

Con el fin de permitir la alineación del símbolo de US inicial (sincronización) en la DPU, la longitud total del tiempo de espacio en la FTU-O y la FTU-R puede estar limitada a un símbolo DMT y el valor de $T_{g1'}$ no puede exceder de 9 μ s. Esta información, incluyendo la estructura de trama TDD de la FIG. 12, puede proporcionar la información necesaria para una implementación de la alineación de US.

Como se ha mencionado, con el fin de que los símbolos DMT de US transmitidos lleguen al mismo tiempo a la DPU, la FTU-R ubicada en un bucle más corto puede comenzar la transmisión después del retardo más largo, mientras que la FTU-R ubicada en el bucle más largo puede comenzar la transmisión después del retardo más corto. Puesto que las FTU-R pueden ser de diferentes proveedores, los transceptores pueden cada uno utilizar diferentes valores para el retardo más corto ($T_{g1'_{min}}$), lo cual puede dar lugar a problemas en la sincronización de los símbolos de US. El retardo más corto, el cual puede ser referido como temporización de conmutador o tiempo de conmutación, puede ser una limitación de hardware. Para mitigar este problema, el estándar bien puede imponer un valor estricto en el tiempo de conmutación o hacer que sea un parámetro que las FTU-O enviarán a una FTU-R en la etapa temprana de inicialización. Esto puede asegurar que cada uno de los transceptores va a utilizar el mismo valor. Este valor puede ser el límite superior en el tiempo de conmutación, el cual se puede denotar como ST_U . Por ejemplo, $ST(i) \leq ST_U$ para todos los valores de i , donde $ST(i)$ puede ser el tiempo de conmutación de la FTU-R(i).

La FIG. 13 es una realización de un módulo FTU-O 1300, el cual puede implementar la alineación de sincronización. El módulo FTU-O 1300 también puede ser referido como una DPU. El módulo FTU-O 1300 puede comprender N

transceptores FTU-O 1302, una entidad de control de sincronización (TCE) 1304, un bloque PHY 1306, una entidad de control de vectorización (VCE) 1308 y una entidad de gestión (ME) 1310.

5 El bloque PHY 1306 puede representar la capa física del módulo FTU-O 1300 hacia la red de acceso y de la terminación de red (NT) hacia el equipo del cliente (CP). Los bloques L2+ representan la Capa 2 y funcionalidades anteriores contenidas en el módulo FTU-O 1300 y la NT. Estos bloques se pueden mostrar para la completitud del flujo de datos. La FIG. 13 muestra el modelo de referencia con los flujos de información lógicos dentro del módulo FTU-O 1300. El elemento común de todas las formas de coordinación puede ser la transmisión sincrónica y coordinada o la recepción sincrónica y coordinada de las señales desde todos los N pares de cables conectados al módulo FTU-O 1300 (p. ej., el grupo coordinado). Por lo tanto, las señales se pueden representar como un vector donde cada uno de los componentes puede ser la señal en una de las líneas (mostradas como líneas gruesas en la FIG. 13). La gestión de un módulo FTU-O 1300 puede ser realizada por los NMS, pasando la información de gestión a la ME 1310. Dentro del módulo FTU-O 1300, la ME 1310 transporta la información de gestión (sobre una interfaz llamada aquí TCE-m) a la TCE 1304. La VCE 1308 coordina la cancelación de diafonía a través del grupo coordinado.

15 La TCE 1304 se puede emplear en la DPU con el fin de enviar la longitud de bucle más larga posible L_{max} , o su correspondiente retardo de propagación D_{max} y el ST_U a la FTU-R a través de los transceptores FTU-O 1302. Esto puede permitir a la FTU-R llevar a cabo la sincronización de los símbolos de US mencionados anteriormente, dados a conocer en el presente documento.

20 Alternativamente, la TCE 1304 puede enviar un valor T_{g2} a la FTU-R. La FTU-R puede entonces calcular T_{g1} como sigue:

$$T_{g1}(i) = T_{g2} - 2 \times D(i) \quad (9)$$

$D(i)$ puede ser el retardo de propagación unidireccional de la FTU-R(i) conectada a la FTU-O(i). La sincronización del símbolo de US puede lograrse si cada una de las FTU-R sigue la ecuación 9 anterior. Sin embargo, el valor de T_{g2} puede depender del retardo D_{max} de la longitud de bucle más larga posible L_{max} dentro de la DPU y el ST_U . El T_{g2} puede entonces ser calculado por la siguiente ecuación:

$$T_{g2} = ST_U + 2 \times D_{max} + K \quad (10)$$

30 K puede ser una constante y puede ser puesta a cero. El valor del ST_U puede bien ser comunicado a todas las FTU-R para cumplir con el valor, o puede ser especificado en el estándar para permitir la sincronización de los símbolos de US inicial. El valor del ST_U puede tener que mantenerse tan pequeño como sea posible para permitir un gran D_{max} para un T_{g2} deseado. A modo de otro ejemplo, supongamos que hay un retardo de propagación de 0,5 μ s por cada 100 m en un cable de cobre. El valor de T_{g2} se puede suponer que no debe ser superior a 10 μ s para permitir al menos 9 μ s para T_{g1} . Si el valor del ST_U se establece en 8 μ s, la diferencia de la longitud de bucle entre los bucles más cortos y los más largos en el grupo de DPU puede ser sólo de 200 m. Si el valor del ST_U se establece en 6 μ s, la variación de la longitud de bucle puede ser de hasta 400 m. Si se ignora la regla mencionada anteriormente, la sincronización de los símbolos de US inicial y el ajuste fino en las etapas posteriores puede no ser llevar a cabo correctamente.

40 Alternativamente, la TCE 1304 puede enviar un valor T_{g1} a cada una de las FTU-R. El valor de la i-ésima FTU-R puede ser $T_{g1}(i)$. Como se vio previamente, el retardo de propagación $D(i)$ se puede estimar en la FTU-O(i) en base a una señal recibida desde la FTU-R(i) utilizando un algoritmo visto previamente. La TCE 1304 u otra parte de la DPU pueden calcular $T_{g1}(i)$ en base al $D(i)$ calculado y luego la FTU-O (i) puede enviar el valor de $T_{g1}(i)$ a la FTU-R(i), para todo $i = 1, 2, \dots, n$.

