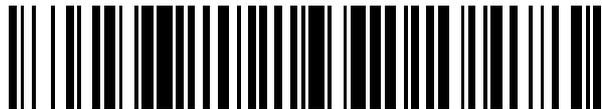


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 602 959**

51 Int. Cl.:

**H04L 5/00** (2006.01)  
**H04L 25/02** (2006.01)  
**H04B 3/32** (2006.01)  
**H04M 3/00** (2006.01)  
**H04M 3/30** (2006.01)  
**H04M 3/22** (2006.01)  
**H04M 3/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.02.2010 E 14200354 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016 EP 2858294**

54 Título: **Reducción de la sobrecarga de retroalimentación durante la inicialización de un precodificador de diafonía en sistemas DSL**

30 Prioridad:

**30.01.2009 US 148827 P**  
**30.01.2009 US 148887 P**  
**20.01.2010 US 690757**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.02.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LONG, GUOZHU y**  
**CENDRILLON, JEAN RAPHAEL**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 602 959 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

Reducción de la sobrecarga de retroalimentación durante la inicialización de un precodificador de diafonía en sistemas DSL

5 La presente invención se refiere a tecnologías de línea de abonado digital (DSL, Digital Subscriber Line), y más particularmente, a un procedimiento y un aparato para reducir la sobrecarga de retroalimentación durante la inicialización de un precodificador de diafonía de un sistema DSL.

## ANTECEDENTES

10 Las tecnologías de línea de abonado digital (DSL) pueden proporcionar un gran ancho de banda para comunicaciones digitales sobre líneas de abonado existentes. Cuando se transmiten datos sobre las líneas de abonado, se puede producir interferencia por diafonía entre las señales transmitidas sobre líneas telefónicas de par trenzado adyacentes, por ejemplo en un mismo grupo de líneas o en un grupo adyacente. La diafonía limita el rendimiento de algunas tecnologías DSL, tal como DSL de velocidad binaria muy alta 2 (VDSL2). La diafonía en las líneas de abonado se puede eliminar o reducir utilizando un precodificador de diafonía, tal como en un módem. El precodificador puede ser utilizado para la modificación y transmisión descendente de señales desde una central telefónica hasta una serie de equipos de instalaciones de cliente (CPEs, customer premise equipments). Las señales pueden ser distorsionadas previamente de una manera determinada, de tal modo que la distorsión previa de las señales y la diafonía en las líneas se cancelen. Por consiguiente, en el otro extremo se pueden recibir señales no distorsionadas que carecen sustancialmente de diafonía.

20 El precodificador es afinado o inicializado utilizando señales de retroalimentación procedentes de los CPEs, que pueden indicar los errores en las señales recibidas en los CPEs. Se realiza la transmisión descendente de una secuencia de símbolos piloto a una unidad remota de transceptor VDSL (VTU-R) en el CPE, que devuelve correspondientes señales de retroalimentación de error a una unidad central de transceptor VDSL (VTU-O) en la central telefónica. Las señales de retroalimentación de error se utilizan para afinar el precodificador con el fin de ajustar las señales distorsionadas previamente hasta conseguir convergencia. Las señales de retroalimentación de error se proporcionan desde los CPEs a la central telefónica por medio de un canal de retorno y habitualmente requieren una velocidad de datos sustancial, por ejemplo para una serie de líneas de abonado. Si la velocidad de datos no puede ser satisfecha por los estándares de red, la retroalimentación se proporciona al precodificador a una velocidad menor, tal como utilizando un subconjunto de los tonos en los símbolos piloto en las líneas de abonado. Utilizar un subconjunto de los tonos para transmitir una señal de retroalimentación puede aumentar el tiempo de inicialización del precodificador, conducir a una convergencia más lenta en la salida del precodificador y reducir el rendimiento.

35 En algunos sistemas, para reducir el tiempo de inicialización del precodificador, se puede proporcionar un muestreo de las señales de retroalimentación de error, por ejemplo utilizando menos frecuencias en el rango de frecuencias de error. Por ejemplo, la señal de retroalimentación de error desde un CPE puede corresponder a cada  $n$ -ésima señal de subportadora para una serie de  $N$  subportadoras, donde  $N$  es la cantidad de subportadoras. La parte restante de la señal, por ejemplo correspondiente a las subportadoras o frecuencias restantes, se puede interpolar a partir de la señal de retroalimentación muestreada recibida. Sin embargo, utilizar una muestra de la señal de retroalimentación de error para obtener una señal de retroalimentación de error completa puede reducir la precisión y el rendimiento. En otros sistemas, la retroalimentación de error se puede representar utilizando menos bits de cuantificación, lo que puede conducir a una convergencia de errores más lenta y a reducir el rendimiento.

El documento WO2008024967 A2 da a conocer un sistema y un procedimiento para precodificadores MIMO no diagonales para generar señales precodificadas con el fin de aumentar el rendimiento del sistema para una serie de usuarios en un sistema xDSL.

## RESUMEN

45 En una realización, la invención incluye un aparato que comprende un receptor acoplado a una DSL entre una central telefónica y un CPE, y configurado para enviar un mensaje de error de retroalimentación para afinar un precodificador de diafonía acoplado a la central telefónica, donde el mensaje de error de retroalimentación comprende

50 un primer campo para contener una serie de componentes de error, donde los componentes de error corresponden a una serie de tonos en un símbolo piloto recibido, y un segundo campo para contener información que indica una cantidad de bits por cada componente de error.

En otra realización, la invención incluye un procedimiento de comprende

55 recibir, por un primer transceptor, un mensaje de error de retroalimentación desde un segundo transceptor, donde el segundo transceptor está acoplado a una línea de abonado digital, DSL, entre una central telefónica y un equipo de instalaciones de cliente, CPE, donde el mensaje de error de retroalimentación comprende un primer campo para contener una serie de componentes de error, donde los componentes de error corresponden a una serie de tonos en

un símbolo piloto recibido, y un segundo campo para contener información que indica una cantidad de bits por cada componente de error.

Estas y otras características se comprenderán mejor a partir de la siguiente descripción detallada, tomada junto con los dibujos adjuntos y las reivindicaciones.

## 5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para una comprensión más completa de esta invención, se hace referencia a continuación a la siguiente breve descripción, tomada junto con los dibujos adjuntos y la descripción detallada, en la que los numerales de referencia similares representan partes similares.

La figura 1 es un diagrama esquemático de una realización de un sistema DSL.

10 La figura 2 es un diagrama de una retroalimentación de error máximo durante un tiempo de afinación del precodificador.

La figura 3 es un diagrama de otra realización de la retroalimentación de error máximo durante un tiempo de afinación del precodificador.

15 La figura 4 es un diagrama de una realización de una convergencia en la cantidad de bits de la retroalimentación de error.

La figura 5 es un diagrama de una realización de una mejora de la relación señal/ruido (SNR).

La figura 6 es un diagrama de una realización de una mejora de la velocidad de datos.

La figura 7 es un diagrama de otra realización de una mejora de la velocidad de datos.

La figura 8 es un diagrama esquemático de una realización de un mensaje de retroalimentación de error.

20 La figura 9 es un diagrama esquemático de otra realización de un mensaje de retroalimentación de error.

La figura 10 es un diagrama esquemático de otra realización de un mensaje de retroalimentación de error.

La figura 11 es un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento de señalización de retroalimentación de error.

La figura 12 es un diagrama esquemático de una realización de un sistema informático de propósito general.

## 25 DESCRIPCIÓN DETALLADA

Para empezar, se debe entender que aunque se da a conocer a continuación una implementación ilustrativa de una o varias realizaciones, los sistemas y/o procedimientos dados a conocer se pueden implementar utilizando cualquier número de técnicas, conocidas actualmente o ya existentes. La presente invención se define y limita solamente mediante el alcance de las reivindicaciones adjuntas 1 a 8.

30 En la presente memoria se da a conocer un sistema y un procedimiento para reducir un tiempo de inicialización de un precodificador de diafonía y mejorar el rendimiento en una red DSL. Se puede proporcionar al precodificador una señal de retroalimentación de error para cada línea, que se puede representar utilizando una determinada cantidad de bits. En una primera realización, la cantidad de bits se puede determinar en base a una precisión deseada de la señal de retroalimentación de error y del rango de errores para la línea. En otra realización, la cantidad de bits puede ser fija y la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error se puede variar en base al rango de errores para la línea. Alternativamente, se puede variar tanto la cantidad de bits como la precisión de cuantificación en función del rango de errores. Durante el tiempo de inicialización o de afinación del precodificador de diafonía, el rango de error de la señal de retroalimentación puede disminuir y la salida del precodificador de diafonía puede disminuir. Cuando la salida del precodificador disminuye, la señal de retroalimentación de error se puede representar utilizando menos bits sin reducir sustancialmente la precisión, o se puede representar utilizando una precisión de cuantificación mayor sin aumentar sustancialmente el número de bits. Alternativamente, la señal de retroalimentación de error se puede representar utilizando tanto menos bits como una precisión de cuantificación mayor. De este modo, el precodificador de diafonía se puede afinar utilizando menores velocidades de datos sin sacrificar la velocidad de convergencia del precodificador ni reducir el rendimiento del sistema.

45 La figura 1 muestra una realización de un sistema DSL 100. El sistema DSL 100 puede ser un sistema VDSL o VDSL2, un sistema ADSL o ADSL2 o cualquier otro sistema DSL. El sistema DSL 100 puede comprender una central telefónica 102 y una serie de equipos de instalaciones de cliente (CPEs) 104, que pueden estar acoplados a la central telefónica 102 por medio de una serie de líneas de abonado 106. Por lo menos algunas de las líneas de abonado 106 pueden estar agrupadas en un haz de líneas 107. El sistema DSL 100 puede comprender asimismo un precodificador de diafonía 108, que puede estar acoplado a las líneas de abonado 106 y situado entre la central telefónica 102 y los CPEs 104. Adicionalmente, el sistema DSL 100 puede comprender opcionalmente un sistema de

gestión de red (NMS, network management system) 110 y una red telefónica pública conmutada (PSTN, public switched telephone network) 112, estando ambos acoplados a la central telefónica 102. En otras realizaciones, el sistema DSL 100 se puede modificar para incluir divisores, filtros, entidades de gestión y otro hardware, software y otras funcionalidades.

5 El NMS 110 puede ser una infraestructura de gestión de red que procesa datos intercambiados con la central telefónica 102 y puede estar acoplado a una o varias redes de banda ancha, tal como internet. La PSTN 112 puede ser una red que genere, procese y reciba señales de voz u otras en la banda de voz. En una realización, la central telefónica 102 puede ser un servidor situado en una central y puede comprender conmutadores y/o divisores, que pueden acoplar el NMS 110, la PSTN 112 y las líneas de abonado 106. Por ejemplo, el divisor puede ser un  
10 acoplador 2:1 que envía señales de datos recibidas de las líneas de abonado 106 al NMS 110 y a la PSTN 112, y envía señales de datos recibidas desde el NMS 110 y la PSTN 112 a las líneas de abonado 106. Además, el divisor puede comprender opcionalmente uno o varios filtros para ayudar a dirigir señales de datos entre el NMS 110, la PSTN 112 y las líneas de abonado 106. Adicionalmente, la central telefónica 102 puede comprender por lo menos un transmisor/receptor (transceptor) DSL, por ejemplo una VTU-O, que puede intercambiar señales entre el NMS  
15 110, la PSTN 112 y las líneas de abonado 106. Las señales pueden ser recibidas y transmitidas utilizando el transceptor DSL, tal como un módem.

En una realización, el transceptor DSL puede comprender un generador de palabras de código de corrección de errores hacia delante (FEC, forward error correction) que genera datos FEC. El transceptor DSL puede comprender asimismo un entrelazador, que entrelaza los datos transmitidos a través de una serie de tonos en un símbolo piloto  
20 (o símbolo de sincronización). Por ejemplo, el transceptor DSL puede utilizar un código de línea de multitonos discretos (DMT, discrete multi-tone) que asigna una serie de bits por cada subportadora o tono en cada símbolo. La DMT se puede ajustar a diversas condiciones de canal que se pueden producir en cada extremo de una línea de abonado. En una realización, el transceptor DSL de la central telefónica 102 se puede configurar para transmitir datos a velocidades similares o diferentes para cada línea de abonado 106.

