

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 275**

51 Int. Cl.:

**H04B 3/32** (2006.01)

**H04B 3/46** (2015.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04M 3/18** (2006.01)

**H04M 11/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.08.2010 PCT/SE2010/050908**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2011 WO11152768**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2010 E 10852599 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 2577879**

54 Título: **Método y disposición en un sistema de vectorización DSL**

30 Prioridad:

**01.06.2010 US 350218 P**

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

**10.05.2018**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**

**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**ERIKSSON, PER-ERIK y**  
**LU, CHENGUANG**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 667 275 T3**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Método y disposición en un sistema de vectorización DSL

## 5 CAMPO TÉCNICO

La invención se refiere a un método y una disposición en un sistema DSL (línea digital de abonado, por sus siglas en inglés), en particular a la gestión de eventos de apagado desordenado (DSE, por sus siglas en inglés) en un sistema de vectorización DSL.

## 10 ANTECEDENTES

La tecnología de vectorización será la tecnología central de la próxima generación de DSL. Cancela la FEXT (diafonía de extremo lejano, por sus siglas en inglés) entre líneas DSL y, por lo tanto, maximiza el rendimiento del sistema DSL. La tecnología de vectorización desempeñará un papel muy importante en el negocio FTTx (fibra hasta el nodo / el repartidor / la acera / el edificio / la vivienda / las dependencias, etc.), ya que permite ofrecer 100 Mbps por usuario con líneas DSL en el último centenar de metros, es decir, entre el final de una red de fibra y los CPE (equipos en dependencias de cliente, por sus siglas en inglés).

15

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha normalizado un estándar de vectorización, G.993.5 [1], y la primera recomendación del G.993.5 fue aprobada el 22 de abril de 2010. La cancelación de la FEXT se realiza en el lado del DSLAM (multiplexor de acceso a línea digital de abonado, por sus siglas en inglés). El FEXT en sentido descendente es precancelado por un precodificador en el DSLAM, mientras que el FEXT en sentido ascendente es cancelado por un cancelador de diafonía en sentido ascendente en el DSLAM. La recomendación ofrece una manera de estimar el canal FEXT tanto en sentido descendente como en sentido ascendente y utilizar el canal estimado para cancelar la diafonía.

25 Un evento de apagado desordenado (DSE) en una línea DSL ocurre, por ejemplo, cuando un usuario desenchufa el cable telefónico o apaga abruptamente el CPE. El apagado desordenado de una línea DSL puede alterar las características de diafonía del canal, es decir, el acoplamiento por diafonía con otras líneas, debido al cambio de impedancia en el extremo CPE que se apaga desordenadamente. Después de un DSE se requiere, por ejemplo en VDSL2 (ITU-T G.993.2 [2]), que el DSLAM continúe transmitiendo durante aproximadamente 10 segundos hacia el CPE que ha sido apagado desordenadamente, véase la sección 12.1.4 en [2]. Se continúa la transmisión para evitar el reentrenamiento innecesario de una línea en el caso de que se produzcan interrupciones breves de la línea. Cuando el CPE "revive" dentro de los 10 segundos, la transmisión en la línea puede continuar como antes, sin reentrenamiento. Además, debe transcurrir un período de tiempo adicional de 2,5 segundos antes de que se determine en el DSLAM que se ha producido un evento de caída de potencia.

30

35 Sin embargo, cuando se utiliza la vectorización, el precodificador en el DSLAM permanece inalterado después de un DSE y sigue estando optimizado para las características de canal originales, es decir, las características de canal antes del DSE. Esto podría dar lugar a una caída significativa de la SNR (relación señal/ruido) para otras líneas, ya que el precodificador está desactualizado y, por tanto, no puede cancelar por completo la diafonía procedente de la línea que se ha apagado desordenadamente. Se ha publicado en [3] que un DSE en una línea puede obligar a otras líneas a reentrenarse. El reentrenamiento de una línea puede durar 30 segundos, lo que constituye una interrupción considerable, por ejemplo en servicios de IP-TV.

40

45 En el estándar actual G.993.5 [1] se recomienda que "la VTU-O (unidad transceptora VDSL en la unidad de red óptica) interrumpa su señal de transmisión lo antes posible" después de detectar DSE en una línea. Se indica además que "quedan en estudio otros mecanismos para mitigar el efecto de un apagado desordenado". Además, en la reunión de la ITU-T de marzo de 2010, en Huntsville, se acordó que

50 "un evento de abandono desordenado (es decir, desconexión de CPE o caída de potencia) en una línea particular no debería provocar un reentrenamiento en otras líneas del mismo grupo vectorizado"

55 "un evento de abandono desordenado (es decir, desconexión de CPE o caída de potencia) en una línea particular no debería provocar secuencias de símbolos con errores en otras líneas del mismo grupo vectorizado que no puedan corregirse por una configuración válida de INP (protección de ruido de impulsos, por sus siglas en inglés)"

60 Así pues, la solución recomendada en la G.993.5 actual [1] entra en conflicto con la recomendación VDSL2 [2], que requiere que la VTU-O continúe transmitiendo la señal descendente en la línea en cuestión durante aproximadamente 10 segundos después de un DSE en una línea. El hecho de adoptar la solución recomendada en G.993.5 [1] puede acarrear problemas que se evitan si se adopta la recomendación VDSL2.

65 Se identifica como problema que un DSE o evento de abandono desordenado en una línea DSL, dentro de un grupo vectorizado de líneas DSL, puede provocar que otras líneas del grupo vectorizado se reentrenen cuando se continúa la transmisión en dicha línea DSL después del evento desordenado. Si no se desea finalizar la transmisión en la línea que ha experimentado un DSE, lo que hubiera constituido una solución directa, se debe buscar otra solución.

El documento US 2009/304056 A1 describe reducir la potencia de transmisión a una línea que ha experimentado un evento de apagado desordenado en un sistema de vectorización.

- 5 El documento US 2009/245081 describe un modo de asociación (en inglés, "joining") para el funcionamiento de un CPE en un sistema de vectorización.

COMPENDIO

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

10 Sería deseable evitar que algunas de las líneas de un grupo vectorizado se reentrenen en caso de que ocurra un evento desordenado en otra línea del grupo vectorizado, cuando se continúa la transmisión en esta última línea. Es objeto de la invención permitir que la transmisión pueda continuar en una línea que ha experimentado un evento desordenado sin provocar que otras líneas pertenecientes al mismo grupo vectorizado se reentrenen. Además, es objeto de la invención proporcionar un método y una disposición para seguimiento de canal rápido, que pueda utilizarse, por ejemplo, para proporcionar una rápida actualización de una matriz de precodificación en caso de que ocurra un evento desordenado en una línea de un grupo vectorizado. Estos objetos se pueden cumplir mediante un método y disposición según las reivindicaciones independientes adjuntas. En las reivindicaciones dependientes se definen realizaciones.

20 Según un aspecto, se proporciona un método para gestionar eventos desordenados en un sistema DSL. El método comprende obtener muestras de error de equipos CPE conectados a otras líneas de un grupo vectorizado de líneas DSL cuando ocurre un evento desordenado en una línea m del grupo vectorizado de líneas DSL, y se continúa la transmisión en la línea m después del evento desordenado. El método comprende además calcular una estimación de los coeficientes de canal que han cambiado a causa del evento desordenado, basándose en las muestras de error. De este modo se proporciona una estimación parcial de canal. El método comprende además modificar un precodificador descendente, basándose al menos parcialmente en la estimación parcial de canal, de manera que se evita reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado, a causa del evento desordenado.