45 La FIG. 14 es un diagrama de flujo de una realización de un método de alineación del símbolo de 1400. El método se puede realizar en una DPU. El método comienza en el bloque 1410 en el que un valor de retardo puede ser transmitido a una pluralidad de transceptores DSL (p. ej., por los transceptores correspondientes o las FTU-O en la DPU). El valor de retardo puede ser transmitido, representando el valor de retardo como una serie de bits en un paquete. La pluralidad de transceptores DSL puede ser una pluralidad de CPE. El valor de retardo puede ser como se ha descrito previamente. Por ejemplo, el valor de retardo puede ser T_{max} o T_{g2} o ambos, variables descritas previamente. En respuesta, en el bloque 1420 una pluralidad de señales pueden ser recibidas sustancialmente al mismo tiempo. Las señales pueden ser recibidas dentro de una pequeña tolerancia entre sí, de tal manera que desde la perspectiva de la DPU parecen haber llegado efectivamente al mismo tiempo. En otras palabras, cualquier variación en el momento de llegada de la pluralidad de señales no tiene un efecto perjudicial en la FEXT en la DPU. El método 1400 puede opcionalmente contener el paso de transmisión de un límite superior (ST_U) en el tiempo de conmutación a la pluralidad de transceptores DSL.

55 La pluralidad de señales puede ser recibida sustancialmente al mismo tiempo, porque cada uno de la pluralidad de transceptores DSL transmite su señal correspondiente en un momento diferente en comparación con los otros transceptores DSL para dar cuenta de, p. ej., las diferencias en el retardo de propagación y/o tiempos de

conmutación. La pluralidad de transceptores DSL pueden individualizar sus momentos de transmisión de acuerdo con, p. ej., las ecuaciones (2)-(4), (9) o (10).

La FIG. 15 es un diagrama esquemático de una realización de una DPU 1500 configurada para realizar al menos uno de los esquemas descritos en el presente documento. La DPU 1500 comprende un procesador 1510, un dispositivo de memoria 1520 y una pluralidad de transceptores 1530 configurados como se muestra en la FIG. 15 (puede haber n transceptores, donde n es un número entero mayor que uno). Una interfaz U se ilustra en la FIG. 15 como una interfaz común a los transceptores 1530. El procesador 1510 puede ser implementado como uno o más chips de unidad central de procesamiento (CPU), núcleos (p. ej., un procesador multinúcleo), matrices de puertas programables (FPGA), circuitos integrados de aplicación específica (ASIC) y/o procesadores de señal digital (DSP). El procesador 1510 puede ser implementado utilizando hardware o una combinación de hardware y software.

El dispositivo de memoria 1520 puede comprender una caché, memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de sólo lectura (ROM), almacenamiento secundario o cualquier combinación de los mismos. El almacenamiento secundario comprende típicamente una o más unidades de disco o unidades de cinta, y se utiliza para el almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos de desbordamiento si la RAM no es suficientemente grande para poder contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario puede ser utilizado para almacenar programas que se cargan en la RAM cuando dichos programas se seleccionan para la ejecución. La ROM se puede utilizar para almacenar instrucciones y quizá datos que se leen durante la ejecución del programa. La ROM es un dispositivo de memoria no volátil que típicamente tiene una pequeña capacidad de memoria con respecto a la mayor capacidad de memoria del almacenamiento secundario. La RAM puede ser utilizada para almacenar datos volátiles y quizá para almacenar instrucciones. El acceso a la ROM y la RAM es típicamente más rápido que al almacenamiento secundario.

Los transceptores 1530 pueden ser FTU-O y pueden ser configurados para realizar la modulación y demodulación DMT. Cada uno de los transceptores 1530 puede estar acoplado a un CPE correspondiente a través de una línea DSL. Los transceptores 1530 pueden servir como dispositivos de entrada y/o salida de la DPU. Por ejemplo, si un transceptor 1530 está actuando como un transmisor, puede transmitir datos de la DPU 1500. Si un transceptor 1530 está actuando como un receptor, puede recibir datos en la DPU 1500.

La DPU 1500 puede estar configurada para realizar cualquiera de los esquemas discutidos en el presente documento, tal como el método 1400. Por ejemplo, los transceptores 1530 pueden transmitir un valor de retardo a un CPE correspondiente de acuerdo con el bloque 1410, como dirigido por el procesador 1510. Los transceptores 1530 pueden posteriormente recibir una pluralidad de señales sustancialmente al mismo tiempo (p. ej., en la interfaz U) de acuerdo con el bloque 1420. La DPU 1500 puede implementar el módulo FTU-O 1300. Por ejemplo, la TCE 1304 puede ser implementada en el procesador 1510 y/o la memoria 1520, y los transceptores FTU-O 1302 pueden corresponder a los transceptores 1530.

Cabe observar que un CPE puede generalmente tener la misma configuración que la DPU 1500 excepto que un CPE puede tener sólo un transceptor. Es decir, un CPE puede tener una memoria, un procesador y un transceptor configurado como se muestra en la FIG. 15. La interfaz U para un CPE puede ser una interfaz U-R.