25 En una realización, los CPEs 104 pueden estar situados en las instalaciones de cliente, donde por lo menos algunos de los CPEs 104 pueden estar acoplados a un teléfono 114 y/o a un ordenador 116. El teléfono 114 puede consistir en hardware, software, software inalterable o combinaciones de los mismos que generen, procesen y reciban voz u otras señales en la banda de voz. El CPE 104 puede comprender un conmutador y/o un divisor, que pueden acoplar las líneas de abonado 106 y el teléfono 114 y el ordenador 116. El CPEs 104 puede comprender asimismo un transceptor DSL, por ejemplo una VTU-R, para intercambiar datos entre el CPE 104 y la central telefónica 102 por  
30 medio de la línea de abonado 106. Por ejemplo, el divisor puede ser un acoplador 2:1 que envía señales de datos recibidas desde la línea de abonado 106 al teléfono 114 y al transceptor DSL, y envía señales de datos recibidas desde el teléfono 114 y el transceptor DSL a la línea de abonado 106. El divisor puede comprender opcionalmente uno o varios filtros para ayudar a dirigir señales de datos hacia y desde el teléfono 114 y el transceptor DSL.

35 El transceptor DSL, por ejemplo un módem, en el CPE 104 puede transmitir y recibir señales a través de las líneas de abonado 106. Por ejemplo, el transceptor DSL puede procesar las señales recibidas para obtener los datos transmitidos desde la central telefónica 102, y pasar los datos recibidos al teléfono 114, al ordenador 116 o a ambos. Los CPEs 104 se pueden acoplar a la central telefónica 102 directamente por medio de las líneas de abonado 106 y/o por medio de las líneas de abonado 106. Por ejemplo, cualquiera de los CPEs 104 puede estar acoplado a una  
40 línea de abonado 106 procedente de la central telefónica 102. Los CPEs 104 pueden acceder al NMS 110, a la PSTN 112 y/o a cualesquiera otras redes acopladas, por medio de las líneas de abonado 106 desplegadas por la central telefónica 102.

En una realización, las líneas de abonado 106 pueden ser trayectos de telecomunicaciones entre la central telefónica 102 y el CPE 104, y/o entre el precodificador de diafonía 108 y los CPEs 104, y pueden comprender uno o  
45 varios pares trenzados de cable de cobre. Se puede producir interferencia por diafonía entre los tonos o señales transportados a través de las líneas de abonado 106 que están desplegadas por la central telefónica 102, por ejemplo el haz de líneas 107. La interferencia por diafonía puede estar relacionada con la potencia, la frecuencia y la distancia del trayecto de las señales transmitidas y puede limitar el rendimiento de las comunicaciones en la red. Por ejemplo, cuando la densidad espectral de potencia (PSD, power spectral density) de las señales transmitidas  
50 aumenta, por ejemplo sobre un rango de frecuencias, la diafonía entre las líneas de abonado adyacentes 106 puede aumentar y, por lo tanto, las velocidades de datos pueden disminuir. La propagación de las señales en el sentido descendente desde la central telefónica 102 a los CPEs 104 se puede representar por:

$$y = Hx + z, \quad (1)$$

55 donde  $y$  es un vector que representa las señales en los CPEs 104,  $H$  es una matriz que representa los canales con diafonía en las líneas,  $x$  es un vector que representa las señales procedentes de la central telefónica 102 y  $z$  es un vector que representa errores aleatorios o ruido.

En una realización, el precodificador de diafonía 108 se puede configurar para reducir o limitar la diafonía en las líneas. El precodificador de diafonía 108 puede transmitir en las líneas de abonado 106 las señales distorsionadas previamente, para cancelar o reducir el error de diafonía en las líneas. El precodificador de diafonía 108 puede

recibir desde la central telefónica 102 (por ejemplo, desde varias VTU-Os) una serie de señales, añadir distorsión a las señales  $y$ , de ese modo, transmitir una serie de correspondientes señales previamente distorsionadas a los CPEs 104 por medio de las líneas de abonado 106. Las señales distorsionadas previamente se pueden configurar en base a una serie de señales de retroalimentación de error procedentes de los CPEs 104. Por ejemplo, una serie de VTU-Rs en los CPEs 104 pueden medir los errores para una serie de símbolos piloto recibidos procedentes de la central telefónica 102, y transmitir de vuelta a la central telefónica 102 una serie de correspondientes señales de retroalimentación de error. Las VTU-Os en la central telefónica 102 pueden recibir las señales de retroalimentación de error, utilizar las señales para identificar los canales con diafonía en las líneas e inicializar una matriz de precodificación para el precodificador de diafonía 108. La matriz de precodificación se puede obtener en base a un algoritmo adaptativo, tal como un algoritmo de mínimos cuadrados promedio (LMS, least mean square) o un algoritmo de mínimos cuadrados recursivo (RLS, recursive least square). El precodificador de diafonía 108 puede utilizar la matriz de precodificación para producir las señales previamente distorsionadas para las líneas. Cancelar la diafonía utilizando la distorsión de señales se puede representar por:

$$y = HPx + z$$

$$= \text{diag}\{H\}x + z, \quad (2)$$

dónde  $P = H^{-1} \text{diag}\{H\}$  es una matriz de precodificación configurada para cancelar o eliminar sustancialmente los canales con diafonía en las líneas.

El proceso de enviar los símbolos piloto (por ejemplo, a las VTU-Rs) y recibir correspondientes señales de retroalimentación de error (en las VTU-Os) se puede repetir durante un periodo de tiempo para mejorar la salida del precodificador de diafonía 108 y mejorar de ese modo la cancelación de diafonía. Dicho periodo de tiempo se puede denominar el tiempo de afinamiento o de inicialización del precodificador de diafonía 108. Por ejemplo, durante el tiempo de inicialización, se puede transmitir una secuencia de símbolos piloto  $y$ , en consecuencia, se puede recibir una secuencia de señales de retroalimentación de error (por ejemplo, para cada línea de abonado 106) hasta que las señales previamente distorsionadas procedentes del precodificador de diafonía 108 convergen a un patrón o valor.

Se puede asignar un canal de retroalimentación, que puede tener un ancho de banda predeterminado, para transportar las señales de retroalimentación de error desde los CPEs 104 a la central telefónica 102 o al precodificador de diafonía 108. Las señales de retroalimentación de error pueden corresponder a una serie de símbolos piloto, cada uno de los cuales puede comprender una serie de tonos. Cada tono puede estar representado por una serie de bits en la señal. La cantidad de bits utilizados puede determinar la precisión de cuantificación del rango de errores, por ejemplo, medida por las VTU-Rs en los CPEs 104. La precisión de cuantificación puede ser tal que todo el rango de errores esté representado por un número fijo de bits de retroalimentación. Adicionalmente, la cantidad de bits puede determinar el rango de errores que se puede medir. Habitualmente, puede ser necesario un ancho de banda o una velocidad de datos sustancialmente grandes para proporcionar una retroalimentación de error precisa, y minimizar o limitar el tiempo de inicialización del precodificador de diafonía 108.

Por ejemplo, la señal de retroalimentación de error puede comprender aproximadamente 48.000 bits por cada símbolo piloto que comprende aproximadamente 3000 tonos, donde el componente real para cada tono puede estar representado por aproximadamente 16 bits. El número total de bits para cada tono puede comprender aproximadamente ocho bits para el componente real del tono y aproximadamente ocho bits para el componente imaginario del tono. Por consiguiente, si esta señal de retroalimentación de error se proporciona cada aproximadamente 64,25 milisegundos (ms), por ejemplo durante el tiempo de afinación, el canal de retroalimentación puede requerir por lo menos aproximadamente 747 kilobits por segundo (kbps). Dicha velocidad de datos puede superar las limitaciones de ancho de banda en algunos sistemas DSL. Por ejemplo, en VDSL2, un canal de retroalimentación o un canal de operaciones especiales (SOC, special operation channel) puede soportar aproximadamente 64 kbps, que pueden no ser suficientes para transportar aproximadamente 48.000 bits para cada símbolo piloto. Habitualmente, en este caso, la señal de retroalimentación de error se puede proporcionar utilizando menos bits para reducir la velocidad de datos en el canal de retroalimentación, lo que puede aumentar asimismo el tiempo de afinación y reducir el rendimiento, por ejemplo en términos de velocidades de datos alcanzables. En una realización, para reducir el tiempo de afinación y mejorar el rendimiento se pueden ajustar la cantidad de bits y/o la precisión de cuantificación en las señales de retroalimentación de error, sustancialmente sin pérdida de precisión o aumento de sobrecarga, tal como se describe en detalle a continuación.

La figura 2 muestra una realización de una retroalimentación de error máximo 200 durante un tiempo de afinación del precodificador, que se puede obtener en una central telefónica o en un precodificador de diafonía. La retroalimentación de error máximo 200 se puede representar por una curva 210. La curva 210 puede comprender una serie de valores de retroalimentación de error máximo  $e_{\max}(i)$  recibidos para una serie de símbolos piloto transmitidos  $i$  durante el tiempo de afinación del precodificador. La señal de retroalimentación de error recibida se puede representar en forma compleja como:

$$E(k,i) = e_x(k,i) + j \cdot e_y(k,i), \quad (3)$$

donde  $E(k,i)$  es la señal de retroalimentación de error para el símbolo piloto  $i$  y para un tono  $k$  del símbolo piloto, y  $e_x(k,i)$  y  $e_y(k,i)$  son los componentes real e imaginario, respectivamente, de la señal de retroalimentación de error. La señal de retroalimentación de error puede ser utilizada por el fin de obtener una matriz de precodificación para afinar el precodificador utilizando el algoritmo LMS. El valor de señal de retroalimentación de error máximo para el símbolo piloto  $i$  se puede obtener a partir de las componentes real e imaginaria de la retroalimentación de error máximo para todos los tonos en el símbolo piloto, tal como:

$$e_{\max}(i) = \max_k \{ \max \{ |e_x(k,i)|, |e_y(k,i)| \} \}, \quad (4)$$

donde  $\max\{\}$  indica una función para seleccionar una muestra máxima a partir de un conjunto. Tal como se muestra en la figura 2, el valor de retroalimentación de error máximo puede disminuir cuando la cantidad de símbolos piloto aumenta, por ejemplo cuando el tiempo de afinación aumenta. Adicionalmente, el valor de retroalimentación de error máximo puede converger en torno a un valor fijo cuando el tiempo de afinación aumenta.

La figura 3 muestra una realización de una retroalimentación de error máximo 300 durante un tiempo de afinación del precodificador, que se puede obtener en una central telefónica o en un precodificador de diafonía. La retroalimentación de error máximo 300 se puede representar por una curva 310. La curva 310 puede indicar un valor de retroalimentación de error máximo recibido  $e_{\max}(i)$  frente al tiempo de afinación del precodificador (en segundos). De manera similar a la figura 2, se encuentra que el valor de retroalimentación de error máximo en la figura 3 disminuye y converge a medida que aumenta el tiempo de afinación. Por ejemplo,  $e_{\max}(i)$  puede ser igual a aproximadamente 0,16 en aproximadamente el primer segundo de tiempo de afinación, y puede disminuir y converger a aproximadamente 0,02 en aproximadamente el décimo segundo del tiempo de afinación.

Habitualmente, cuando se utiliza una cantidad de bits fija para transmitir la señal de retroalimentación de error, los símbolos piloto que tienen un menor rango de errores y un valor menor de retroalimentación de error máximo se pueden representar con mayor precisión. Dado que la retroalimentación de error máximo puede disminuir cuando aumenta el tiempo de afinación (tal como se muestra en la figura 2 y la figura 3), la precisión de cuantificación de la señal de error de retroalimentación puede aumentar a medida que aumenta el tiempo de afinación cuando se utiliza una cantidad de bits fija. Por ejemplo, cuando se utilizan aproximadamente ocho bits para transmitir la señal de retroalimentación de error, la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error que tiene un rango de errores entre aproximadamente -1 y aproximadamente 1 puede ser igual a aproximadamente  $2^{-7}$  o aproximadamente 0,0078. En comparación, utilizando aproximadamente la misma cantidad de bits, la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error que tiene un rango de errores entre aproximadamente -0,25 y aproximadamente 0,25 se puede aumentar sustancialmente hasta aproximadamente  $2^{-9}$  o aproximadamente 0,002.