30 Según otro aspecto, se proporciona una disposición que está adaptada para gestionar eventos desordenados en un sistema DSL. La disposición comprende una unidad de detección, que está adaptada para detectar la aparición de un evento desordenado en una línea de un grupo vectorizado de líneas DSL. La disposición comprende además una unidad de obtención, que está adaptada para obtener muestras de error de CPE conectados a otras líneas de un grupo vectorizado, cuando se detecta un evento desordenado en una línea m del grupo vectorizado. La disposición comprende además una unidad de estimación, que está adaptada para calcular una estimación de los coeficientes de canal que han cambiado a causa del evento desordenado, basándose en las muestras de error, y proporcionar así una estimación parcial de canal. La disposición puede comprender además una unidad de adaptación de precodificador, que está adaptada para modificar un flujo descendente basándose en la estimación parcial de canal, de manera que se evita reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado a causa del evento desordenado.

40 El método y disposición anteriores se pueden utilizar para permitir una rápida estimación de canal y actualización de precodificador después de un evento desordenado, por ejemplo una pérdida repentina de potencia, en una línea de un grupo vectorizado de líneas DSL. Esta rápida actualización de precodificador puede mitigar los efectos negativos en las otras líneas, por ejemplo la caída de la SNR, provocados por el evento desordenado.

45 Los antedichos método y disposición pueden implementarse en distintas realizaciones. En algunas realizaciones se obtienen, por ejemplo se solicitan y se reciben, muestras de error de aproximadamente todas las líneas distintas de la línea m en el grupo vectorizado. En algunas realizaciones, las muestras de error se obtienen de un subconjunto de los demás canales del grupo vectorizado, comprendiendo el subconjunto las líneas que resultan más afectadas por el evento desordenado en la línea m. El empleo de un subconjunto reduce la cantidad de recursos necesarios para recopilar y procesar muestras de error.

50 Algunas realizaciones pueden comprender una unidad de determinación, que está adaptada para determinar si el efecto del evento desordenado es o no motivo para realizar una rápida estimación de canal y actualización de precodificador, basándose en las muestras de error obtenidas. De esta manera se pueden evitar innecesarias estimaciones de canal y modificaciones de precodificador. Algunas realizaciones pueden implicar un cierto período de tiempo dentro del cual deben obtenerse las muestras. Este período de tiempo podría configurarse para ser tan corto como aproximadamente uno o dos períodos de símbolo de sincronización, pero también podría fijarse en un período más largo, por ejemplo 5 o 10 períodos de símbolo de sincronización, o incluso 1; 2 o 2,5 segundos, si se prefiere. Tal período de tiempo, por ejemplo preestablecido, garantizaría que se realizase la actualización de precodificador dentro de un tiempo determinado desde un evento desordenado, y por lo tanto antes de que cualquier línea comience a reentrenar.

65 Además, en algunas realizaciones se puede especificar que la estimación parcial de canal debe comprender solamente la m-ésima columna de la matriz de canal, o básicamente solo la m-ésima columna de la matriz de canal.

En algunas realizaciones, únicamente se actualiza una columna de la matriz de precodificador, al menos como un primer paso. Esto permite una actualización muy rápida.

5 En algunas realizaciones, se puede modificar el precodificador basándose en una estimación completa del canal después del evento desordenado. Dicha estimación completa puede comprender una combinación de los coeficientes de canal de la estimación parcial de canal y los coeficientes de una estimación de canal completa, calculada antes del evento desordenado.

10 En algunas realizaciones, se consigue una estimación de canal efectivo basándose en la estimación parcial de canal. La estimación de canal efectivo se puede utilizar después para guiar un algoritmo de actualización de precodificador.

15 Según otro aspecto más, se proporciona un programa informático. El programa informático comprende medios de código legible por ordenador que, cuando son ejecutados en una disposición según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria, hacen que la disposición realice un procedimiento según cualquiera de las realizaciones descritas en la presente memoria.

20 Según todavía otro aspecto más, se proporciona un producto de programa informático. El producto de programa informático comprende el programa informático antes mencionado.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describirá ahora con más detalle la invención, por medio de realizaciones ilustrativas y haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

25 La Figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra pasos de procedimiento según una realización, la Figura 2 es un esquema de bloques que ilustra una disposición según una realización, las Figuras 3-4 son diagramas que ilustran las velocidades binarias de las otras líneas después de un DSE en una línea de un grupo vectorizado, cuando se aplica una realización de la invención, la Figura 5 es un diagrama que ilustra la caída de la SNR de una línea, provocada por un DSE en otra línea del mismo grupo vectorizado, en comparación con la SNR antes del DSE, 30 las Figuras 6-7 son diagramas que ilustran la caída de la SNR de una línea después de un DSE en otra línea del mismo grupo vectorizado, en comparación con la SNR antes del DSE, cuando se aplica una realización de la invención, la Figura 8 es una vista esquemática que ilustra una disposición según una realización.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA

40 Descrita en pocas palabras, se proporciona una solución para permitir una rápida actualización de precodificador para el canal de diafonía alterado después de, por ejemplo, un DSE. Se proporciona un método rápido de estimación de canal para acelerar el cambio de canal y actualizar rápidamente en consecuencia el precodificador. El método rápido de estimación, o seguimiento, de canal utiliza el hecho de que, de manera principal o única, habrán cambiado los coeficientes de canal asociados con una sola línea, esto es, la línea que ha experimentado algún tipo de evento desordenado.

45 Se empleará en adelante la expresión "evento desordenado" para referirse a eventos tales como i) eventos desordenados de abandono o apagado, por ejemplo desconexión de CPE o caída de potencia, y ii) eventos de aumento de potencia "posteriores a la modificación" desordenados, es decir, cuando retorna la potencia después de una modificación de precodificador tras un evento de abandono o apagado desordenado y dentro de, por ejemplo, los 10 segundos de transmisión sostenida en una línea después del evento de abandono o parada desordenada. Las expresiones "evento de abandono desordenado" y "evento de apagado desordenado (DSE)" se utilizan como sinónimos. Un evento desordenado podría ser causado, por ejemplo, por un fallo de componente del CPE u otra disfunción.

#### Solicitud de muestra de error y proceso de retroalimentación

55 Cuando se detecta en una línea un DSE u otro evento desordenado, según una realización de la invención los VTU-O (la parte de transceptor para cada línea en el DSLAM) de todas las demás líneas, o de un subconjunto de las mismas, enviarán peticiones de retroalimentación de error a través de un canal eoc (canal de operaciones incrustado) robusto (ROC) [2] a sus VTU-R (unidades transceptoras VDSL de terminal remoto, por ejemplo CPE). Las VTU-R proporcionarán a la VCE (entidad de control de vectorización) las muestras de error solicitadas en el canal de retroalimentación de vectorización, por ejemplo a través del canal eoc normal o del canal de capa 2, dependiendo de las distintas preferencias de implementación de los proveedores de "chipset" (grupo de chips), 60 especificadas en [1].

Al recibir las muestras de error, la VCE estimará solo los coeficientes de canal alterados, es decir, los coeficientes de canal asociados con la línea que ha experimentado DSE. Así, la estimación de los coeficientes de canal alterados se puede realizar utilizando solo un pequeño número de muestras de error recibidas de las VTU-R. El resto de los coeficientes del canal se mantienen inalterados, por ejemplo con respecto a una estimación de canal completa

obtenida antes del DSE. La estimación total, o completa, del canal se puede aproximar como una submatriz de una matriz identidad si el precodificador era casi óptimo antes del evento desordenado, o bien puede ser el conocimiento almacenado de una anterior estimación de canal, calculada antes del evento desordenado, por ejemplo en caso de que el precodificador no fuera óptimo. A continuación, la VCE utiliza la estimación de canal actualizada, que comprende los coeficientes del canal alterados estimados y los coeficientes de canal "conservados", a fin de guiar un algoritmo adaptativo de actualización de precodificador, por ejemplo un algoritmo IMS, para actualizar el precodificador.