Se entiende que mediante la programación y/o la carga de instrucciones ejecutables en la DPU 1500, al menos uno de los procesadores 1510 y la memoria 1520 se cambian, transformando la DPU 1500 en parte en una máquina o aparato particular (p. ej., una DPU que tiene la funcionalidad enseñada por la presente divulgación). Las instrucciones ejecutables pueden ser almacenadas en la memoria 1520 y cargadas en el procesador 1510 para la ejecución. Es fundamental para las artes de ingeniería eléctrica y de ingeniería de software que la funcionalidad que se puede implementar mediante la carga del software ejecutable en un ordenador, se puede convertir en una implementación hardware mediante reglas de diseño bien conocidas. Las decisiones entre la implementación de un concepto en software frente a hardware, normalmente dependen de consideraciones de estabilidad del diseño y del número de unidades a ser producidas, en lugar de cualquiera de las cuestiones implicadas en la traducción del dominio de software al dominio de hardware. Generalmente, un diseño que todavía está sujeto a cambios frecuentes, puede ser preferido a ser implementado en software, ya que volver a producir y sacar una implementación hardware es más caro que volver a producir y sacar un diseño de software. Generalmente, un diseño que es estable que será producido en gran volumen, puede ser preferido a ser implementado en hardware, por ejemplo, en un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), porque para grandes series de producción la implementación hardware puede ser menos cara que la implementación software. A menudo, un diseño puede ser desarrollado y probado en una forma de software y más tarde transformado, por reglas de diseño bien conocidas, a una implementación hardware equivalente en un circuito integrado de aplicación específica que conecta directamente las instrucciones del software. De la misma manera, como una máquina controlada por un nuevo ASIC es una máquina o aparato particular, del mismo modo, un ordenador que ha sido programado y/o cargado con instrucciones ejecutables puede ser visto como una máquina o aparato particular.

Al menos una realización se da a conocer y variaciones, combinaciones y/o modificaciones de la realización(es) y/o características de la realización(es) hechas por una persona que tiene experiencia ordinaria en la técnica están

dentro del alcance de la divulgación. Las realizaciones alternativas que resultan de la combinación, integración y/o omisión de características de la realización(es) están también dentro del alcance de la divulgación. Donde rangos numéricos o limitaciones se indican expresamente, dichos rangos expresos o limitaciones pueden ser entendidos para incluir rangos iterativos o limitaciones de igual magnitud que caen dentro de los rangos expresamente indicados o limitaciones (p. ej., de aproximadamente 1 a aproximadamente 10 incluye, 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Por ejemplo, siempre que se da a conocer un rango numérico con un límite inferior R_l y un límite superior R_u , cualquier número que cae dentro del rango se da a conocer específicamente: $R = R_l + k * (R_u - R_l)$, en donde k es una variable que varía de 1 por ciento a 100 por ciento, con un incremento de 1 por ciento, es decir, k es 1 por ciento, 2 por ciento, 3 por ciento, 4 por ciento, 5 por ciento, ..., 50 por ciento, 51 por ciento, 52 por ciento, ..., 95 por ciento, 96 por ciento, 97 por ciento, 98 por ciento, 99 por ciento o 100 por ciento. Además, cualquier rango numérico definido por dos números R como define lo anterior, también se da a conocer específicamente. El uso del término "aproximadamente" significa +/- 10% del número posterior, a menos que se indique lo contrario. El uso del término "opcionalmente" con respecto a cualquier elemento de una reivindicación, significa que el elemento es requerido, o alternativamente no se requiere el elemento, estando ambas alternativas dentro del alcance de la reivindicación. El uso de términos más amplios tales como comprende, incluye y tiene pueden ser entendidos para proporcionar apoyo a términos más específicos tales como consistente en, consiste esencialmente en y comprendido sustancialmente de. En consecuencia, el alcance de protección no está limitado por la descripción expuesta anteriormente, pero se define por las reivindicaciones que siguen ese alcance incluyendo todos los equivalentes del contenido de las reivindicaciones. Todas y cada una de las reivindicaciones se incorpora como divulgación adicional en la especificación y las reivindicaciones son realización(es) de la presente divulgación. La discusión de una referencia en la divulgación no es una admisión de que es la técnica anterior, especialmente cualquier referencia que tiene una fecha de publicación posterior a la fecha de prioridad de esta solicitud. La divulgación de todas las patentes, solicitudes de patente y publicaciones citadas en la divulgación se incorporan por la presente por referencia, en la medida que proporcionan de ejemplo, de procedimiento, u otros detalles suplementarios a la divulgación.

Mientras diversas realizaciones han sido proporcionadas en la presente divulgación, se puede entender que los sistemas y métodos dados a conocer, pueden materializarse de muchas otras formas específicas sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Los ejemplos en cuestión han de considerarse como ilustrativos y no restrictivos, y la intención no es estar limitado a los detalles dados en el presente documento. Por ejemplo, los diversos elementos o componentes pueden ser combinados o integrados en otro sistema o ciertas características pueden ser omitidas o no implementadas.

Adicionalmente, técnicas, sistemas, subsistemas y métodos descritos e ilustrados en las diversas realizaciones como discretos o separados, pueden ser combinados o integrados con otros sistemas, módulos, técnicas o métodos sin apartarse del alcance de la presente divulgación. Otros elementos mostrados o discutidos como acoplados o acoplados directamente o que se comunican entre sí, pueden estar acoplados indirectamente o se comunican a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio, ya sea eléctricamente, mecánicamente o de otra manera. Otros ejemplos de cambios, sustituciones y alteraciones son determinables por un experto en la técnica y pueden ser hechos sin apartarse del alcance dado a conocer en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un método caracterizado por comprender:

transmitir (1410) un valor de retardo a cada uno de una pluralidad de transceptores (120, 712, 714, 1530) de línea de abonado digital, DSL, por una unidad de punto de distribución, DPU; y

5 recibir (1420), por la DPU, una pluralidad de señales sustancialmente al mismo tiempo, en donde cada una de la pluralidad de señales es de un transceptor DSL diferente en la pluralidad de transceptores DSL (120, 712, 714, 1530) y es transmitida en diferentes momentos en base al valor de retardo y a un retardo de propagación correspondiente.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

10 transmitir al menos un símbolo a cada uno de la pluralidad de transceptores DSL (120, 712, 714, 1530), en donde se estima el retardo de propagación correspondiente en base a la atenuación correspondiente de el al menos un símbolo.

3. El método de la reivindicación 2, en donde cada uno de los diferentes momentos se calcula como la diferencia entre el valor de retardo correspondiente y dos veces el retardo de propagación correspondiente.