Si la cantidad de bits de cuantificación se reduce cuando el tiempo de afinación aumenta y el rango de errores disminuye, la precisión de cuantificación de la señal de error de retroalimentación se puede mantener aproximadamente igual. Por ejemplo, la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error que tiene un rango de errores entre aproximadamente -1 y aproximadamente 1 puede ser igual a la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error que tiene un rango de errores entre aproximadamente -0,25 y aproximadamente 0,25 cuando la cantidad de bits de cuantificación se reduce desde aproximadamente ocho bits hasta aproximadamente seis bits. Reducir la cantidad de bits de cuantificación a medida que aumenta el tiempo de afinación y converge la salida del precodificador de diafonía puede reducir la sobrecarga y el ancho de banda del canal de retroalimentación. Adicionalmente, cuando la cantidad de bits utilizados disminuye, el tiempo de afinación puede disminuir y el rendimiento puede mejorar.

En una realización, se puede determinar la cantidad de bits para representar el error de tal modo que se conserve un rango de errores completo. La cantidad de bits que puede ser utilizada para representar la señal de retroalimentación de error,  $N_r(i)$ , se puede determinar en base a una precisión de cuantificación deseada,  $d$ , para los tonos y a la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$ , tal como:

$$N_r(i) = \log_2 \left( \frac{2e_{\max}(i)}{d} \right). \quad (5)$$

Por ejemplo, una VTU-R en el CPE puede representar la señal de retroalimentación de error para cada tono en el símbolo piloto utilizando la cantidad de bits determinada  $N_r(i)$  y enviar esta información, por ejemplo en un mensaje, a una VTU-O en la central telefónica. La VTU-R puede indicar asimismo a la VTU-O la cantidad determinada de bits de cuantificación  $N_r(i)$  en el mensaje.

La figura 4 muestra una realización de una convergencia en cantidad de bits de retroalimentación de error 400 durante un tiempo de afinación de precodificador. Los bits de retroalimentación de error se pueden enviar desde un CPE a una central telefónica o a un precodificador de diafonía. La convergencia en cantidad de bits de retroalimentación de error 400 se puede representar por una curva 410. La curva 410 puede comprender una cantidad de bits de retroalimentación de error,  $N_r(i)$ , para cada uno de los símbolos piloto transmitidos  $i$  durante el tiempo de afinación del precodificador. La cantidad de bits de retroalimentación de error puede representar una serie de señales de retroalimentación de error, por ejemplo recibidas por una VTU-O en la central telefónica. La cantidad

de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  se puede determinar en base a una precisión de cuantificación deseada,  $d$ , para los tonos y a la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$ , tal como se muestra en la ecuación anterior. Por consiguiente, la cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede ser proporcional a la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$ . La retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$  puede ser aproximadamente igual a la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$  en la figura 2.

En la figura 4, la señal de retroalimentación de error se puede transmitir inicialmente utilizando aproximadamente ocho bits por cada componente de error y puede tener un rango de errores entre aproximadamente -1 y aproximadamente 1. La precisión de cuantificación  $d$  de la señal de retroalimentación de error inicial puede ser igual a aproximadamente  $2^{-7}$  o aproximadamente 0,0078. La cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede disminuir a continuación a medida que aumenta la cantidad de símbolos piloto, por ejemplo cuando aumenta el tiempo de afinación. La cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede converger a aproximadamente cuatro por cada componente de error a medida que aumenta el tiempo de afinación. En la figura 2, se ha mostrado que la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$  puede disminuir y converger cuando el símbolo piloto y el tiempo de afinación aumentan. Por consiguiente, dado que la cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede ser proporcional a la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$ , la cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede asimismo disminuir y converger cuando aumenta la cantidad de símbolos piloto y el tiempo de afinación, tal como se muestra en la figura 4. La disminución en la cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede reducir la velocidad de datos de retroalimentación, aumentar el tiempo de afinación del precodificador y mejorar el rendimiento.

Por ejemplo, en convergencia, la cantidad de bits totales de retroalimentación en los símbolos piloto transmitidos puede ser igual a aproximadamente  $4,3 \times 10^6$ . Esto puede suponer una reducción de aproximadamente el 71 por ciento en comparación con el caso de afinar el precodificador utilizando una cantidad de bits fija de aproximadamente ocho bits por cada componente de error, donde la cantidad de bits totales de retroalimentación puede ser de aproximadamente  $14,9 \times 10^6$ . Además, dado que la cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  se calcula sin cambiar sustancialmente la precisión de cuantificación  $d$  de la señal de retroalimentación de error inicial, la disminución en la cantidad de bits de retroalimentación de error  $N_r(i)$  puede no añadir una cantidad sustancial de sobrecarga en términos de precisión para la reducción de la diafonía.

La figura 5 muestra una realización de una mejora 500 de la SNR durante un tiempo de afinación del precodificador. La mejora 500 de la SNR se muestra para una serie de símbolos piloto recibidos por una central telefónica o un precodificador de diafonía, por ejemplo transmitidos desde el CPE. Las mejoras 500 de la SNR se pueden representar por una curva 510. La curva 510 puede comprender un valor de la SNR para cada uno de los símbolos piloto transmitidos  $i$  durante el tiempo de afinación del precodificador. Los símbolos piloto se pueden transmitir ajustando la cantidad de bits de retroalimentación de error,  $N_r(i)$ , tal como se muestra en la curva 410. Tal como se muestra en la figura 5, el valor de la SNR puede aumentar y converger cuando aumenta la cantidad de símbolos piloto y el tiempo de afinación. La curva 510 se puede comparar con otra curva 520, que puede comprender valores de la SNR en un precodificador ideal. El precodificador ideal puede eliminar la diafonía en la línea, sustancialmente sin tiempo de afinación. Tal como se muestra, el valor de la SNR en la curva 510 puede alcanzar aproximadamente el mismo valor de la SNR de la curva 520 en el punto de convergencia, por ejemplo aproximadamente a 400 símbolos piloto transmitidos.

La curva 510 se puede comparar asimismo con otra curva 530, que puede comprender los valores de la SNR para los símbolos piloto transmitidos  $i$  utilizando aproximadamente ocho bits por cada componente de error. La cantidad de bits de retroalimentación en la curva 530 puede ser fija para todos los símbolos piloto transmitidos. Esta cantidad de bits fija puede ser igual a la cantidad de bits inicial por cada componente de error en la curva 510 y a aproximadamente el doble de la cantidad de bits en el punto de convergencia de la curva 510. Se encuentra que las dos curvas 510 y 530 solapan y pueden comprender sustancialmente aproximadamente los mismos valores de SNR. Esto puede indicar que reducir la cantidad de bits de retroalimentación de error, por ejemplo en base a una precisión de cuantificación deseada y a la retroalimentación de error máximo en los símbolos piloto, puede reducir la sobrecarga del sistema sin reducir sustancialmente la precisión.

En otra realización, la cantidad de bits de retroalimentación de error se puede mantener fija durante el tiempo de afinación y se puede aumentar la precisión de cuantificación, por ejemplo por cada componente de error. De este modo, la precisión de cuantificación,  $d$ , se puede ajustar en base a la cantidad de bits de retroalimentación de error,  $N_r(i)$ , y a la retroalimentación de error máximo en el símbolo piloto,  $e_{\max}(i)$ , tal como:

$$d(i) = \frac{2e_{\max}(i)}{2^{N_r}} \quad (6)$$

Ajustar la precisión de cuantificación durante el tiempo de afinación puede conducir a errores de retroalimentación subsiguientemente menores y, por lo tanto, favorecer una convergencia más rápida en la salida del precodificador de diafonía. Por consiguiente, esto puede conducir a reducir el tiempo de afinación y a mejorar el rendimiento. Además, dado que la cantidad de bits de retroalimentación de error se puede mantener constante, puede no ser necesario un aumento en la sobrecarga. Por ejemplo, una VTU-R en el CPE puede representar la señal de retroalimentación de

error para cada tono en el símbolo piloto utilizando la precisión de cuantificación  $d(i)$  y enviar esta información, por ejemplo en un mensaje, a una VTU-O en la central telefónica. La VTU-R puede indicar asimismo a la VTU-O la precisión determinada  $d(i)$  en el mensaje.

5 En una realización, para ajustar la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error, se puede modificar la escala de un vector de error (por cada componente de error) para garantizar que se utiliza sustancialmente todo el rango de errores. En primer lugar, se puede seleccionar un factor de escala  $S_Q(i)$  a partir de un conjunto de factores de escala, por ejemplo (1, 2, ..., 256). El factor de escala se puede seleccionar de manera que  $S_Q(i) \cdot e_{\max}(i) \leq 1$ , para un rango de cuantificación entre aproximadamente -1 y aproximadamente 1, con el fin de evitar recortar la señal de retroalimentación de error. Los componentes de error (por ejemplo, los componentes real e imaginario) se pueden a continuación modificar en escala mediante el factor de escala, tal como:

$$\bar{e}_x(k, i) = S_Q(i) \cdot e_x(k, i), \quad (7a)$$

$$\bar{e}_y(k, i) = S_Q(i) \cdot e_y(k, i), \quad (7b)$$

15 dónde  $e_x$  y  $e_y$  son vectores de error modificados en escala. La precisión de cuantificación se puede aumentar modificando la escala de los vectores de error antes de digitalizar las señales de retroalimentación de error o representarlas en bits.

Por ejemplo, la señal de retroalimentación de error se puede representar en base a un formato de cuantificación propuesto por el documento C-91 del Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) de la International Telecommunication Union (ITU), que se incorpora como referencia a la presente memoria. Por lo tanto, la señal de retroalimentación de error se puede representar en formato complejo como:

$$20 \quad E_x(k, i) = \max \{-2^{N-1}, \min \{ S_Q(i) \cdot e_x(k, i) \cdot 2^{N-1}, 2^{N-1} - 1 \} \}, \quad (8a)$$

$$E_y(k, i) = \max \{-2^{N-1}, \min \{ S_Q(i) \cdot e_y(k, i) \cdot 2^{N-1}, 2^{N-1} - 1 \} \}, \quad (8b)$$

25 donde  $E_x(k, i)$  y  $E_y(k, i)$  son componentes real e imaginario, respectivamente, de la señal de retroalimentación de error. En otras realizaciones, se pueden utilizar otros formatos de cuantificación para ajustar los vectores de error y, por lo tanto, la precisión de cuantificación de la señal de retroalimentación de error. Por consiguiente, el factor de escala se puede ajustar dinámicamente para adaptarse sustancialmente al rango de errores y aumentar la precisión de cuantificación cuando el tiempo de afinación aumenta y la cantidad de bits de cuantificación permanece fija. Por ejemplo, utilizando aproximadamente ocho bits de cuantificación, el valor de retroalimentación de error máximo puede llegar a aproximadamente  $2^7$  durante un tiempo de afinación del precodificador, y el factor de escala se puede ajustar en consecuencia a aproximadamente  $2^7$ , lo que puede tener como resultado una precisión de cuantificación de aproximadamente  $2^{-14}$ . En comparación, pueden ser necesarios aproximadamente 15 bits de cuantificación para conseguir la misma precisión de cuantificación utilizando cuantificación convencional, por ejemplo sin modificación de escala de los vectores de error.