La aparición de un DSE u otro evento desordenado se puede detectar de distintas maneras. Por ejemplo, se puede detectar fácilmente un DSE por medio de la detección de potencia recibida en sentido ascendente, ya que la transmisión ascendente se detendrá después de un DSE. En la referencia [1] la detección de DSE se realiza mediante "detección de primitiva de pérdida de potencia en extremo distante (fplr, por sus siglas en inglés) (véase la cláusula 11.3.3.2/ G.993.2)".

Una vez detectado el DSE en una línea, las VTU-O de todas las demás líneas del grupo vectorizado, o de un subconjunto de las mismas, pueden enviar peticiones de retroalimentación de error a sus VTU-R a través del canal ROC. Tras recibir las peticiones de retroalimentación de error, las VTU-R enviarán la respuesta de retroalimentación de error lo más pronto posible de vuelta a la VCE en el canal de retroalimentación de vectorización, por ejemplo a través del canal eoc normal o del canal de capa 2, dependiendo de las distintas preferencias de implementación de los proveedores de "chipset" especificadas en [1].

En [1], las peticiones de retroalimentación de error son enviadas en el canal eoc, mientras que se prefiere que realizaciones de la invención utilicen en cambio el canal ROC para enviar las peticiones de retroalimentación de error. La razón para usar el canal ROC en lugar del canal eoc estriba en proteger las peticiones de retroalimentación de error después de un DSE, ya que un DSE en una línea podría causar numerosos errores en la transmisión descendente en otras líneas, debido al desajuste entre el precodificador y el canal alterado. Estos errores inducidos por el DSE podrían corromper las peticiones de retroalimentación de error y evitar así que las peticiones de retroalimentación de error lleguen a sus destinos.

La funcionalidad de transmitir peticiones de retroalimentación de error a través del ROC, en lugar de a través del eoc, debería ser fácil de añadir a versiones futuras de G.993.5, puesto que el canal ROC ya está especificado en [2]. El canal ROC sustenta el uso de una carga de bits muy conservadora y/o una carga extra de codificación Reed-Solomon muy grande para proteger el canal ROC frente a los errores.

Una forma alternativa de solicitar a las VTU-R que envíen respuestas de retroalimentación de error podría consistir en permitir que las VTU-O cambien el signo de los tonos de indicador (en inglés, "flag tones") conforme a reglas especiales. Por ejemplo, se podría mantener inalterado el signo del primer tono de indicador de los dos tonos de indicador, mientras que se podría cambiar el signo del segundo tono de indicador. A continuación, la VTU-R puede devolver una respuesta de muestra de error con una configuración de muestra de error por defecto cuando se detecta un cambio de signo de tono de indicador. La configuración de muestra de error por defecto se podría negociar, por ejemplo, durante la inicialización. Una vez finalizado el proceso de seguimiento de canal rápido, se puede volver a cambiar el signo del segundo tono de indicador, por ejemplo, para tener el mismo signo que el primer tono de indicador.

Un posible cambio o mejora opcional en la retroalimentación de muestra de error es añadir en la respuesta de retroalimentación de error de las VTU-R alguna información adicional acerca de estadísticas de error de bit, por ejemplo contadores de error. Esto sería útil, por ejemplo, para indicar el grado de rapidez o de urgencia con que se debe actualizar el precodificador y con qué eficacia funciona el seguimiento de canal rápido.

Método de seguimiento de canal rápido

Suponiendo que la línea  $m$  ha sido apagada desordenadamente, donde la línea  $m$  podría ser cualquier línea del grupo de vectorización, la señal recibida de las otras líneas, es decir, las líneas de un grupo de vectorización excepto la línea  $m$ , antes del DSE, en cualquier tono en sentido descendente, se podría modelar como (1), utilizando un modelo de sistema de vectorización de  $N$  líneas:

$$y = QHPGx + n \tag{1}$$

donde  $y = [y_1 \dots y_{m-1} y_{m+1} \dots y_N]^T$  es un vector  $(N-1) \times 1$  que representa las señales recibidas de las líneas salvo la línea  $m$ , donde  $y_i$  es la señal recibida de la línea  $i$ ,

$x = [x_1 x_2 \dots x_N]^T$  es un vector  $N \times 1$  que representa el vector de señal transmitida de todas las líneas, incluida la línea  $m$  que causa la diafonía hacia las otras líneas, donde  $x_i$  es la señal de transmisor de la línea  $i$ ,

$G = \text{diag}([g_1 g_2 \dots g_N])$  es una matriz diagonal  $N \times N$  que representa la matriz de escalamiento de ganancia en los transmisores, donde  $g_i$  es el factor de escalamiento de ganancia de la línea  $i$  que incluye todo el escalamiento de ganancia, por ejemplo el escalamiento de máscara PSD (densidad espectral de potencia) y de ganancia fina, a la señal transmitida,

$\mathbf{Q} = \text{diag}([q_1 \dots q_{m-1} q_{m+1} \dots q_N])$  es una matriz diagonal  $(N-1) \times (N-1)$  que representa la matriz FEQ (ecualizador de dominio de frecuencia) en los receptores, donde  $q_i$  es el coeficiente FEQ de la línea  $i$ ,  
 $\mathbf{H} = [\mathbf{h}_1 \mathbf{h}_2 \dots \mathbf{h}_N]$  es una matriz  $(N-1) \times N$  que representa la matriz de canal, donde  $\mathbf{h}_j = [h_{1j} \dots h_{(m-1)j} h_{(m+1)j} \dots h_{Nj}]^T$  es el vector columna  $j$ -ésimo de  $\mathbf{H}$  y el elemento  $h_{ij}$  cuando  $i \neq j$  es el coeficiente de diafonía de la línea  $j$  hacia la línea  $i$ , mientras que el elemento  $h_{ij}$  es el coeficiente directo de canal de la línea  $i$ ,  
 $\mathbf{P} = [\mathbf{p}_1 \mathbf{p}_2 \dots \mathbf{p}_N]$  es una matriz  $N \times N$  que representa la matriz de precodificación, donde  $\mathbf{p}_j = [p_{1j} p_{2j} \dots p_{Nj}]^T$  es el vector columna  $j$ -ésimo de  $\mathbf{P}$ , y  $\mathbf{n} = [n_1 \dots n_{m-1} n_{m+1} \dots n_N]^T$  un vector  $(N-1) \times 1$  que representa el ruido de fondo, donde  $n_i$  es el ruido de fondo después del FEQ en el CPE  $i$ .

En los sistemas de vectorización, una vez inicializada la vectorización se actualiza de manera óptima el precodificador para cancelar todas las diafonías dentro del grupo de vectorización, de manera que

$$\mathbf{QH} \mathbf{P} \mathbf{G} \approx \bar{\mathbf{I}} \quad (2)$$

dónde  $\bar{\mathbf{I}}$  es una submatriz  $(N-1) \times N$  de una matriz identidad  $N \times N$  sin la fila  $m$ -ésima.  $\bar{\mathbf{I}}$  toma solo las filas con índice de fila de  $[1 \dots m-1 \ m+1 \dots N]$  de una matriz identidad  $N \times N$ . Una matriz identidad  $\mathbf{I}$  es una matriz cuadrada cuyos elementos diagonales son todos 1, mientras que sus elementos fuera de la diagonal son todos 0.