15 4. El método de la reivindicación 3, en donde el valor de retardo correspondiente es un tiempo de espacio deseado entre el final de una señal transmitida desde la DPU y el inicio de una señal recibida en la DPU, en donde una trama de duplexación por división de tiempo, TDD, comprende la señal transmitida, la señal recibida, el tiempo de espacio deseado y un segundo tiempo de espacio, en donde la señal transmitida comprende una primera pluralidad de periodos de símbolo de modulación por multitono discreto, DMT, en donde la señal recibida comprende una segunda pluralidad de periodos de símbolos DMT, y en donde el tiempo de espacio deseado más el segundo tiempo de espacio es igual a un periodo de símbolo DMT.

5. El método de la reivindicación 2, que comprende además:

25 transmitir un límite superior de tiempo de conmutación a cada uno de la pluralidad de transceptores DSL (120, 712, 714, 1530), en donde el valor de retardo correspondiente es un límite superior en el retardo de propagación correspondiente, y en donde cada uno de los diferentes momentos se calcula en base al límite superior correspondiente en el tiempo de conmutación, el valor de retardo correspondiente y el retardo de propagación correspondiente.

6. Un sistema que comprende una unidad de punto de distribución, DPU, y una pluralidad de transceptores (120, 712, 714, 1530) de línea de abonado digital, DSL, caracterizado por

30 la DPU que comprende:
medios (1410) para transmitir un valor de retardo a cada uno de una pluralidad de transceptores (120, 712, 714, 1530) de línea de abonado digital, DSL,

cada uno de la pluralidad de transceptores DSL comprende:

35 medios para transmitir una señal en diferentes momentos en base al valor de retardo y a un retardo de propagación correspondiente, y

la DPU comprende además:

medios (1420) para recibir la pluralidad de señales sustancialmente al mismo tiempo.

40 7. El sistema de la reivindicación 6, donde la DPU comprende además medios para transmitir al menos un símbolo a cada uno de la pluralidad de transceptores DSL (120, 712, 714, 1530), en donde el retardo de propagación correspondiente se estima en base a la atenuación correspondiente del al menos un símbolo.

8. El sistema de la reivindicación 7, donde cada uno de la pluralidad de transceptores DSL que comprende medios (712) para el cálculo de uno de los diferentes momentos como la diferencia entre el valor de retardo correspondiente y dos veces el retardo de propagación correspondiente.

45 9. El sistema de la reivindicación 8, en donde el valor de retardo correspondiente es un tiempo de espacio deseado entre el final de una señal transmitida desde la DPU y el inicio de una señal recibida en la DPU, en donde una trama de duplexación por división de tiempo, TDD, comprende la señal transmitida, la señal recibida, el tiempo de espacio deseado y un segundo tiempo de espacio, en donde la señal transmitida comprende una primera pluralidad de periodos de símbolo de modulación por multitono discreto, DMT, en donde la señal recibida comprende una segunda pluralidad de periodos de símbolos DMT, y en donde el tiempo de espacio deseado más el segundo tiempo de espacio es igual a un periodo de símbolo DMT.