35 En una realización, la VTU-R en el CPE puede indicar el factor de escala  $S_Q(i)$  utilizado a la VTU-O en la central telefónica. La VTU-R puede enviar a la VTU-O un mensaje de retroalimentación de error (por ejemplo, R-ERROR\_FEEDBACK) que comprende el factor de escala  $S_Q(i)$ . Se puede utilizar el mismo factor de escala para todos los tonos en un símbolo piloto, y de ese modo puede ser necesario un único campo en el mensaje de retroalimentación de error para indicar el factor de escala  $S_Q(i)$ . Por ejemplo, el mensaje de retroalimentación de error R-ERROR\_FEEDBACK en la tabla 10-4 del estándar G.vector de ITU-T, que se incorpora como referencia a la presente memoria, se puede modificar para incluir un campo "factor de escala de cuantificación" (por ejemplo, Campo #3), tal como se muestra a continuación.

	Nombre del campo	Formato
1	Descriptor del mensaje	Código de mensaje
2	ID banda de frecuencia	1 octeto
3	Factor de escala de cuantificación	1 octeto
4	Vector de error	$N_{\text{octetos}}$ octetos

Tabla 1: versión modificada de la tabla 10-4 del estándar G.vector de ITU-T.

45 Cuando se utiliza un algoritmo LMS para obtener la matriz de precodificación y afinar el precodificador de diafonía, el error en los símbolos piloto y por consiguiente las señales de retroalimentación de error se pueden reducir de manera asintótica, por ejemplo pueden converger a un nivel o valor. El nivel de convergencia puede depender del nivel del ruido de cuantificación en la señal de retroalimentación de error. La modificación de escala del vector de error puede reducir el ruido de cuantificación y aumentar el tamaño de paso de LMS, lo que puede reducir el error

asintótico (o el nivel de convergencia) y aumentar la precisión de cuantificación. Adicionalmente, reducir el tamaño de paso de LMS puede aumentar la velocidad de convergencia y reducir el tiempo de afinación del precodificador.

La figura 6 muestra una realización de una mejora 600 de la velocidad de datos durante un tiempo de afinación del precodificador. La mejora 600 de la velocidad de datos se muestra para símbolos piloto simulados en una línea seleccionada. La línea seleccionada puede estar enlazada con algunas otras líneas, que incluyen aproximadamente 14 líneas heredadas y aproximadamente 17 líneas vectoriales activas. Específicamente, se simuló una segunda fase (por ejemplo, R-P-VECTOR2) de inicialización del precodificador de diafonía, en la que el precodificador puede aprender a cancelar en la línea seleccionada la diafonía procedente de las líneas activas. De acuerdo con el documento C-140 de ITU-T (que se incorpora como referencia a la presente memoria), la segunda fase puede ser la fase más larga de la inicialización del precodificador de diafonía y, por lo tanto, puede determinar sustancialmente el tiempo total de inicialización para el precodificador.

La mejora 600 de la velocidad de datos se puede representar mediante una curva 610. La curva 610 puede comprender un valor de la velocidad de datos para cada uno de los símbolos piloto transmitidos durante el tiempo de afinación del precodificador. Los símbolos piloto se pueden transmitir ajustando el vector de error y, por lo tanto, la precisión de las señales de retroalimentación de error. El vector de error se ajustó seleccionando un valor del factor de escala a partir de los valores 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256. El factor de escala se limitó a dicho conjunto de valores para simplificar la multiplicación del vector de error por el factor de escala, por ejemplo utilizando una operación de desplazamiento a la izquierda. En la tabla 2 se muestran algunos de los parámetros de simulación que se utilizaron. La cantidad de bits utilizada para representar los símbolos piloto durante el tiempo de afinación se fijó en aproximadamente ocho bits. Tal como se muestra en la figura 6, el valor de la velocidad de datos puede aumentar y converger a medida que aumenta el tiempo de afinación. La curva 610 se puede comparar con otra curva 620, que puede comprender los valores de la velocidad de datos en un precodificador ideal, por ejemplo que puede cancelar la diafonía en la línea sin un tiempo de afinación sustancial. El valor de la velocidad de datos en la curva 610 puede llegar a aproximadamente 140 megabits por segundo (Mbps) después de aproximadamente ocho segundos, lo que puede estar sustancialmente cerca del valor de la velocidad de datos de la curva 620.

Parámetro	Valor
Tipo de bucle	disposición de rejilla de guías de onda (AWG) 26
Número de líneas	Total = 32; 14 heredadas + 18 vectoriales (17 ocupadas, 1 en conexión)
Longitud de la secuencia ortogonal	32 (duración = 2 segundos)
Longitud del bucle	300 metros
Velocidad de símbolos	4000 símbolos/segundo
Potencia de transmisión	-60 decibelios (dBm)/Hertz (Hz)
Ruido	-135 dBm/Hz
Plan de banda de frecuencia	17a
Modelo de telediafonía (FEXT)	Alcatel-Lucent (NIPP-NAI 2008-010R1)
Canal de retorno	Canal SOC extendido con 4 ó 8 bits por muestra de error compleja
Ganancia de codificación	2 dB
Margen de la SNR	6 dB
Tasa de errores de bit (BER, bit error rate)	$10^{-7}$
Factores de escala válidos	1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256

Tabla 2

La curva 610 se puede comparar asimismo con las curvas 630 y 640, que pueden comprender los valores de la velocidad de datos para los símbolos piloto transmitidos utilizando cuantificación convencional (por ejemplo, con precisión de cuantificación fija) y el algoritmo LMS. Específicamente, la curva 630 se obtuvo utilizando un tamaño de paso de LMS  $\mu$  igual a aproximadamente 0,01, y la curva 640 se obtuvo utilizando un tamaño de paso de LMS  $\mu$  igual a aproximadamente 0,02. El valor de la velocidad de datos en la curva 630 llega a aproximadamente 140 Mbps después de aproximadamente 20 segundos. La mejora en el tiempo de afinación de la curva 610 en comparación con la curva 630 puede ser igual a aproximadamente el 60 por ciento. Aunque la curva 640 puede alcanzar

convergencia aproximadamente al mismo tiempo que la curva 610, el valor de la velocidad de datos en la curva 640 en convergencia puede ser de aproximadamente 131 Mbps, que es sustancialmente inferior a la curva 610 que tiene un valor de velocidad de datos de aproximadamente 140 Mbps

5 Ajustar el tamaño de paso LMS y utilizar cuantificación convencional (por ejemplo, modificación de escala de error fija) puede mejorar el tiempo de afinación del precodificador a costa de la precisión y de la velocidad de datos alcanzable, tal como se muestra en las curvas 630 y 640. Este compromiso entre el tiempo de afinación y la velocidad de datos alcanzable se puede superar ajustando la precisión de cuantificación durante el tiempo de afinación, tal como se muestra en la curva 610. Ajustar el factor de escala en la señal de retroalimentación de error puede garantizar que los valores de error ocupen sustancialmente todo el rango de errores, lo que puede mejorar la precisión al representar los errores y, por lo tanto, aumentar la velocidad de datos alcanzable. Representar las señales de retroalimentación de error con mayor precisión puede asimismo provocar una convergencia más rápida en la salida del precodificador, por ejemplo utilizando el algoritmo LMS, y por lo tanto reducir el tiempo de afinación.

15 La figura 7 muestra otra realización de una mejora 700 de la velocidad de datos durante un tiempo de afinación del precodificador. La mejora 700 de la velocidad de datos se muestra para símbolos piloto simulados en una línea en conexión, que se pueden configurar de manera sustancialmente similar a los símbolos piloto de la figura 6. Sin embargo, en la figura 7, la cantidad de bits utilizados para representar los símbolos piloto durante el tiempo de afinación está fija en aproximadamente cuatro bits. La mejora 700 de la velocidad de datos se puede representar mediante una curva 710. La curva 710 puede comprender un valor de la velocidad de datos para cada uno de los símbolos piloto transmitidos durante el tiempo de afinación del precodificador. Los símbolos piloto se pueden transmitir ajustando el vector de error y, por lo tanto, la precisión de las señales de retroalimentación de error. El vector de error se ajustó seleccionando un valor del factor de escala a partir de los valores 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 y 256. Adicionalmente, la curva 710 se obtuvo utilizando un tamaño de paso LMS  $\mu$  igual a aproximadamente 0,01. Tal como se muestra en la figura 7, el valor de la velocidad de datos puede aumentar y converger a medida que aumenta el tiempo de afinación. La curva 710 se puede comparar con otra curva 720, que puede comprender los valores de la velocidad de datos en un precodificador ideal. El valor de la velocidad de datos en la curva 710 puede llegar a aproximadamente 143 Mbps después de aproximadamente 24 segundos, lo que puede estar sustancialmente cerca del valor de la velocidad de datos para la curva 720.

30 La curva 710 se puede comparar asimismo con las curvas 730 y 740, que pueden comprender los valores de la velocidad de datos para los símbolos piloto transmitidos utilizando cuantificación convencional y el algoritmo LMS. La curva 730 se obtuvo utilizando un tamaño de paso de LMS  $\mu$  igual a aproximadamente 0,01, y la curva 740 se obtuvo utilizando un tamaño de paso de LMS  $\mu$  igual a aproximadamente 0,003. El valor de la velocidad de datos en la curva 730 puede llegar a aproximadamente 90 Mbps después de aproximadamente diez segundos, lo que muestra un tiempo de afinación más rápido en comparación con la curva 710. Sin embargo, la curva 730 puede conseguir una velocidad de datos en convergencia sustancialmente menor que la curva 710. En comparación con la curva 730, el valor de la velocidad de datos en la curva 740 puede llegar a aproximadamente 118 Mbps después de aproximadamente 50 segundos, lo que muestra una mejora en la velocidad de datos alcanzable a expensas de un tiempo de afinación adicional. Por lo tanto, la curva 710 muestra una mejora tanto en el tiempo de afinación como en la velocidad de datos alcanzable en relación con las curvas 730 y 740, lo que puede indicar que la modificación de escala del vector de error para ajustar la precisión de cuantificación puede mejorar el proceso de afinación del precodificador y el rendimiento sin aumentar sustancialmente la sobrecarga.

45 La figura 8 muestra una realización de un mensaje de retroalimentación de error 800, que se puede enviar desde el CPE a la central telefónica. El mensaje de retroalimentación de error 800 puede comprender una serie de valores de retroalimentación de error 810, que pueden corresponder a una serie de tonos en un símbolo piloto. Cada valor de retroalimentación de error 810 puede comprender un componente de error real 812 y un componente de error imaginario 814. Por ejemplo, el mensaje de retroalimentación de error 800 puede comprender K componentes de error reales 812 (por ejemplo,  $e_x(1,i)$ ,  $e_x(2,i)$ , ...,  $e_x(K,i)$ ) y K componentes de error imaginarios 814 (por ejemplo,  $e_y(1,i)$ ,  $e_y(2,i)$ , ...,  $e_y(K,i)$ ) para K tonos en el símbolo piloto, donde K es un entero. Adicionalmente, el mensaje de retroalimentación de error 800 puede comprender un número de bits 820 por cada componente de error. El número de bits 820 puede indicar la cantidad de bits de cuantificación  $N_r(i)$  que se utilizan para representar el componente de error real 812, y de manera similar el componente imaginario 814 para cada tono.

55 La figura 9 muestra otra realización de un mensaje de retroalimentación de error 900, que se puede enviar desde el CPE a la central telefónica. El mensaje de retroalimentación de error 900 puede comprender una serie de valores de retroalimentación de error 910, que pueden corresponder a una serie de tonos en un símbolo piloto. Cada valor de retroalimentación de error 910 puede comprender un componente de error real 912 y un componente de error imaginario 914. Por ejemplo, el mensaje de retroalimentación de error 900 puede comprender K componentes de error reales 912 (por ejemplo,  $e_x(1,i)$ ,  $e_x(2,i)$ , ...,  $e_x(K,i)$ ) y K componentes de error imaginarios 914 (por ejemplo,  $e_y(1,i)$ ,  $e_y(2,i)$ , ...,  $e_y(K,i)$ ) para K tonos en el símbolo piloto, donde K es un entero. Adicionalmente, el mensaje de retroalimentación de error 900 puede comprender una precisión de cuantificación 920. La precisión de cuantificación 920 puede indicar la precisión de cuantificación  $d$  del componente de error real 912, y de manera similar el componente imaginario 914 para cada tono.