Con el precodificador óptimo en (2), el sistema de vectorización se acerca al rendimiento sin FEXT, ya que la señal recibida es

$$\mathbf{y} \approx \mathbf{x} + \mathbf{n} \quad (3)$$

donde los términos de diafonía están casi completamente cancelados.

Después del DSE en la línea  $m$ , el canal de diafonía de la línea  $m$  hacia las otras líneas puede cambiar. Por lo tanto, la matriz de canal después del DSE se puede expresar como

$$\mathbf{H}_{DSE} = [\mathbf{h}_1 \dots \mathbf{h}_{m-1} \mathbf{h}_m^{DSE} \mathbf{h}_{m+1} \dots \mathbf{h}_N] \quad (4)$$

Comparando la matriz de canal antes y después del DSE, solo ha cambiado el vector columna  $m$ -ésimo.

Después del DSE, el precodificador ya ha dejado de ser óptimo, puesto que el canal ha cambiado. Ello podría originar una caída significativa de la SNR en las otras líneas, que afectaría negativamente al rendimiento del sistema e incluso haría que se reentrenasen líneas. Se podría evitar actualizando rápidamente el precodificador de conformidad con los cambios del canal. Todos los tipos de algoritmos de seguimiento de canal utilizados para actualizar  $\mathbf{P}$ , es decir, el precodificador, se basan en estimación de canal de forma **directa** o **indirecta**.

La referencia [1] describe una manera fácil de estimar el canal efectivo  $\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{QH} \mathbf{P} \mathbf{G}$ , que se puede utilizar para guiar un algoritmo de seguimiento de canal de precodificador, por ejemplo un algoritmo IMS.

Sin embargo, una estimación normal de canal requiere el tiempo de  $2^{\text{NEXTPOW}2(N)}$  muestras de error, donde se retroalimentan muestras de error cada 64 ms, y donde  $\text{NEXTPOW}2(N)$  es una función que devuelve la primera  $M$  tal que  $2^M \geq N$ . Por ejemplo, para un sistema grande de vectorización de 128 líneas, la estimación de canal requeriría  $64 \times 128 = 8.192$  ms, es decir, más de 8 segundos. Más de 8 segundos es indudablemente demasiado tiempo para actualizar el precodificador después de un DSE. El "daño" de las caídas de SNR y el reentrenamiento de líneas vecinas ya habrían tenido lugar dentro de ese plazo.

El precodificador debe actualizarse tan pronto como sea posible después de, por ejemplo, un DSE. Para evitar que las otras líneas se reentrenen, la actualización de precodificador debe ser mucho más rápida que 8 segundos.

En lo que sigue, los autores de la presente invención presentan un método rápido de seguimiento de canal que solo requiere el tiempo de un pequeño número de muestras de error para realizar la estimación de canal y actualizar el precodificador en consecuencia. El tiempo para la estimación de canal es independiente del tamaño del grupo o sistema de vectorización en cuestión.

Después del DSE, el canal efectivo cambia a:

$$\bar{\mathbf{H}}_{DSE} = \mathbf{QH}_{DSE} \mathbf{P} \mathbf{G} \quad (5)$$

Se comprende que, para beneficiarse de que  $\mathbf{H}$  es conocido desde la anterior estimación de canal, con antelación al

DSE, se puede reescribir (5) de la manera siguiente:

$$\bar{\mathbf{H}}_{DSE} = \mathbf{QHPG} + \mathbf{Q}(\mathbf{H}_{DSE} - \mathbf{H})\mathbf{PG} \quad (6)$$

5 Al igual que el precodificador antes del DSE,  $\mathbf{P}$ , es óptimo para el canal antes del DSE,  $\mathbf{H}$ , el canal efectivo antes del DSE  $\bar{\mathbf{H}} = \mathbf{QHPG} \approx \bar{\mathbf{I}}$  como se muestra en (2). Entonces se puede reescribir (6) como

$$\bar{\mathbf{H}}_{DSE} \approx \bar{\mathbf{I}} + \tilde{\mathbf{H}}_{DSE} \quad (7)$$

10 donde “ $\mathbf{H}$ -tilde” =  $\tilde{\mathbf{H}}_{DSE} = \mathbf{Q}(\mathbf{H}_{DSE} - \mathbf{H})\mathbf{PG} = \mathbf{Q}[\mathbf{0} \dots \mathbf{0} \mathbf{h}_m^{DSE} - \mathbf{h}_m \mathbf{0} \dots \mathbf{0}]\mathbf{PG}$ . En la matriz de  $(\mathbf{H}_{DSE} - \mathbf{H})$ , el vector columna  $m$ -ésimo es  $\mathbf{h}_m^{DSE} - \mathbf{h}_m$  y los otros vectores columna son vectores 0.

20 Por lo tanto, siguiendo (1) con la aproximación de (7), la señal recibida de la línea  $i$  después del DSE se puede expresar como

$$y_i \approx x_i + \sum_{j=1}^N q_i (h_{im}^{DSE} - h_{im}) p_{mj} g_j x_j + n_i \quad (8)$$

25 Siguiendo (8), se comprende que se pueden aproximar las muestras de error de la línea  $i$  como

$$e_i = y_i - x_i \approx q_i (h_{im}^{DSE} - h_{im}) \sum_{j=1}^N p_{mj} g_j x_j + n_i \quad (9)$$

30 donde la suma es la señal realmente transmitida desde el DSLAM a la línea  $m$ , y  $q$  es un factor de escalamiento en el CPE para eliminar la atenuación de canal directo y el desplazamiento de fase.

Desde (9) es posible, incluso fácil, estimar los coeficientes de canal alterados, ya que  $p_{mj}$ ,  $g_j$ ,  $x_j$  son conocidos por la VCE. Incluso es posible estimar el canal a partir de una única muestra de error, lo que requeriría a lo sumo 64 ms, posiblemente más un pequeño tiempo adicional, desde que se detecta un evento desordenado. El uso de una sola muestra de error puede introducir ruido de estimación, que podría mitigarse realizando el promedio de un pequeño número de muestras de error. Este cálculo del promedio se puede usar para mejorar la precisión de la estimación de canal cuando sea necesario.

Por ejemplo, el coeficiente de canal efectivo de la línea  $j$  a la línea  $i$  en  $\tilde{\mathbf{H}}_{DSE}$  se puede estimar como

$$\hat{h}_{ij} = \frac{1}{L} \sum_{t=t_0}^{t_0+L-1} \left( \frac{e_i(t)}{\sum_{n=1}^N p_{mn} g_n x_n(t)} \right) p_{mj} g_j \quad (10)$$

40

donde  $q$  está incluido en  $\tilde{\mathbf{H}}_{DSE}$

$e_i(t)$  es la muestra de error de la línea  $i$  en el índice de símbolo de  $t$ ,

$x_n(t)$  es el símbolo transmitido  $t$ -ésimo de la línea  $n$ ,

45  $t_0$  es el índice de símbolo de comienzo de sincronización del bloque promedio, y

$L$  es el tamaño de bloque promedio para suprimir el ruido.

Entonces, el canal efectivo después del DSE,  $\bar{\mathbf{H}}_{DSE}$ , se puede estimar como

$$\hat{\bar{\mathbf{H}}}_{DSE} = \bar{\mathbf{I}} + \hat{\tilde{\mathbf{H}}}_{DSE} \quad (11)$$

50

Los coeficientes de canal efectivo estimados se pueden utilizar después para actualizar el precodificador.