50

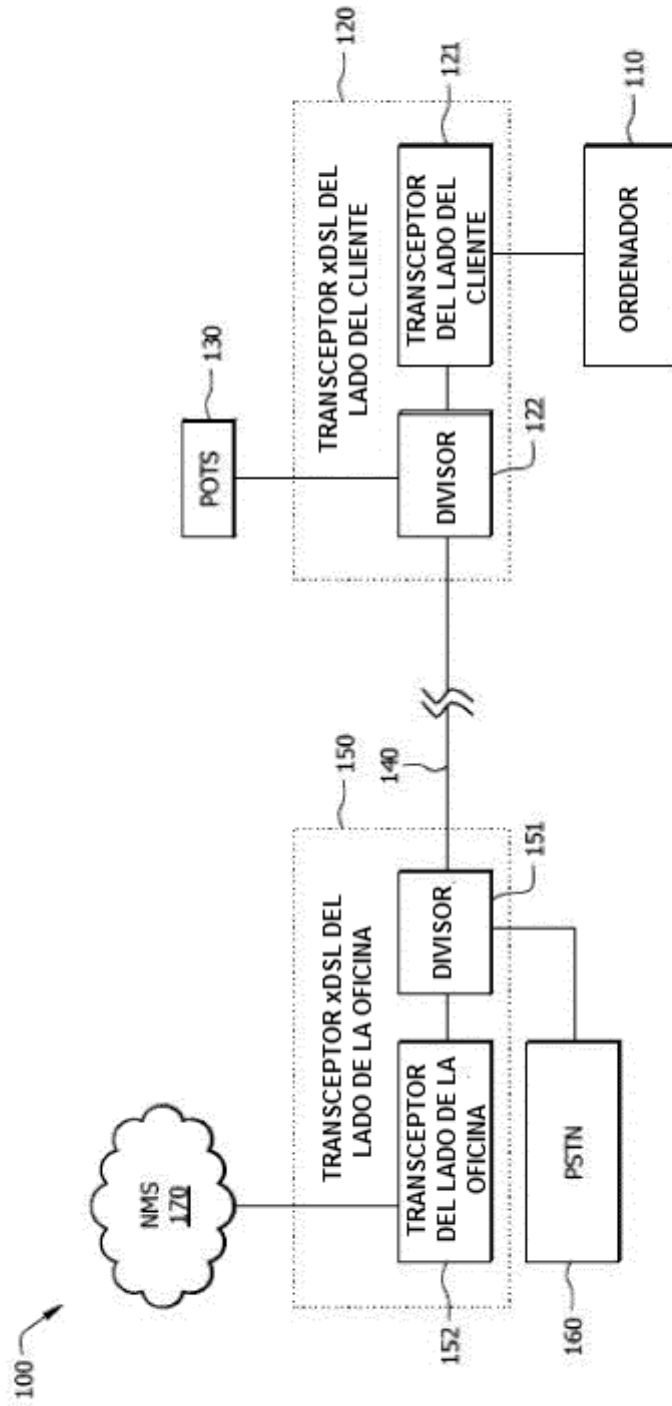


FIG. 1

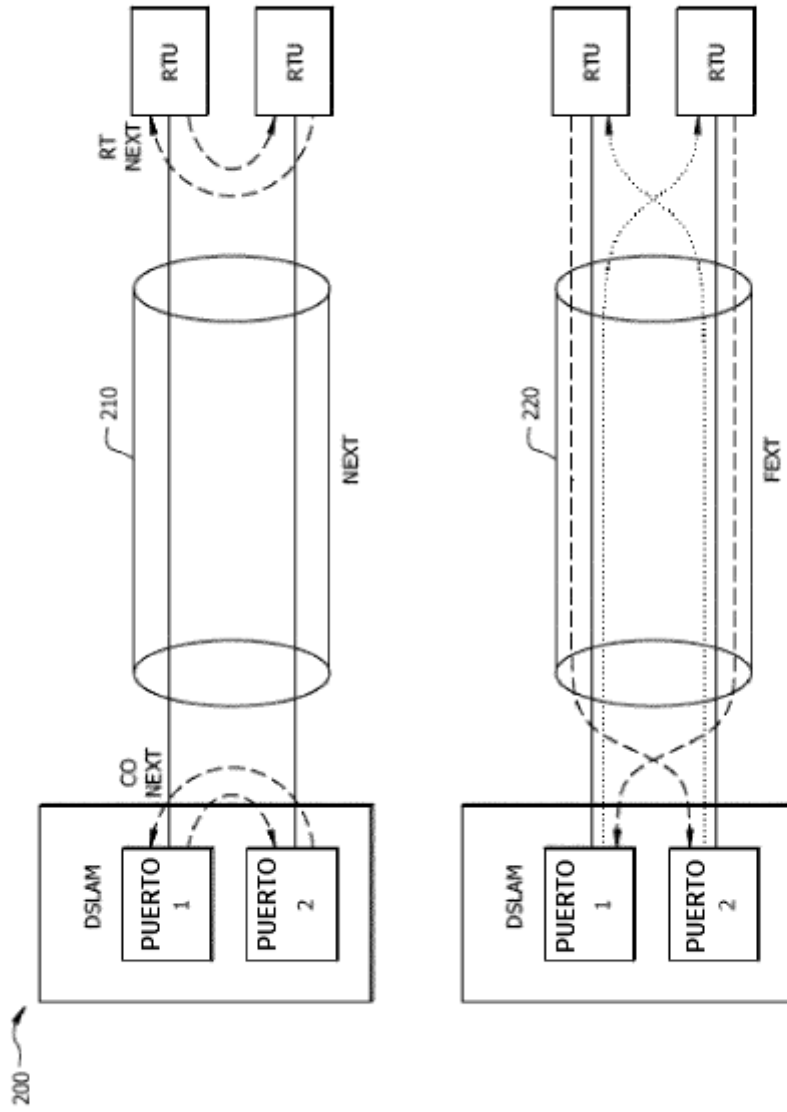


FIG. 2

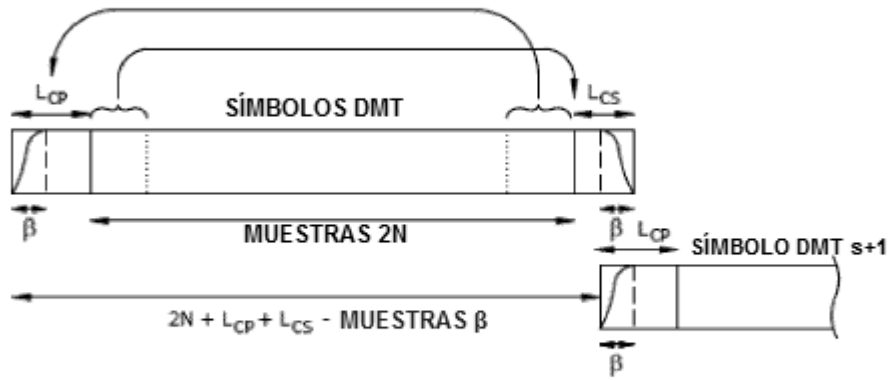


FIG. 3

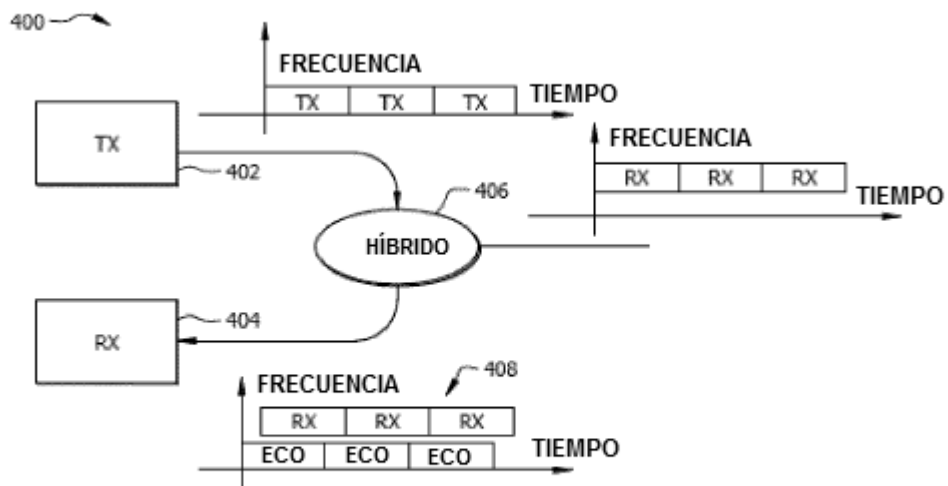


FIG. 4

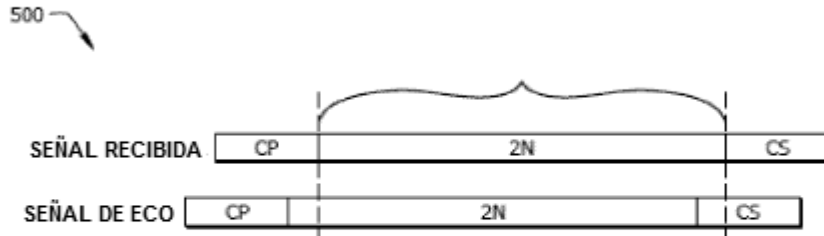


FIG. 5