60

La figura 10 muestra otra realización de un mensaje de retroalimentación de error 1000, que se puede enviar desde el CPE a la central telefónica. El mensaje de retroalimentación de error 1000 puede comprender una serie de valores de retroalimentación de error 1010, que pueden corresponder a una serie de tonos en un símbolo piloto. Cada valor de retroalimentación de error 1010 puede comprender un componente de error real 1012 y un componente de error imaginario 1014. Por ejemplo, el mensaje de retroalimentación de error 1000 puede comprender K componentes de error reales 1012 (por ejemplo,  $e_x(1,i)$ ,  $e_x(2,i)$ , ...,  $e_x(K,i)$ ) y K componentes de error imaginarios 1014 (por ejemplo,  $e_y(1,i)$ ,  $e_y(2,i)$ , ...,  $e_y(K,i)$ ) para K tonos en el símbolo piloto, donde K es un entero. Adicionalmente, el mensaje de retroalimentación de error 1000 puede comprender una serie de bits 1020 por cada componente de error y una precisión de cuantificación 1030. El número de bits 1020 y la precisión de cuantificación 1030 pueden indicar la cantidad de bits de cuantificación  $N_r(i)$  y la precisión de cuantificación  $d$ , respectivamente, para el componente de error real 1012 y de manera similar para el componente imaginario 1014 para cada tono.

La figura 11 muestra una realización de un procedimiento 1100 de señalización de retroalimentación de error, que puede ser utilizado durante un tiempo de inicialización o de afinación de un precodificador de diafonía. El procedimiento 1100 de señalización de retroalimentación de error se puede establecer entre un CPE y una central telefónica o un precodificador de diafonía acoplado a la central telefónica. El procedimiento 1100 puede comenzar en el bloque 1110, en el que se puede recibir un símbolo piloto que comprende una serie de tonos. Por ejemplo, el símbolo piloto puede ser transmitido por una VTU-O a la central telefónica y recibido por una VTU-R en el CPE por medio de una línea de abonado. A continuación, en el bloque 1120, se pueden medir los errores en los tonos del símbolo piloto recibido. Por ejemplo, la VTU-R puede medir el error en cada tono, de puede ser el resultado de diafonía en la línea de abonado a partir de líneas de abonado adyacentes u otras. En el bloque 1130, se puede obtener el error máximo en los tonos. Por ejemplo, el error máximo en el símbolo piloto  $e_{\max}(i)$  puede ser el componente de error máximo en los tonos, tal como a partir de una serie de componentes de error reales e imaginarios en base a la ecuación (4).

En el bloque 1140, se puede determinar una cantidad de bits y/o una precisión de cuantificación para una señal de retroalimentación de error que indique los errores medidos en los tonos. Por ejemplo, la cantidad de bits  $N_r(i)$  se puede determinar en base a una precisión predeterminada  $d$  y al error máximo  $e_{\max}(i)$ , por ejemplo utilizando la ecuación (5). De este modo, cuando los errores en los tonos disminuyen se puede reducir la cantidad de bits para la señal de retroalimentación de error con el fin de reducir el tiempo de afinación del precodificador de diafonía. Alternativamente, la precisión de cuantificación  $d$  se puede determinar en base a una cantidad de bits fija  $N_r(i)$  y al error máximo  $e_{\max}(i)$ , por ejemplo utilizando la ecuación (6). Por consiguiente, se puede modificar la escala del vector de error para la señal de retroalimentación de error, por ejemplo utilizando un factor de escala  $S_Q(i)$  y las ecuaciones (7a) y (7b). Así, la precisión de cuantificación para la señal de retroalimentación de error se puede aumentar con el fin de mejorar el rendimiento del sistema aumentando las velocidades de datos alcanzables después de afinar el precodificador de diafonía. En otras realizaciones, se puede ajustar tanto la cantidad de bits como la precisión de cuantificación en base al error máximo  $e_{\max}(i)$  para conseguir un equilibrio (o compromiso) aceptable o deseado entre el tiempo de afinación y la velocidad de datos alcanzable.

A continuación, en el bloque 1150, la señal de retroalimentación de error se puede transmitir utilizando la cantidad de bits determinada y/o en base a la precisión de cuantificación determinada. Por ejemplo, el CPE puede enviar un mensaje de retroalimentación de error a la central telefónica, tal como el mensaje de retroalimentación de error 800, el mensaje de retroalimentación de error 900 o el mensaje de retroalimentación de error 1000. En algunas realizaciones, el mensaje de retroalimentación de error se puede configurar de manera similar al mensaje R-ERROR\_FEEDBACK en la tabla 10-4 del estándar G.vector de ITU-T y comprende un campo "factor de escala de cuantificación" que indica la precisión de cuantificación. En el bloque 1160, el procedimiento 1100 puede determinar si se ha recibido un siguiente símbolo piloto. Si se cumple la condición del bloque 1160, el procedimiento 1100 puede volver al bloque 1120 para medir los errores en el siguiente símbolo piloto y transmitir por consiguiente una señal de retroalimentación de error. De lo contrario, el procedimiento 1100 puede finalizar.

Los componentes descritos anteriormente pueden funcionar junto con cualquier componente de red de propósito general, tal como un ordenador o un componente de red con suficiente potencia de procesamiento, recursos de memoria y una capacidad de caudal de tráfico como para manejar la carga de trabajo necesaria aplicada a los mismos. La figura 12 muestra un típico componente de red de propósito general 1200 adecuado para implementar una o varias realizaciones de los componentes dados a conocer en la presente memoria. El componente de red 1200 puede incluir un procesador 1202 (que se puede denominar unidad de procesador central o CPU) que está en comunicación con cualesquiera dispositivos de memoria que incluyen almacenamiento secundario 1204, memoria de sólo lectura (ROM) 1206, memoria de acceso aleatorio (RAM) 1208 dispositivos de entrada salida (E/S) 1210 y dispositivos de conectividad de red 1212, o combinaciones de los mismos. El procesador 1202 se puede implementar como uno o varios chips de CPU, o puede formar parte de uno o varios circuitos integrados de aplicación específica (ASICs, application specific integrated circuits).

El almacenamiento secundario 1204 se compone habitualmente de una o varias unidades de disco o unidades de cinta y se utiliza como almacenamiento no volátil de datos y como un dispositivo de almacenamiento de datos de desbordamiento si la RAM 1208 no es lo suficientemente grande como para contener todos los datos de trabajo. El almacenamiento secundario 1204 puede ser utilizado para almacenar programas que se cargan en la RAM 1208 cuando se selecciona la ejecución de dichos programas. La ROM 1206 se utiliza para almacenar instrucciones y

quizás datos que se leen durante la ejecución de programas. La ROM 1206 es un dispositivo de memoria no volátil que tiene habitualmente una capacidad de memoria pequeña en relación con la mayor capacidad de memoria del almacenamiento secundario 1204. La RAM 1208 se utiliza para almacenar datos volátiles y quizás para almacenar instrucciones. El acceso tanto a la ROM 1206 como a la RAM 1208 es habitualmente más rápido que al almacenamiento secundario 1204.

Se da a conocer por lo menos una realización, y las variaciones, combinaciones y/o modificaciones de la realización o realizaciones y/o de las características de la realización o realizaciones, realizadas por un experto en la materia, están dentro del alcance de la invención. La presente invención se define y limita exclusivamente mediante el alcance de las reivindicaciones adjuntas 1 a 8. Cuando se indican expresamente límites o intervalos numéricos, se debe entender que dichos intervalos o límites expresos incluyen intervalos o límites iterativos de magnitud similar que caen dentro de los intervalos o límites indicados expresamente (por ejemplo, desde aproximadamente 1 hasta aproximadamente 10 incluye 2, 3, 4, etc.; mayor que 0,10 incluye 0,11, 0,12, 0,13, etc.). Por ejemplo, siempre que se dé a conocer un intervalo numérico con un límite inferior,  $R_i$ , y un límite superior,  $R_u$ , se da a conocer específicamente cualquier número que caiga dentro del intervalo dado a conocer específicamente. En particular, se dan a conocer específicamente los números siguientes dentro del intervalo:  $R = R_i + k * (R_u - R_i)$ , donde  $k$  es una variable que abarca desde el 1 por ciento hasta el 100 por ciento con un incremento del 1 por ciento, es decir,  $k$  es el 1 por ciento, el 2 por ciento, el 3 por ciento, el 4 por ciento, el 5 por ciento, ..., el 50 por ciento, el 51 por ciento, el 52 por ciento, ..., el 95 por ciento, el 96 por ciento, el 97 por ciento, el 98 por ciento, el 99 por ciento o el 100 por ciento. Además, se da a conocer específicamente cualquier intervalo numérico definido por dos números  $R$  definido en lo anterior.

Además, las técnicas, sistemas, subsistemas y procedimientos descritos y mostrados en las diversas realizaciones como discretos o independientes se pueden combinar o integrar con otros sistemas, módulos, técnicas o procedimientos sin apartarse del alcance de la presente invención. Otros elementos mostrados o descritos como estando acoplados, o directamente acoplados o comunicando entre sí, pueden estar acoplados indirectamente o comunicando a través de alguna interfaz, dispositivo o componente intermedio ya sea eléctricamente, mecánicamente o de otro modo. La presente invención se define y limita solamente mediante el alcance de las reivindicaciones adjuntas 1 a 8.

**REIVINDICACIONES**

1. Un aparato, que comprende:

5 un transceptor acoplado a una línea de abonado digital, DSL, (106) entre una central telefónica (102) y un equipo de instalaciones de cliente, CPE, (104) y configurado para enviar un mensaje de error de retroalimentación (800, 900, 1000) para afinar un precodificador de diafonía (108) acoplado a la central telefónica (102),

en el que el mensaje de error de retroalimentación (800, 900, 1000) comprende

un primer campo para contener una serie de componentes de error (810, 910, 1010), en el que los componentes de error corresponden a una serie de tonos en un símbolo piloto recibido, y

10 un segundo campo para contener información (820, 1020) que indica una cantidad de bits por cada componente de error.

2. El aparato según la reivindicación 1, en el que los componentes de error comprenden un componente de error real (812, 912, 1012) y un componente de error imaginario (814, 914, 1014) para cada uno de los tonos.

3. El aparato según la reivindicación 1 ó 2, en el que la central telefónica (102) comprende una unidad central de transceptor de DSL de velocidad binaria muy alta, VDSL, VTU-O, que está configurada para transmitir el símbolo piloto al CPE.

4. El aparato según la reivindicación 1 ó 2, en el que el transceptor está configurado para determinar la cantidad de bits por cada componente de error, la precisión de cuantificación por cada componente de error, o ambas, y transmitir el mensaje de retroalimentación de error (800, 900, 1000) a la central telefónica (102).

5. El aparato según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los componentes de error corresponden a un nivel de error de diafonía en la DSL.

6. El aparato según la reivindicación 5, en el que el precodificador de diafonía se afina en base al mensaje de retroalimentación de error y utilizando un algoritmo de mínimos cuadrados promedio, LMS.

7. Un procedimiento que comprende:

25 recibir, por un primer transceptor, un mensaje de error de retroalimentación desde un segundo transceptor, en el que el segundo transceptor está acoplado a una línea de abonado digital, DSL, (106) entre una central telefónica (102) y un equipo de instalaciones de cliente, CPE, (104),

en el que el mensaje de error de retroalimentación (800, 900, 1000) comprende

un primer campo para contener una serie de componentes de error (810, 910, 1010), en el que los componentes de error corresponden a una serie de tonos en un símbolo piloto recibido, y

30 un segundo campo para contener información (820, 1020) que indica una cantidad de bits por cada componente de error.

8. El procedimiento según la reivindicación 7, en el que los componentes de error (810, 910, 1010) comprenden un componente de error real (812, 912, 1012) y un componente de error imaginario (814, 914, 1014) para cada uno de los tonos.