Si se encuentra disponible una estimación anterior de canal, hecha antes del DSE, se puede formular una alternativa a (10) sin usar la aproximación  $\bar{\mathbf{H}} \approx \bar{\mathbf{I}}$ , de la manera siguiente:

5

$$\hat{h}_{ij} = \frac{1}{L} \sum_{t=t_0}^{t_0+L-1} \left( \frac{e_i(t) - \sum_{k=1}^N \hat{h}_{ik} x_k(t) + x_i(t)}{\sum_{n=1}^N p_{mn} g_n x_n(t)} \right) p_{mj} g_j \quad (12)$$

10 donde  $\hat{h}_{ik}$  es la anterior estimación del coeficiente de canal efectivo de la línea k a la línea i antes del DSE.

Empleando (12), el canal efectivo después del DSE,  $\hat{\mathbf{H}}_{DSE}$  se puede estimar como

$$\hat{\mathbf{H}}_{DSE} = \hat{\mathbf{H}} + \hat{\mathbf{H}}_{DSE} \quad (13)$$

15

donde H es la anterior estimación de canal de H, que es el canal antes del DSE. Debe señalarse que cuando se utiliza un resultado de una anterior estimación de canal puede ser necesario que se haya almacenado en una memoria el resultado de la anterior estimación de canal.

20

Se podría realizar una actualización de precodificador de varias maneras distintas. En principio, la matriz de precodificador puede considerarse como la inversa de la matriz de canal. Por lo tanto, todo el precodificador cambiará aunque solo cambie una columna de la matriz de canal después de un evento desordenado. Sin embargo, cuando solo cambia una columna de la matriz de canal, el cambio principal en el precodificador se encontrará en una columna, ya que la matriz de canal DSL es diagonalmente dominante, siendo los coeficientes de canal directo mucho mayores que los coeficientes de diafonía.

25

Debe señalarse que, por ejemplo, se puede actualizar parcialmente el precodificador actualizando solamente el vector columna m-ésimo de  $\mathbf{P}$ , sobre la base de los coeficientes de canal estimados. Esto no sería óptimo, pero aun así permitiría evitar el reentrenamiento de líneas como consecuencia de un evento desordenado en otra línea. Esta actualización parcial puede funcionar bien, ya que la matriz de canal DSL es diagonalmente dominante. Además, una actualización parcial de precodificador de este tipo, por ejemplo como primer paso después de un evento desordenado, podría acelerar en algunos casos la convergencia del algoritmo de actualización de precodificador. Hay varias formas de utilizar una estimación de canal para actualizar un precodificador, por ejemplo basándose en el forzamiento a cero, IMS (mínimos cuadrados medios, por sus siglas en inglés) o RIS (mínimos cuadrados recursivos).

30

35

En el ejemplo precedente se estima  $\bar{\mathbf{H}}$ . Sin embargo, también sería posible estimar  $\mathbf{QH}$ , por ejemplo, en lugar de  $\bar{\mathbf{H}}$ .

40

Una ventaja de estimar  $\bar{\mathbf{H}}$  en lugar de  $\mathbf{QH}$  es que se evita el cálculo de  $\mathbf{P}^{-1}$ . El cálculo de  $\mathbf{P}^{-1}$  puede resultar costoso en términos de complejidad computacional y, por lo tanto, de tiempo, ya que  $\mathbf{P}^{-1}$  no es una matriz diagonal. Por otra parte, el cálculo de  $\mathbf{G}^{-1}$ , que también sería necesario cuando se estima  $\mathbf{QH}$ , no resultaría problemático, ya que  $\mathbf{G}$  es una matriz diagonal.

45

Se comprende además que un evento desordenado, tal como un DSE, puede afectar de manera diferente a distintas líneas. Típicamente, las líneas que, antes del DSE, experimentan la diafonía más intensa desde la línea que ha experimentado un DSE, por ejemplo, resultan más afectadas por el DSE que otras líneas. La razón de ello es que estas líneas de "intensa diafonía" tienen un acoplamiento relativamente fuerte con la línea que ha experimentado un DSE. Las líneas más afectadas se pueden determinar, por ejemplo, desde la estimación de diafonía de canal anterior al DSE. Además, de la información histórica del sistema de gestión de red también se puede obtener una lista de las líneas más afectadas. Por ejemplo, se puede recopilar información relacionada con reentrenamientos de línea anteriormente realizados a causa de eventos DSE, con el fin de determinar qué líneas son las líneas más afectadas.

50

55

Cuando está disponible una lista de las líneas más afectadas, es posible, y puede preferirse, recopilar solamente las muestras de error de las líneas más afectadas. En ese caso, se pueden enviar peticiones de muestra de error solamente a un subconjunto predeterminado de las otras líneas del grupo vectorizado, donde el subconjunto comprende las líneas más afectadas. Por ejemplo, el subconjunto podría estar configurado para comprender las



líneas que, antes del evento desordenado, experimentaban desde la línea que ha experimentado un evento desordenado diafonía más intensa que un cierto umbral. Si se utilizan únicamente las muestras de error de las líneas más afectadas, solo se estimarán los coeficientes de canal relacionados con las líneas más afectadas. En consecuencia, se puede actualizar parcialmente el precodificador para las líneas más afectadas. El utilizar muestras de error solo de las líneas más afectadas ahorrará, por ejemplo, recursos de cálculo y de transmisión.

Algunos aspectos adicionales

En un aspecto general de la invención, se obtiene al menos una muestra de error  $e_i$  de una línea  $i$ , y se utiliza el cociente entre la muestra de error y la señal transmitida a la línea  $m$  como indicación del cambio en las propiedades de diafonía de la línea  $m$  con respecto a la línea  $i$ , para actualizar el precodificador, donde la línea  $m$  ha experimentado un evento desordenado tal como se describe, por ejemplo, en la ecuación (10) y el texto que la sigue.

La señal transmitida se puede calcular como:

$$\sum_{n=1}^N p_{mn} g_n x_n(t)$$

En una alternativa, la señal transmitida se puede aproximar y calcular como  $P_{mm} g_m x_m(t)$ , despreciando así las componentes de cancelación de diafonía de la señal transmitida.

Se puede someter el cociente a reducción de ruido, por ejemplo promediándolo con cocientes basados en muestras de error adicionales de la misma línea, por ejemplo del mismo modo que en la ecuación (10).

Las muestras de error se pueden utilizar sin ningún proceso de desacoplamiento para eliminar contribuciones al error procedentes de una línea del grupo de vectorización distinta de la línea  $m$ . Por lo tanto, se pueden emplear para actualizar el precodificador menos de  $2^{\text{NEXTPOW2}(M)}$  muestras de error para una línea  $i$ , donde  $N$  es el número de líneas del grupo de vectorización. También se pueden utilizar menos de  $N$  muestras.

De hecho, si se desea una actualización muy rápida, se puede usar tan solo una muestra, lo que hace posible actualizar el precodificador muy rápidamente. 2, 3, 4 o 5 muestras son otras alternativas que ofrecen diversas opciones de tiempo de actualización frente a caída de la SNR.

Dado que el método no requiere un gran número de muestras error, se pueden obtener las muestras necesarias, y actualizar el precodificador, en un tiempo que es lo suficientemente corto como para que no exista reentrenamiento en líneas que están sujetas a una diafonía elevada como resultado del evento desordenado.