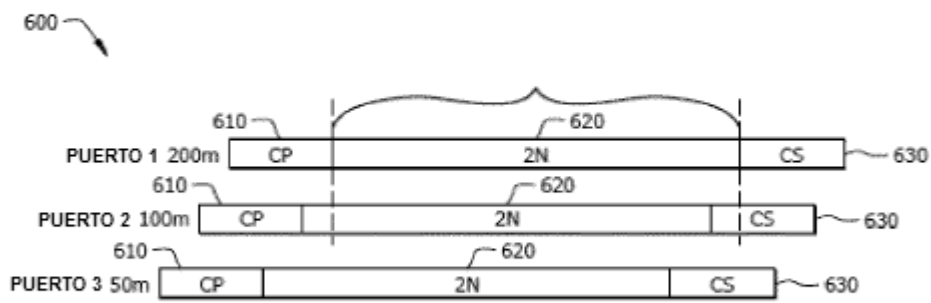


FIG. 6

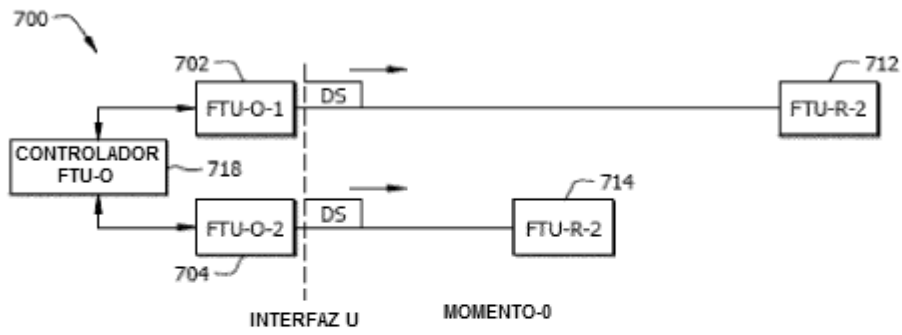


FIG. 7A

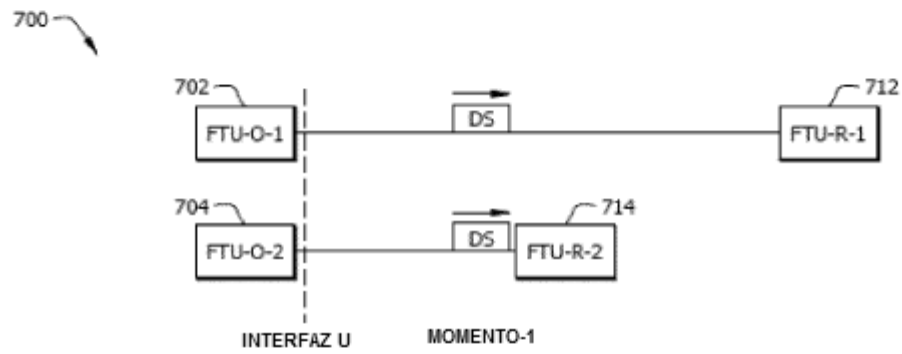


FIG. 7B

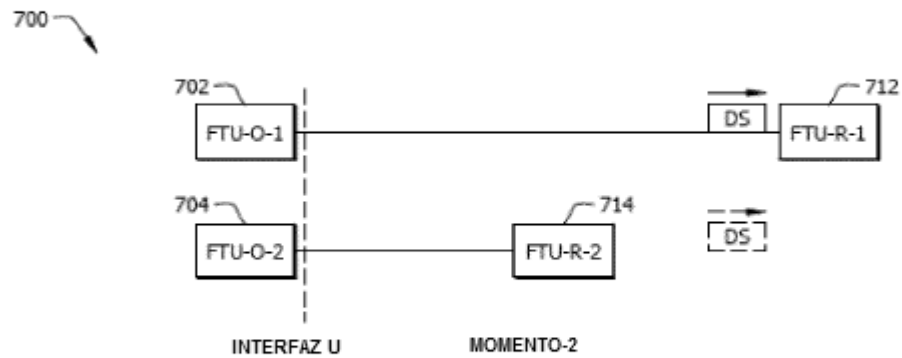


FIG. 7C

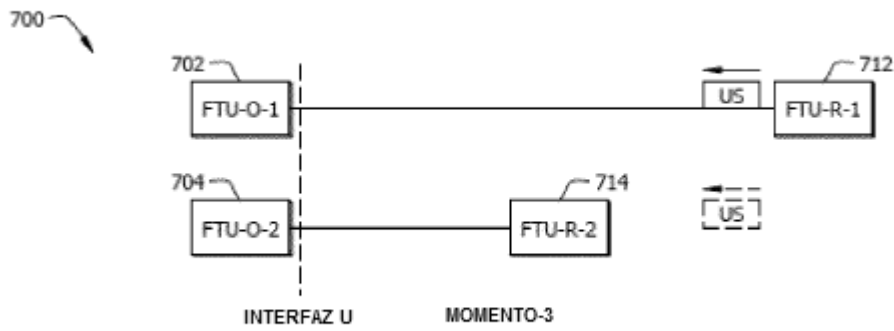


FIG. 8A