35

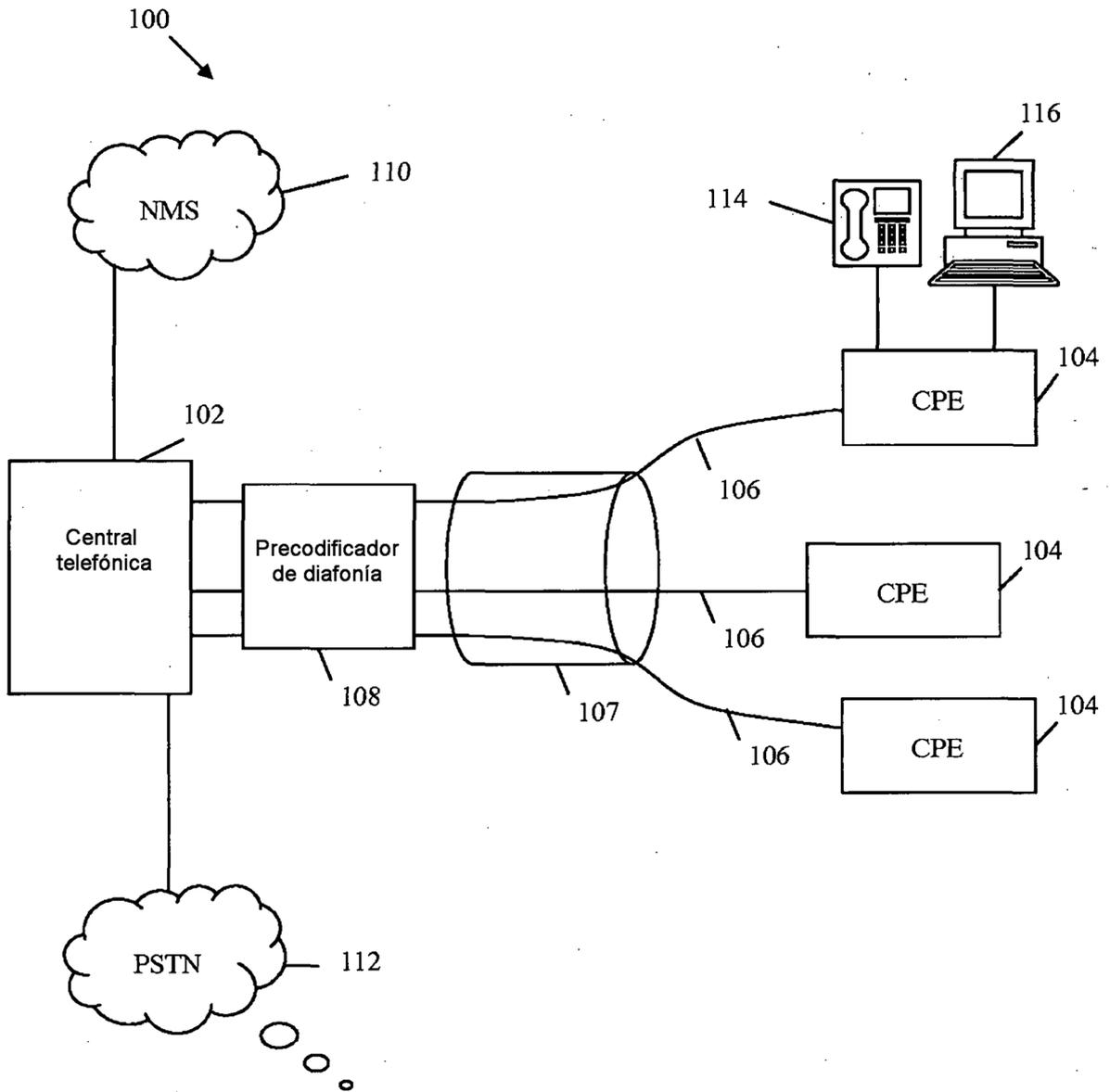
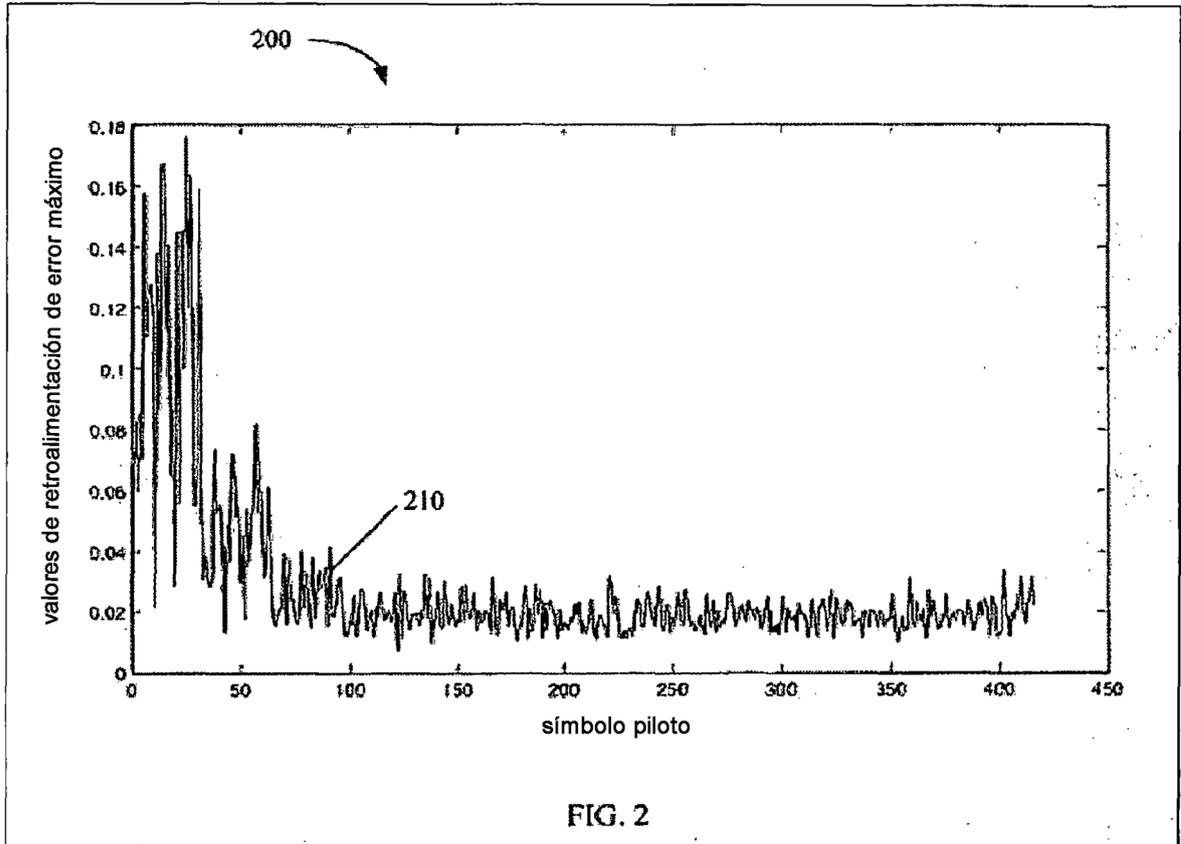