También se pueden utilizar los métodos de la invención para el caso en que una línea se una al grupo de vectorización de forma ordenada, así como para cualquier evento (desordenado o no) en el que haya cambios en las propiedades de diafonía que atañan solamente a una línea (por ejemplo, las propiedades de diafonía entre esa línea y otras líneas, pero no entre las otras líneas).

Un aspecto adicional de la invención es que se puede adaptar un CPE de DSL para responder a una petición de muestra de error recibida en un canal ROC. Esto permite, de forma fiable, la rápida actualización del precodificador DSLAM conforme a la invención. Como alternativa, se puede adaptar un CPE para que responda enviando una muestra de error cuando detecte un cambio de signo de tono de indicador.

Además, algunas realizaciones de la invención se pueden describir de la manera siguiente:

En caso de detección de la pérdida de señal de defecto de extremo cercano, véase la cláusula 11.3.1.3/ G.993.2, se recomienda que la VTU-O desconecte su señal de transmisión lo antes posible. Otra opción es que tan pronto como se detecte pérdida de señal se soliciten muestras de error utilizando el canal eoc robusto y se utilice un mecanismo de rápida actualización de precodificador, de la manera siguiente:

Cuando se detecta un DSE u otro evento desordenado en una línea, las VTU-O de las otras líneas pueden enviar a sus VTU-R peticiones de retroalimentación de error utilizando un canal eoc robusto. Las VTU-R pueden proporcionar a la VCE, en el canal de retroalimentación de vectorización, las muestras de error solicitadas. Cuando se reciben las muestras de error, solo con la estimación de los coeficientes de canal alterados, es decir, los coeficientes de canal asociados con la línea que ha experimentado el DSE, es posible estimar el canal completo. Esto se puede realizar utilizando solamente un pequeño número de muestras de error recibidas de las VTU-R. A continuación, la VCE puede utilizar la estimación de canal actualizada, que comprende los coeficientes de canal alterados estimados y los coeficientes de canal inalterados, para actualizar el precodificador. El uso de solo un

pequeño número de muestras de error permitirá una rápida actualización de precodificador, evitando así que las otras líneas se reentrenen a causa del DSE.

#### Procedimiento ilustrativo, Figura 1

5 Se podría describir de la manera siguiente, haciendo referencia a la Figura 1, un procedimiento ilustrativo de seguimiento de canal rápido o seguimiento de canal de precodificador realizado en una VCE. Se detecta inicialmente un evento desordenado en un paso 102. El evento desordenado se puede detectar, por ejemplo, controlando un indicador, que cambia de signo cuando ocurre una variación significativa de potencia en una línea, por ejemplo encendido/apagado. Cuando se detecta en una línea m un evento desordenado en una línea, en un paso 104  
10 siguiente se obtienen muestras de error del lado CPE de las líneas, o de un subconjunto de las líneas. Las muestras de error se podrían obtener como resultado de que las VTU-O de las líneas envíen peticiones de retroalimentación de error a través de un canal ROC a sus VTU-R. Si se trata de un evento de caída de potencia, no es necesario enviar una solicitud en la línea m, por razones obvias. A continuación, las VTU-R proporcionarán a la VCE (entidad de control de vectorización), en el canal de retroalimentación de vectorización, las muestras de error solicitadas.

15 Analizando las muestras de error recibidas se podría determinar después, en un paso opcional 106, rodeado por una línea de trazos, si se requiere o no una actualización de precodificador, por ejemplo comparando las muestras de error con un umbral de error predeterminado o basándose en la información relativa al error de bit proporcionada por el informe de muestra de error. Cuando se consigue el número deseado de muestras de error, se calcula en un paso  
20 108 una estimación parcial de canal basándose en las muestras de error recibidas. La estimación parcial de canal comprende los coeficientes de canal que han cambiado como consecuencia del evento desordenado, es decir, el vector columna m de la matriz de canal. La estimación parcial de canal se emplea a continuación en un paso siguiente 110 para modificar el precodificador descendente, de manera que se evita reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado, es decir, distintas de m, a causa del DSE.

25 La actualización de precodificador podría realizarse de varias maneras distintas. Una opción consiste en generar una estimación de canal completa, por ejemplo combinando la estimación parcial del paso 108 con coeficientes "inalterados" reutilizados de una estimación completa de canal calculada antes del evento desordenado. Después se puede utilizar la estimación de canal combinada para guiar un algoritmo adaptativo de actualización de precodificador. También es posible actualizar el precodificador utilizando únicamente la estimación parcial de canal,  
30 por ejemplo actualizando solamente una columna del precodificador. Esto no sería óptimo, pero aun así puede proporcionar un resultado que evite el reentrenamiento de líneas como consecuencia de un evento desordenado en otra línea. Se podría modificar iterativamente el precodificador, por ejemplo hasta que el resultado de las modificaciones haya convergido a un nivel deseado (por ejemplo, como indica la línea de trazos interna que va desde inmediatamente después del paso 110 hasta inmediatamente antes del paso 104). Cuando se ha completado la actualización, la VCE puede esperar otros eventos (línea de trazos externa desde inmediatamente después del paso 110 hasta inmediatamente antes del paso 102).

#### Realización ilustrativa, Figura 2

40 Se describirá a continuación, haciendo referencia a la Figura 2, una disposición ilustrativa 200 en una VCE 201, adaptada para permitir la realización del procedimiento descrito más arriba. La disposición 200 puede comprender una unidad 202 de detección, que está adaptada para detectar la aparición de un evento desordenado en cualquiera de las líneas de un grupo vectorizado de líneas DSL. La disposición 200 comprende además una unidad 204 de obtención, que está adaptada para obtener muestras de error de los CPE conectados a las otras líneas, o un subconjunto de las otras líneas, de un grupo vectorizado de líneas DSL, cuando se detecta un evento desordenado en una línea m del grupo vectorizado.

50 La disposición 200 puede comprender además una unidad 206 de determinación, rodeada por una línea de trazos, que se puede adaptar para determinar si el efecto del evento desordenado en las líneas del grupo vectorizado es lo suficientemente significativo como para requerir una modificación del precodificador, por ejemplo comparando las muestras de error con un umbral de error o basándose en la información relativa al error de bit proporcionada por el informe de muestra de error. La disposición 200 comprende además una unidad 208 de estimación que está adaptada para calcular una estimación de los coeficientes de canal que han cambiado a causa del evento desordenado, y proporcionar así una estimación parcial de canal. La unidad 208 de estimación está adaptada para  
55 calcular la estimación parcial basándose en las muestras de error obtenidas. La disposición 200 comprende además una unidad 210 de adaptación de precodificador, que está adaptada para modificar un precodificador descendente, basándose al menos parcialmente en la estimación parcial de canal, de manera que se evita reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado a causa del evento desordenado.

60 Se debe señalar que la Figura 2 simplemente ilustra varias unidades funcionales de la disposición 200 en un sentido lógico. Las unidades funcionales también podrían denominarse "módulos" o "circuitos", por ejemplo, o bien ser partes de circuitos. Sin embargo, la persona experta es libre de implementar en la práctica estas funciones utilizando cualesquiera medios de *software* y/o *hardware* adecuados, por ejemplo ASIC (siglas inglesas de circuito integrado específico de aplicación), FPGA (arreglo de compuerta programable en campo) y DSP (procesador de señal digital).  
65 Así pues, en general la invención no se limita a la estructura mostrada de la disposición 200.