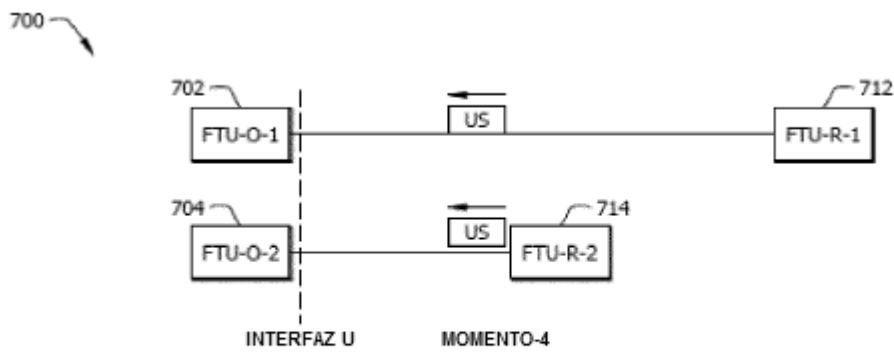


FIG. 8B

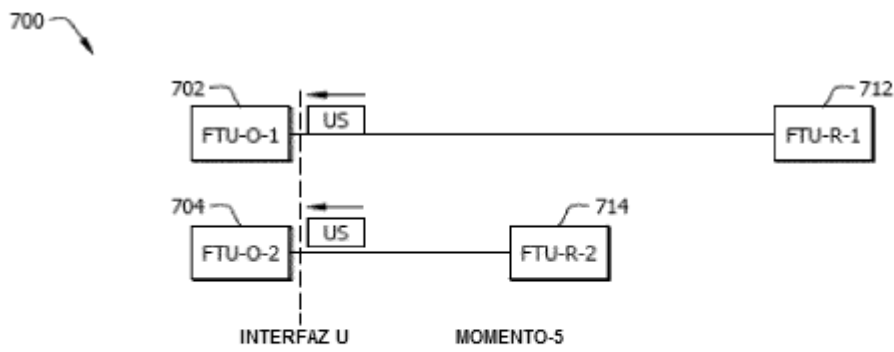


FIG. 8C

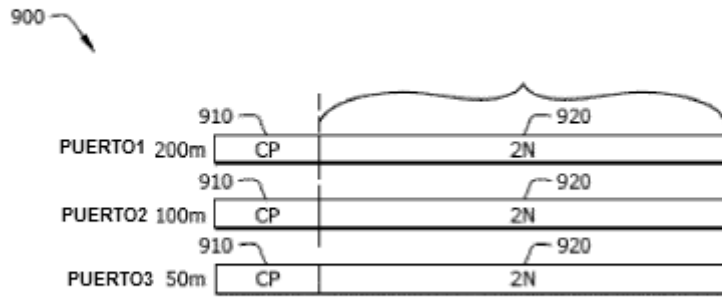


FIG. 9

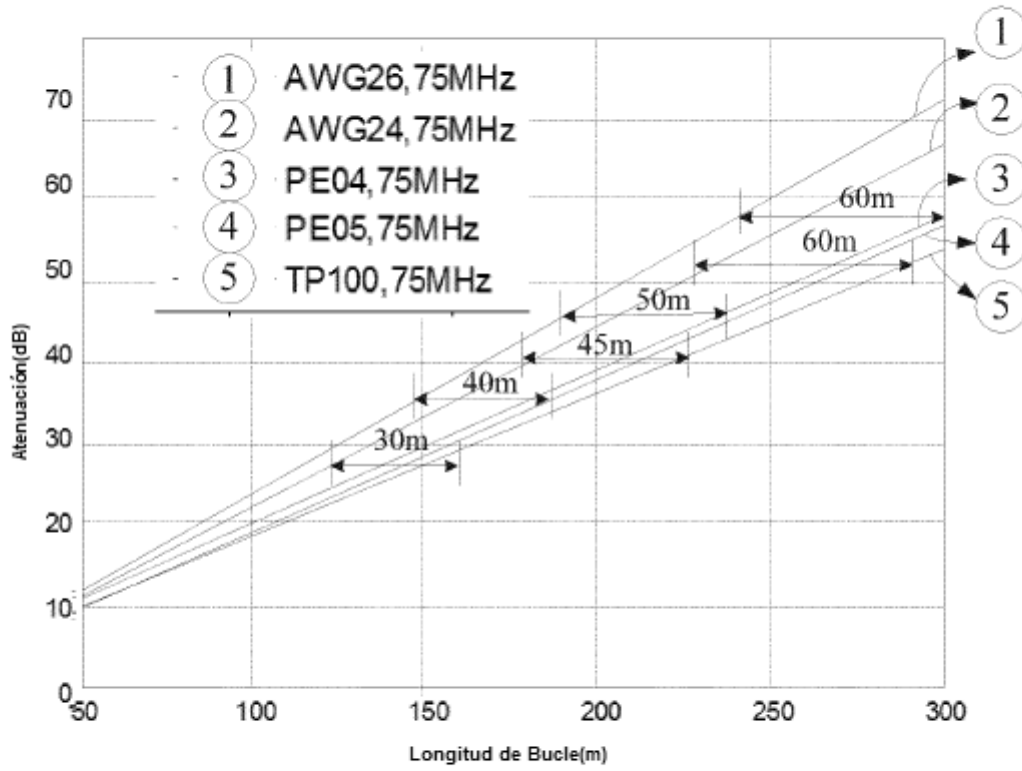
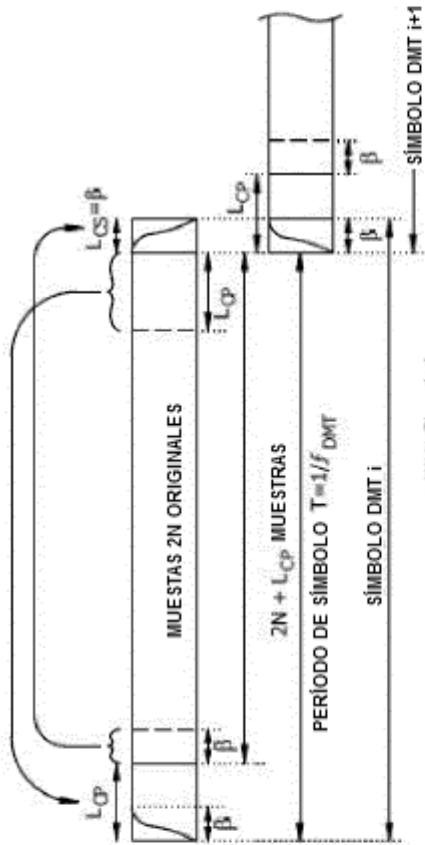
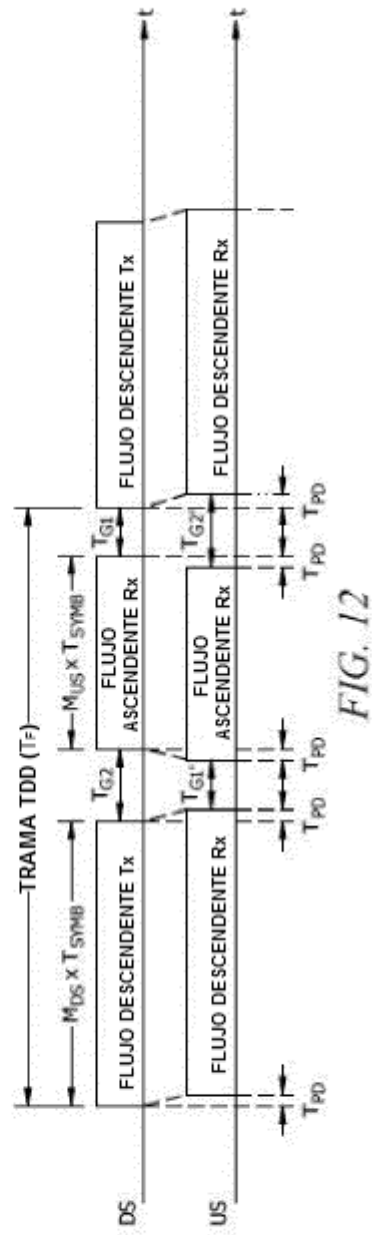