FIG. 1



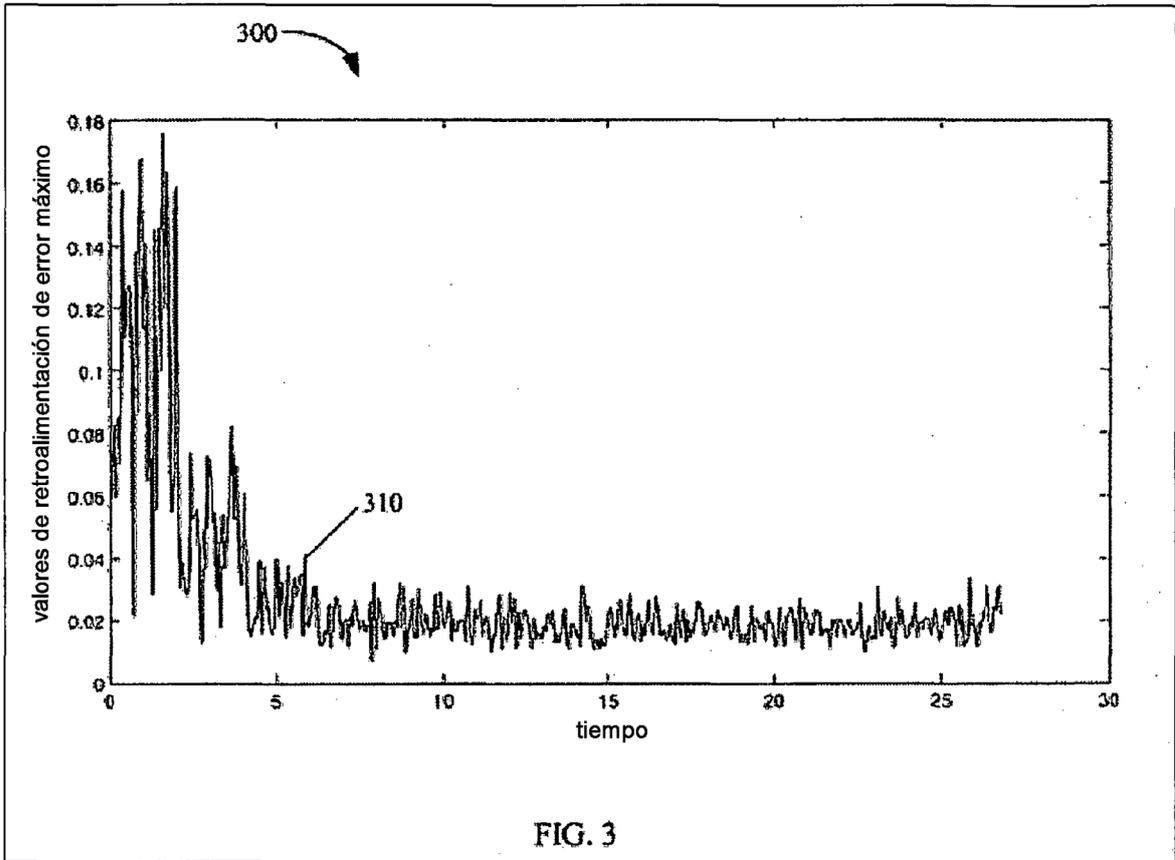


FIG. 3

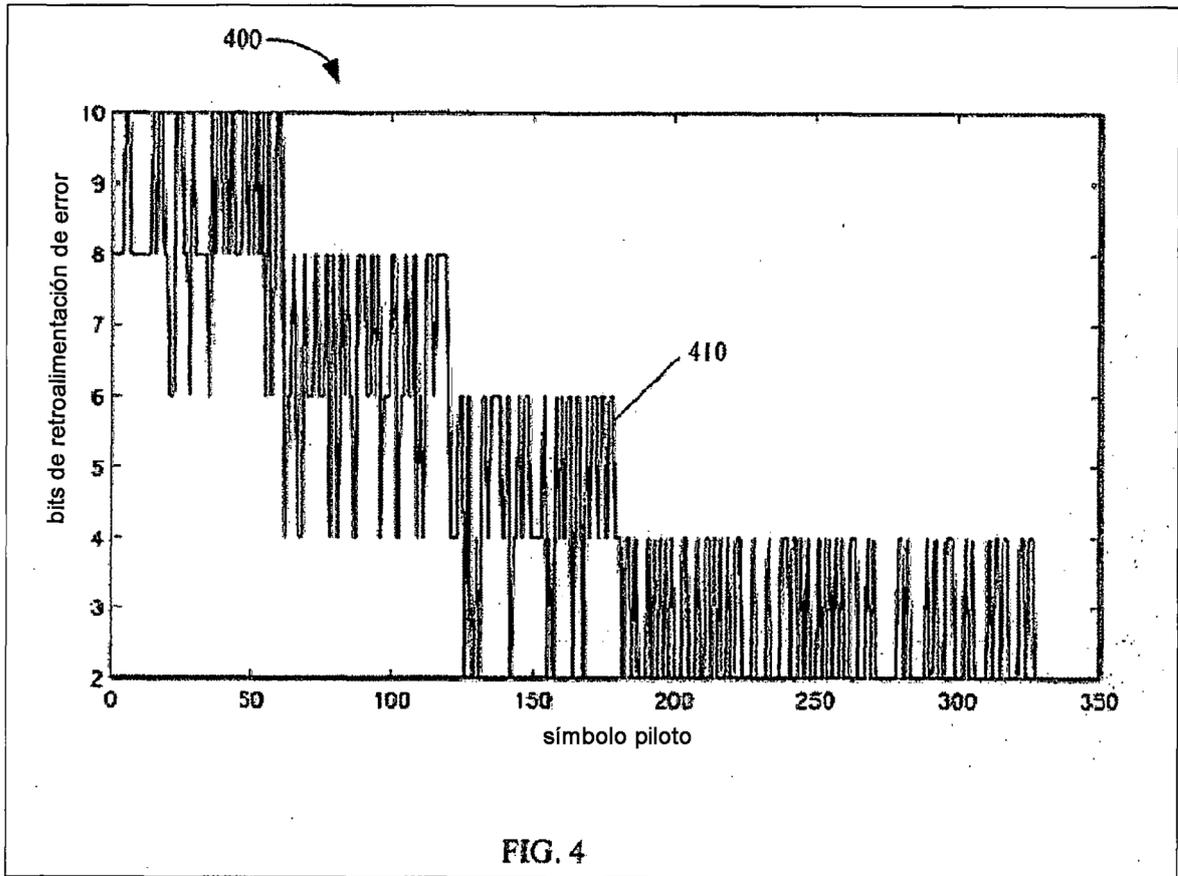
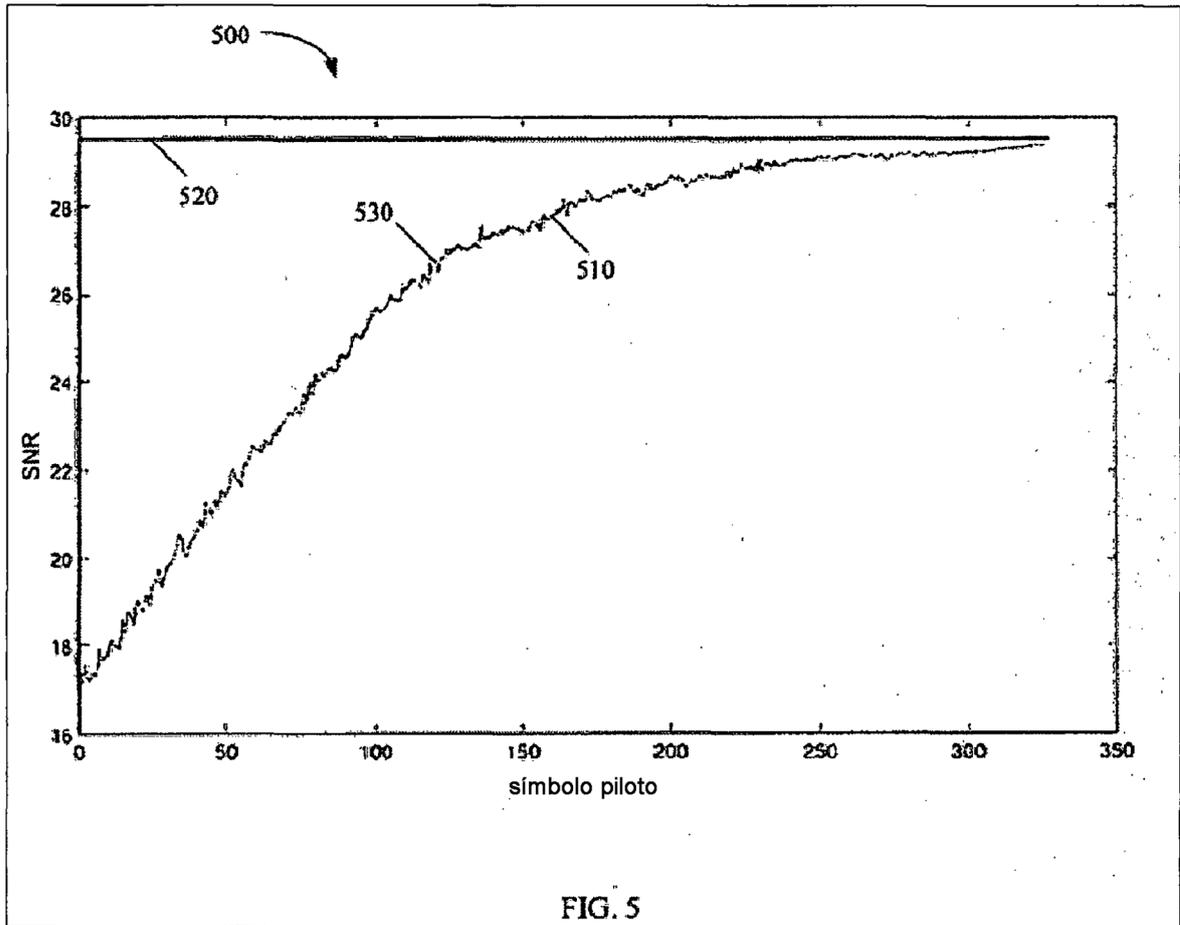
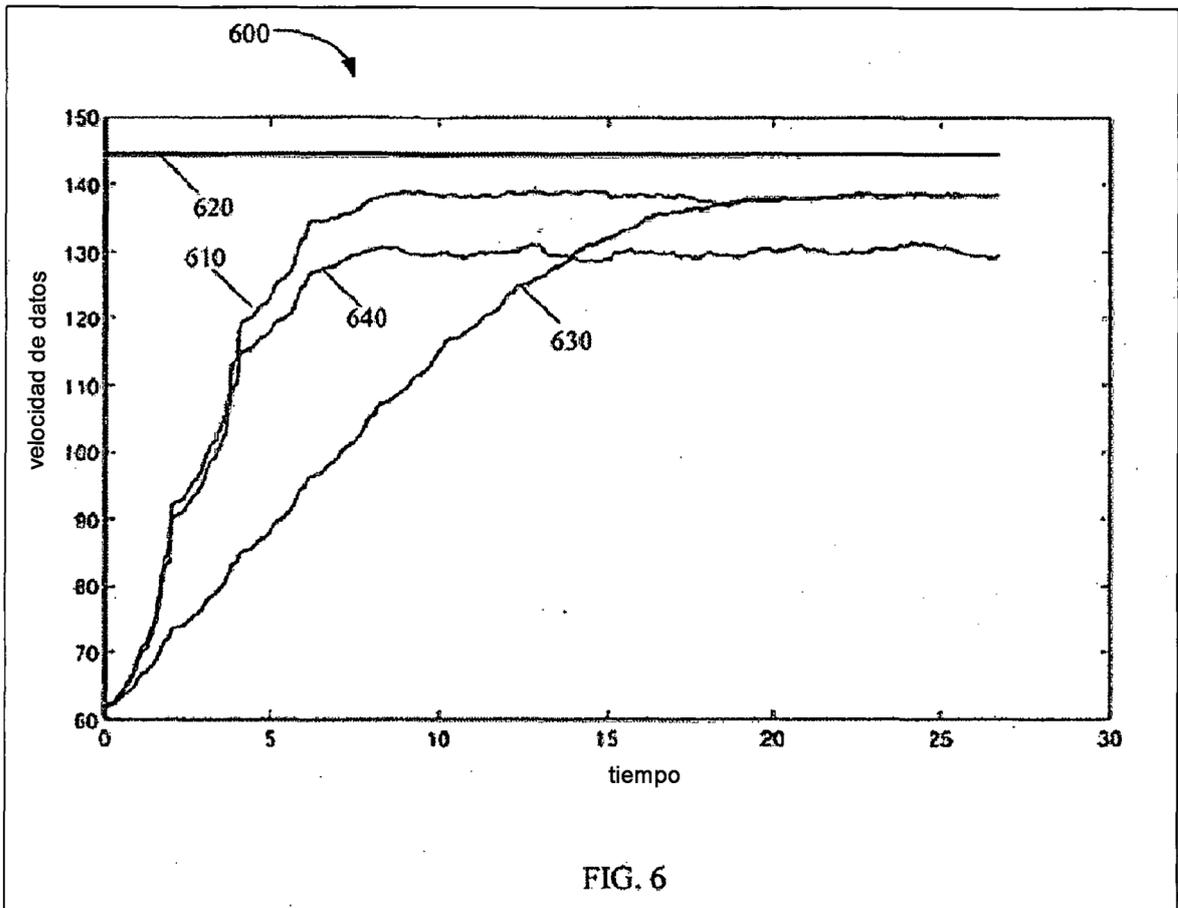
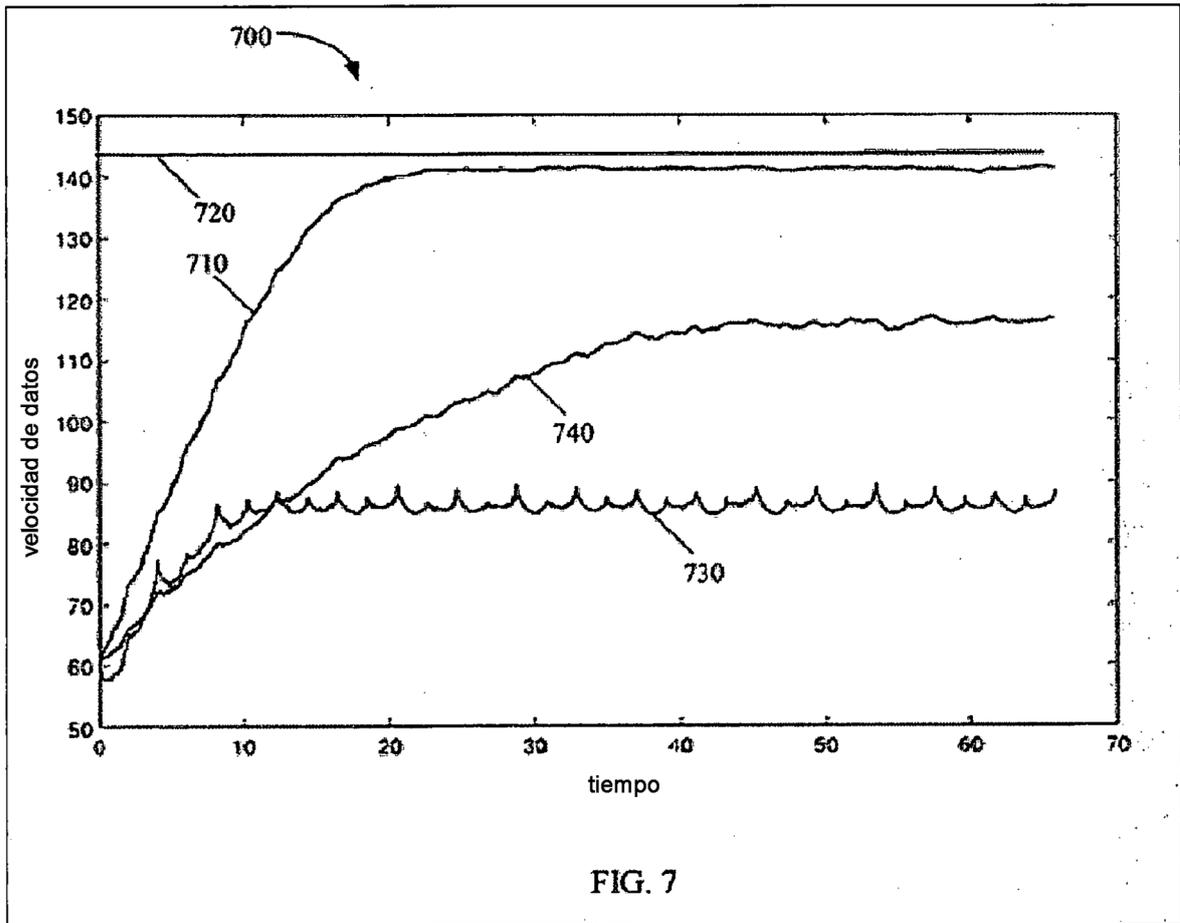