Configuración de simulación

Para mostrar el rendimiento de una realización de la invención, se realiza una simulación. A continuación se indica la configuración de simulación:

- 5 • Perfil de PSD: 17 a
- Sistema de vectorización de seis líneas
- Se apaga desordenadamente la línea 1
- 10 • Canal medido de un cable de 500 metros y 0,5 mm. El canal después del DSE se mide con el lado CPE de la línea 1 en circuito abierto
- Ruido de fondo: -130 dBm/Hz
- Longitud de secuencia piloto de vectorización: 8
- Factor de submuestreo de muestras de error: 2

15 Resultados de la simulación

Las Figuras 3 y 4 muestran las velocidades binarias de las otras líneas antes y después del DSE en la línea 1, con seguimiento de canal rápido utilizando, respectivamente, un tamaño de bloque de 1 y 2 muestras de error. En esta configuración de simulación, son principalmente las velocidades binarias de las líneas 2 y 6, 304, 404, las que se ven afectadas por el DSE en la línea 1. Se puede ver en la Figura 3 que el seguimiento de canal rápido puede recuperar las velocidades binarias, 306, hasta que se acercan a las velocidades binarias originales antes del DSE, 302, incluso con un tamaño de bloque de solamente 1 muestra de error, es decir, en el transcurso de aproximadamente 64 ms. En la Figura 4 se puede ver que se pueden mejorar las velocidades binarias, 406, de las otras líneas hasta casi las velocidades binarias originales, 402, con un tamaño de bloque de 2 muestras de error.

25 La Figura 5 muestra la caída de la SNR para la línea 2 después del DSE, en comparación con la SNR antes del DSE. Refleja que la SNR de la línea 2 se reduce sustancialmente después del DSE, lo que puede causar un reentrenamiento de la línea 2. La caída de la SNR de la línea 2 tiene un pico, 502, de hasta aproximadamente 20 dB en torno al índice de tono 700. En este escenario, la línea 2 puede reentrenarse, ya que el margen de SNR, que normalmente es de 6 dB, no es lo suficientemente grande como para compensar dicha reducción de la SNR.

30 Las Figuras 6 y 7 muestran la caída de la SNR de la línea 2 después del primer bloque de seguimiento de canal rápido en comparación con la SNR previa al DSE, con tamaños de bloque 1 y 2, respectivamente. Cuando el tamaño de bloque = 1 muestra de error, lo que se ilustra en la Figura 6, la caída de la SNR de la mayoría de los tonos se reduce a aproximadamente 3 - 4 dB ya después de haber recibido la primera muestra de error. Cuando el tamaño del bloque = 2, lo que se ilustra en la Figura 7, la reducción de la SNR de la mayoría de los tonos se atenúa hasta aproximadamente 1 - 2 dB después de las primeras 2 muestras de error recibidas. Esto significa que las líneas ya están protegidas frente al reentrenamiento después del primer bloque, puesto que la caída remanente de la SNR después del primer bloque está muy por debajo del margen de la SNR.

40 Tiempo necesario para la actualización de precodificador

En el escenario del peor caso, el tiempo transcurrido desde el DSE hasta que se ha recibido el número requerido de muestras de error es (tamaño de bloque) \* (período de símbolo de sincronización o período de muestra de error). El tiempo de retroalimentación de muestra de error es muy corto y, por lo tanto, podría aproximarse a cero. El tiempo requerido en el peor de los casos, con tamaño de bloque = 1, sería (tamaño de bloque) \* (período de símbolo de sincronización) = 1 \* 64 ms = 64 ms. En el caso de un tamaño de bloque = 2, el peor caso sería 2 \* 64 ms = 128 ms. Este es también, aproximadamente, el tiempo requerido para actualizar el precodificador a las nuevas condiciones de canal. Dependiendo del tamaño del bloque, el resultado del precodificador después de la primera actualización puede mejorarse aún más realizando actualizaciones de precodificador adicionales, utilizando más muestras de error.

50 En comparación, cuando se emplean métodos convencionales, el tiempo desde un DSE hasta una actualización de precodificador depende del número de líneas del grupo de vectorización. Por ejemplo, actualizar el precodificador en un sistema de vectorización que comprenda 128 líneas requeriría más de 8 segundos, como se ha mencionado más arriba.

55 Realización ilustrativa, Figura 8

La Figura 8 muestra esquemáticamente una realización de una disposición 800 en una entidad de control de vectorización, que también puede ser una forma alternativa de describir una realización de la disposición en una entidad de control de vectorización ilustrada en la Figura 2. Aquí, en la disposición 800 están comprendidas una unidad 806 de procesamiento, por ejemplo con un DSP (procesador de señal digital) y un módulo de codificación y un módulo de descodificación. La unidad 806 de procesamiento puede ser una única unidad o bien una pluralidad de unidades, para realizar diferentes pasos de procedimientos descritos en la presente memoria. La disposición 800 también comprende la unidad 802 de entrada para recibir señales, por ejemplo información acerca de las líneas de un grupo de vectorización, y la unidad 804 de salida para la señal o señales de salida, por ejemplo información de actualización de precodificador. La unidad 802 de entrada y la unidad 804 de salida pueden estar dispuestas como una sola en el *hardware* de la disposición.

Además, la disposición 800 comprende al menos un producto 808 de programa informático en forma de una memoria no volátil, por ejemplo, una EEPROM (memoria de solo lectura programable borrable eléctricamente), una memoria "flash" y una unidad de disco. El producto 808 de programa informático comprende un programa informático 810, que comprende medios de código, que cuando es ejecutado en la unidad 806 de procesamiento de la disposición 800 hace que la disposición y/o la VCE realicen los pasos del procedimiento descrito anteriormente en relación con la Figura 1.

Así pues, en las realizaciones ilustrativas descritas los medios de código del programa informático 810 de la disposición 800 comprenden un módulo 810a de detección para detectar si se ha producido un evento desordenado en una línea de un grupo vectorizado de líneas DSL. El programa informático puede comprender además un módulo 810b de obtención para obtener muestras de error de todos los CPE, o de un subconjunto de los mismos, conectados a las otras líneas del grupo vectorizado, cuando se detecta un evento desordenado en una línea m del grupo vectorizado. El programa informático puede comprender además un módulo 810c de determinación que determina si se debe o no realizar una rápida actualización de precodificador, basándose en las muestras de error obtenidas. El programa informático podría comprender además un módulo 810d de estimación que calculase una estimación de los coeficientes de canal alterados a causa del evento desordenado, sobre la base de las muestras de error obtenidas, proporcionando así una estimación parcial de canal. El programa informático podría comprender además un módulo 810e de adaptación de precodificador que modificase un precodificador descendente, basándose al menos parcialmente en la estimación parcial de canal, de manera que se evite el reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado a causa al evento desordenado. El programa informático 810 tiene forma de código de programa informático estructurado en módulos de programa informático. Los módulos 810a-e realizan esencialmente los pasos de los flujos ilustrados en la Figura 1, con el fin de emular la disposición de la VCE ilustrada en la Figura 2. Dicho de otro modo, cuando se ejecutan los distintos módulos 810a-e en la unidad 806 de procesamiento, corresponden a las unidades 202-210 de la Figura 2.

Aunque en la realización descrita en lo que antecede en relación con la Figura 8 los medios de código están implementados como módulos de programa informático que, cuando son ejecutados en la unidad de procesamiento, hacen que la disposición y/o la VCE realicen los pasos descritos más arriba en relación con las Figuras antes mencionadas, en realizaciones alternativas al menos uno de los medios de código puede implementarse, al menos parcialmente, como circuitos de *hardware*.