FIG. 10



1200



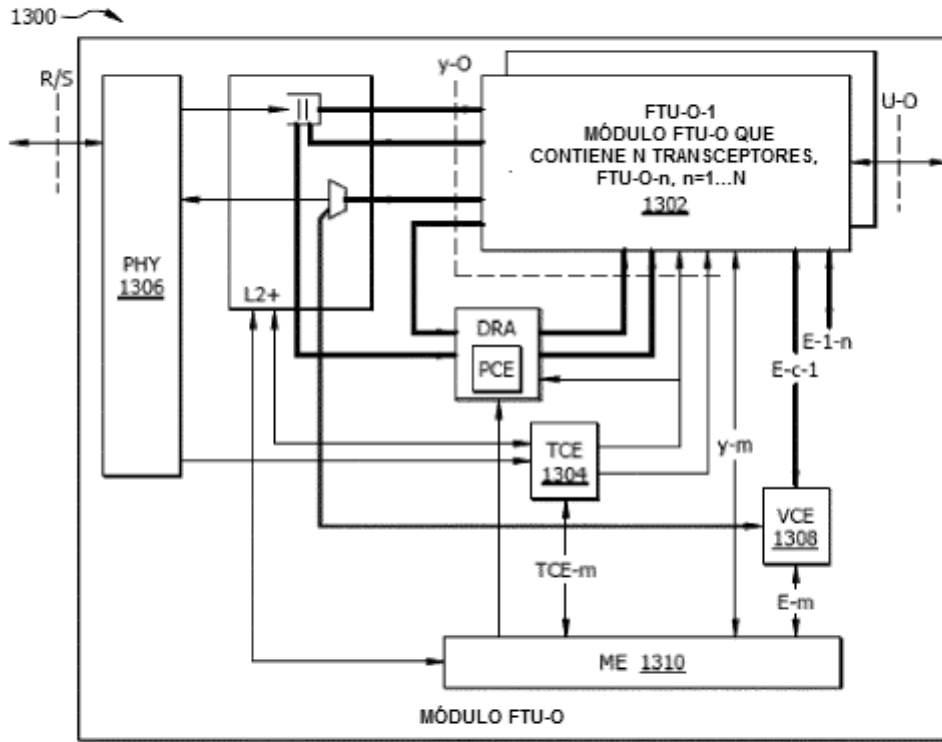


FIG. 13

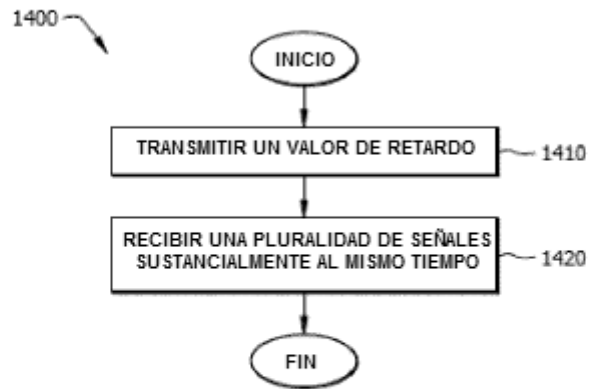


FIG. 14

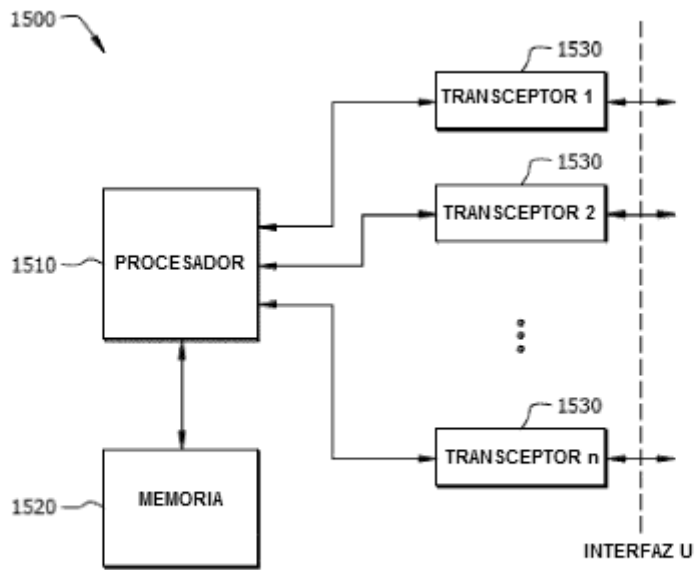


FIG. 15