FIG. 4







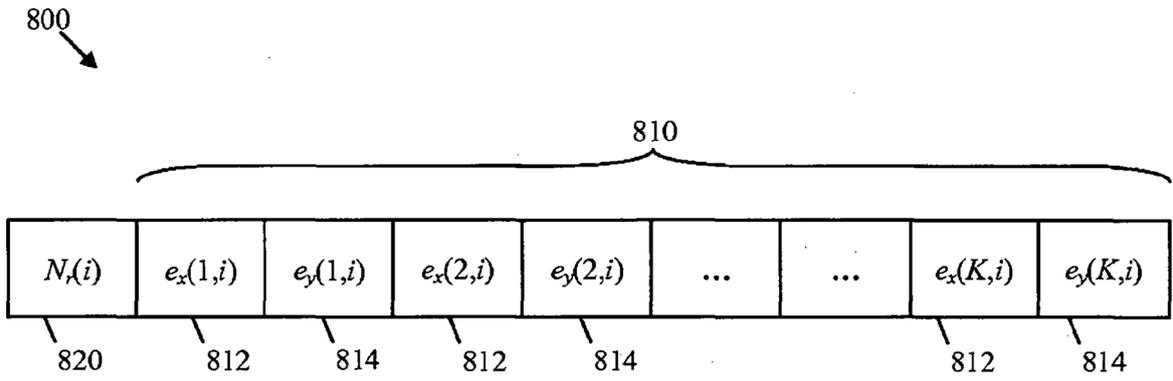


FIG. 8

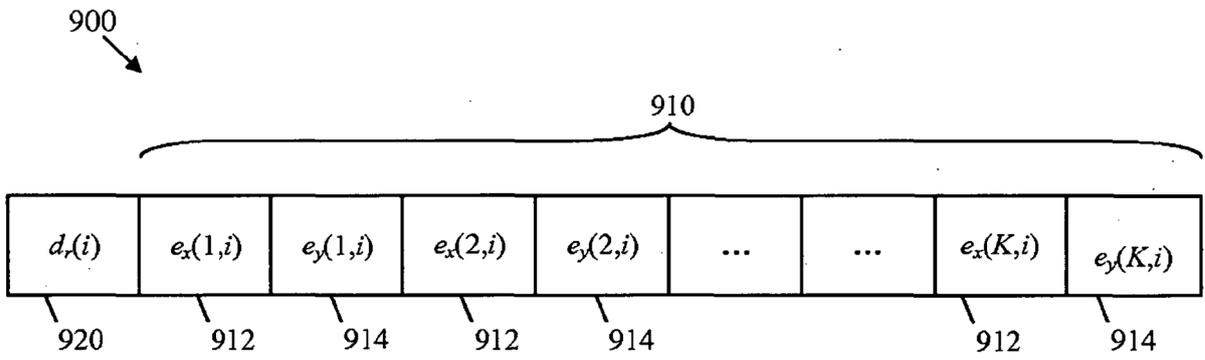


FIG. 9

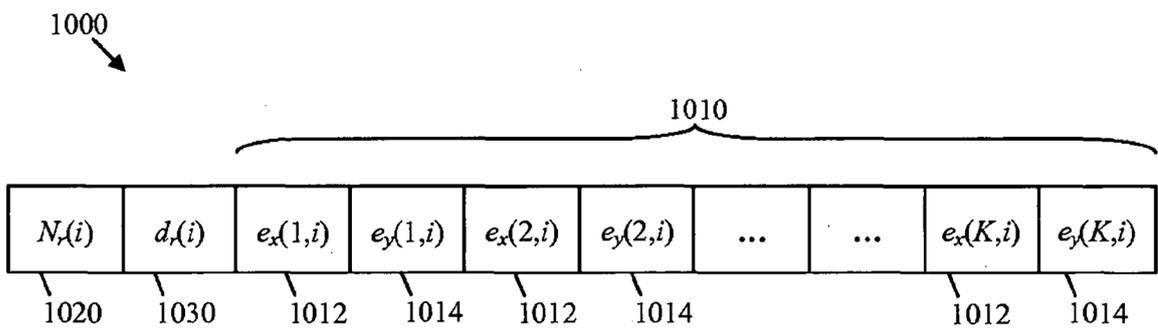


FIG. 10

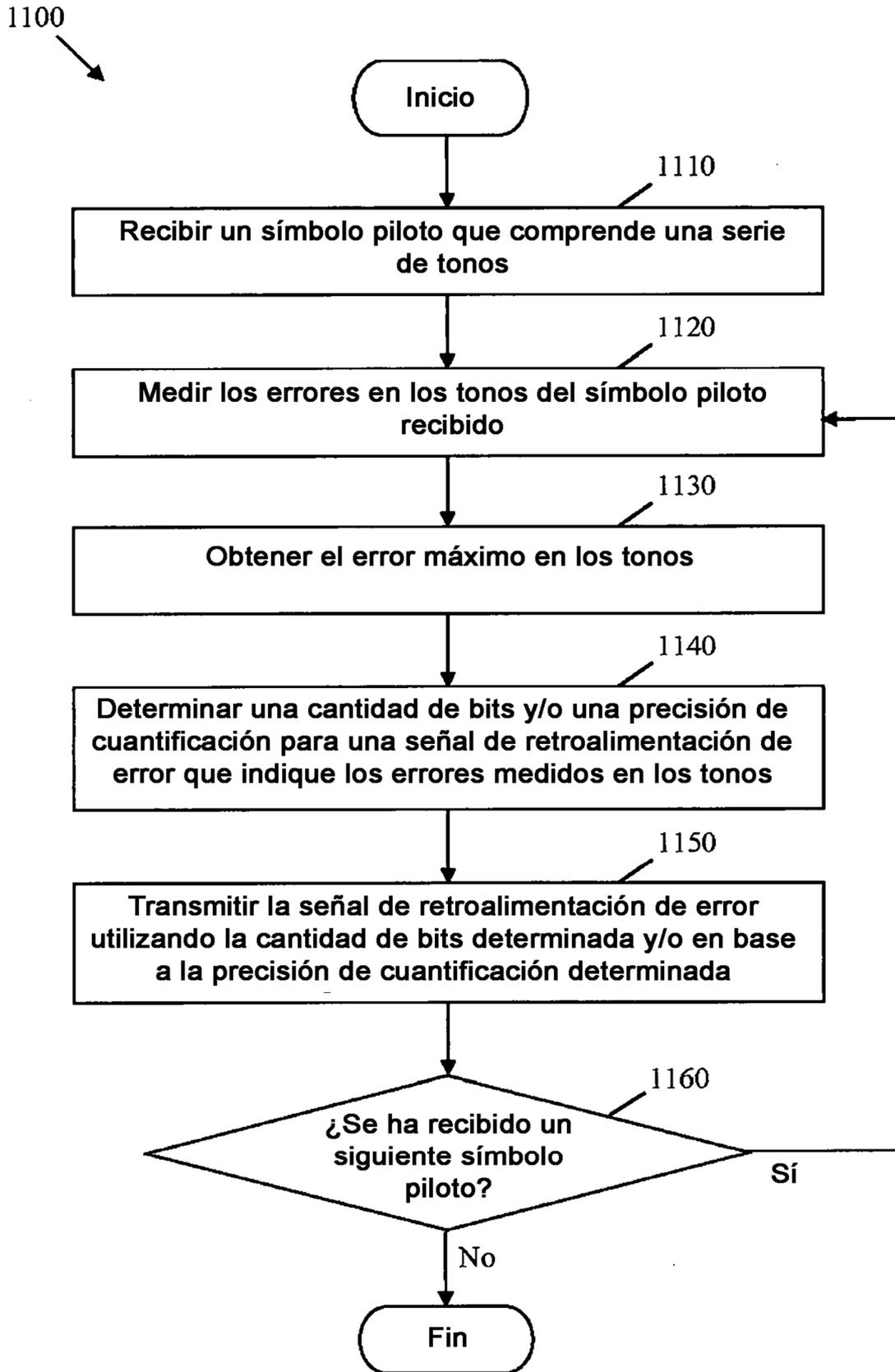


FIG. 11

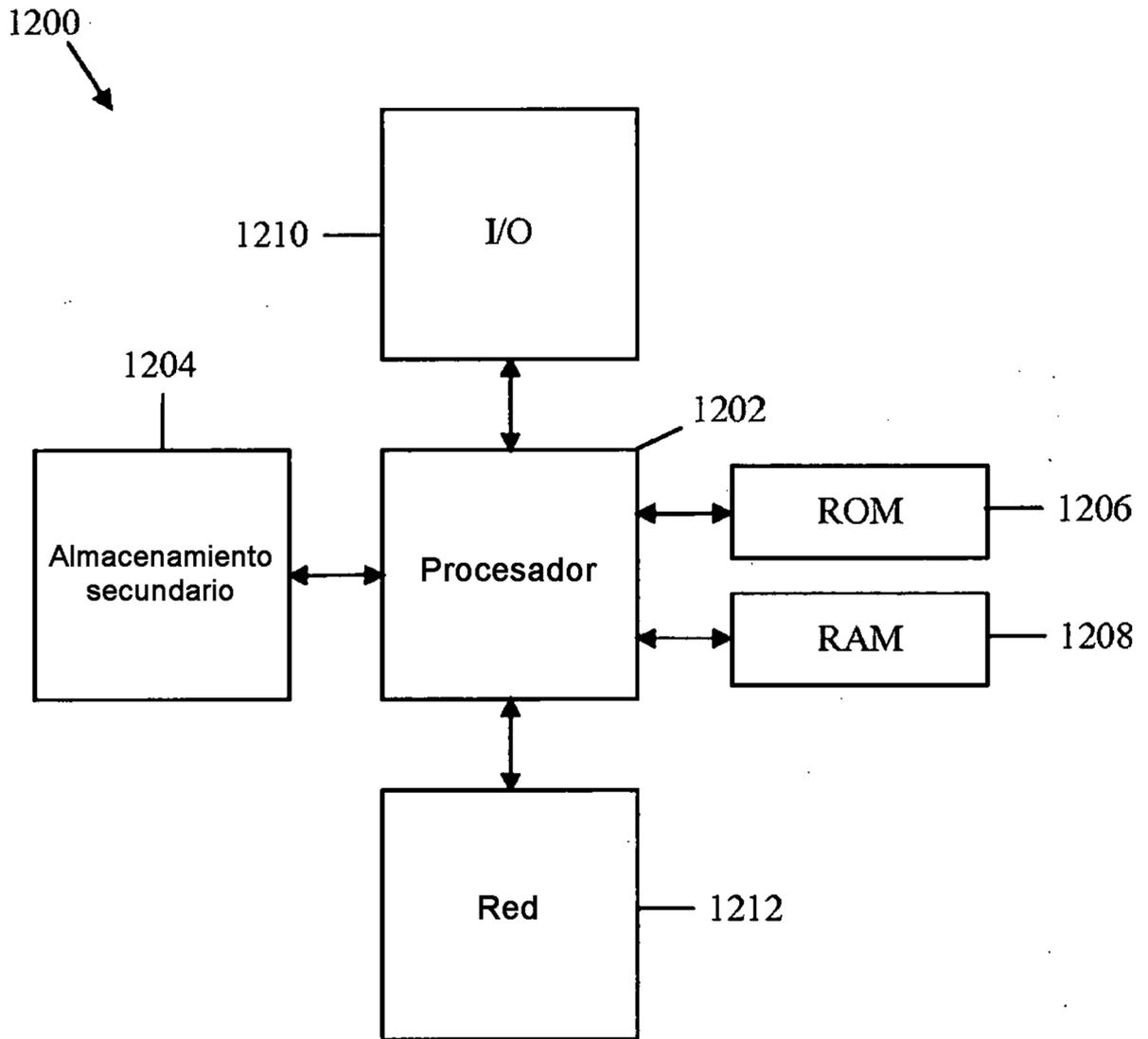


FIG. 12