Algunas observaciones

Una ventaja general de la invención es que permite evitar el apagado inmediato de la señal de transmisión sobre la línea que ha experimentado un evento desordenado, y por lo tanto permite una transmisión sostenida que cumple con la recomendación VDSL2 [2]. Además, la invención permite que un precodificador se actualice tan rápido que se evitan reentrenamientos de las otras líneas. Con un tamaño de bloque de 1 muestra de error, el tiempo durante el cual otras líneas del mismo grupo de vectorización se ven afectadas significativamente por un evento desordenado en una línea se puede reducir a = 64 ms. Además, esto se logra de una manera que solo requiere cambios menores de los estándares existentes.

La invención se puede modificar fácilmente para otras aplicaciones en las que solamente se modifique un vector columna en la matriz de canal, y el cancelador de diafonía ascendente y/o el precodificador descendente sean aproximadamente óptimos antes de que cambie el canal, o bien, cuando el compensador de diafonía ascendente y/o el precodificador descendente no sean óptimos, esté disponible sin embargo el conocimiento de la anterior estimación de canal y, por lo tanto, sea posible compensar que el cancelador de diafonía y/o el precodificador descendente no sean óptimos.

Aunque se ha descrito la invención haciendo referencia a realizaciones ilustrativas específicas, la descripción solamente pretende en general ilustrar el concepto de la invención y no debe tomarse como limitante del alcance de la invención. Las distintas características de las realizaciones ilustrativas expuestas en lo que antecede se pueden combinar de diferentes maneras según las necesidades, requisitos o preferencias.

Abreviaturas

55	CPE	Equipo en dependencias de cliente
	DSE	Evento de apagado desordenado
	DSL	Línea digital de abonado
	DSLAM	Multiplexor de acceso a línea digital de abonado
	ROC	Canal de operaciones incrustado robusto
60	VCE	Entidad de control de vectorización
	VTU-O	Unidad transceptora VDSL en la unidad de red óptica
	VTU-R	Unidad transceptora VDSL de terminal remoto

Referencias

65 [1] Borrador de recomendación UIT-T G.993.5 Anulación del auto FEXT (mediante vectores) para su utilización con transceptores VDSL2

[2] Recomendación UIT-T G.993.2 Transceptores de línea digital de abonado de muy alta velocidad 2 (VDSL2) Enmienda 3

[3] Alcatel-Lucent, "G.vector Retrains due to Disorderly Leaving Event" (reentrenamientos G.vector a causa de evento de abandono desordenado), UIT-T SG15/Q4 contribución 10H-020, Huntsville, Alabama, marzo de 2010.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Un método en una entidad de control de vectorización, VCE, para gestionar eventos desordenados en un sistema de línea digital de abonado, DSL, comprendiendo el método:

5 cuando ocurre (102) un evento desordenado en una línea  $m$  de un grupo vectorizado de líneas DSL, y la transmisión en la línea  $m$ : se continua:

10 - obteniendo (104) muestras de error de equipos en dependencias de cliente, CPE, conectados a otras líneas del grupo vectorizado de líneas DSL,

**caracterizado por**

15 - calcular (108) una estimación de los coeficientes de canal alterados a causa del evento desordenado, basándose en las muestras de error, proporcionando así una estimación parcial de canal, y  
 - modificar (110) un precodificador descendente, basándose al menos parcialmente en la estimación parcial de canal, de manera que se evita reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado a causa del evento desordenado,

20 en donde la estimación parcial de canal comprende los coeficientes de canal relacionados con la línea  $m$ -ésima.

25 2. El método según la reivindicación 1, en donde se obtiene (104) al menos una muestra de error desde el CPE de al menos otra línea del grupo vectorizado.

3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde se obtienen (104) muestras de error desde los CPE conectados a un conjunto predeterminado de las otras líneas del grupo vectorizado.

30 4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde se obtienen (104) muestras de error de los CPE conectados a un subconjunto de las otras líneas, donde el subconjunto comprende las líneas que resultan más afectadas por el evento desordenado en la línea  $m$ .

35 5. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde se obtienen (104) muestras de error desde CPE conectados a todas las otras líneas del grupo vectorizado.

6. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde se obtienen (104) las muestras de error dentro de un cierto período de tiempo desde el evento desordenado.

40 7. El método según la reivindicación 6, en donde el período de tiempo desde el evento desordenado es más corto que o igual a uno de lo siguiente:

- 5 períodos de símbolo de sincronización,
- 10 períodos de símbolo de sincronización,
- 45 - 1 segundo,
- 2 segundos,
- 2,5 segundos.

50 8. El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la estimación parcial de canal comprende los coeficientes de canal de la columna  $m$ -ésima de una matriz de canal.

9. Una disposición (200) en una entidad de control de vectorización, VCE, adaptada para gestionar eventos desordenados en un sistema de línea digital de abonado, DSL, comprendiendo la disposición:

55 - una unidad (202) de detección, adaptada para detectar la aparición de un evento desordenado en una línea de un grupo vectorizado de líneas DSL,  
 - una unidad (204) de obtención, adaptada para obtener muestras de error de equipos en dependencias de cliente, CPE, conectados a otras líneas de un grupo vectorizado, cuando se detecta un evento desordenado en una línea  $m$  del grupo vectorizado,

60 **caracterizado por**

65 - una unidad (208) de estimación, adaptada para calcular una estimación de los coeficientes de canal alterados a causa del evento desordenado, basándose en las muestras de error, y proporcionar así una estimación parcial de canal, y  
 - una unidad (210) de adaptación de precodificador, adaptada para modificar un precodificador descendente,

basándose al menos parcialmente en la estimación parcial de canal, de manera que se evita reentrenamiento de las otras líneas del grupo vectorizado a causa del evento desordenado,

en donde la estimación parcial de canal comprende los coeficientes de canal relacionados con la línea  $m$ -ésima.

5 10. La disposición según la reivindicación 9, adaptada para obtener (104) al menos una muestra de error desde el CPE de al menos otra línea del grupo vectorizado.

10 11. La disposición según la reivindicación 9 o 10, adaptada además para obtener (104) muestras de error desde los CPE conectados a un conjunto predeterminado de las otras líneas del grupo vectorizado.

15 12. La disposición según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, adaptada además para obtener (104) muestras de error desde los CPE conectados a un subconjunto de las otras líneas, donde el subconjunto comprende las líneas que resultan más afectadas por el evento desordenado en la línea  $m$ .

13. La disposición según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, adaptada además para obtener (104) muestras de error de los CPE conectados a todas las otras líneas del grupo vectorizado.

20 14. La disposición según cualquiera de las reivindicaciones 9-13, adaptada además para obtener (104) las muestras de error dentro de un cierto período de tiempo desde el evento desordenado.

15. La disposición según la reivindicación 14, en donde el período de tiempo desde el evento desordenado se establece para que sea más corto que o igual a uno de lo siguiente:

- 25
- 5 períodos de símbolo de sincronización,
  - 10 períodos de símbolo de sincronización,
  - 1 segundo,
  - 2 segundos,
  - 2,5 segundos.
- 30

16. La disposición según cualquiera de las reivindicaciones 9-15, en donde la unidad de estimación está adaptada para calcular una estimación parcial de canal que comprende los coeficientes de canal de la columna  $m$ -ésima de una matriz de canal.

35 17. Un programa informático (810), que comprende medios de código legible por ordenador, que cuando es ejecutado en una o más unidades de procesamiento hace que la disposición según cualquiera de las reivindicaciones 9-16 realice el procedimiento correspondiente según una de las reivindicaciones 1-8.

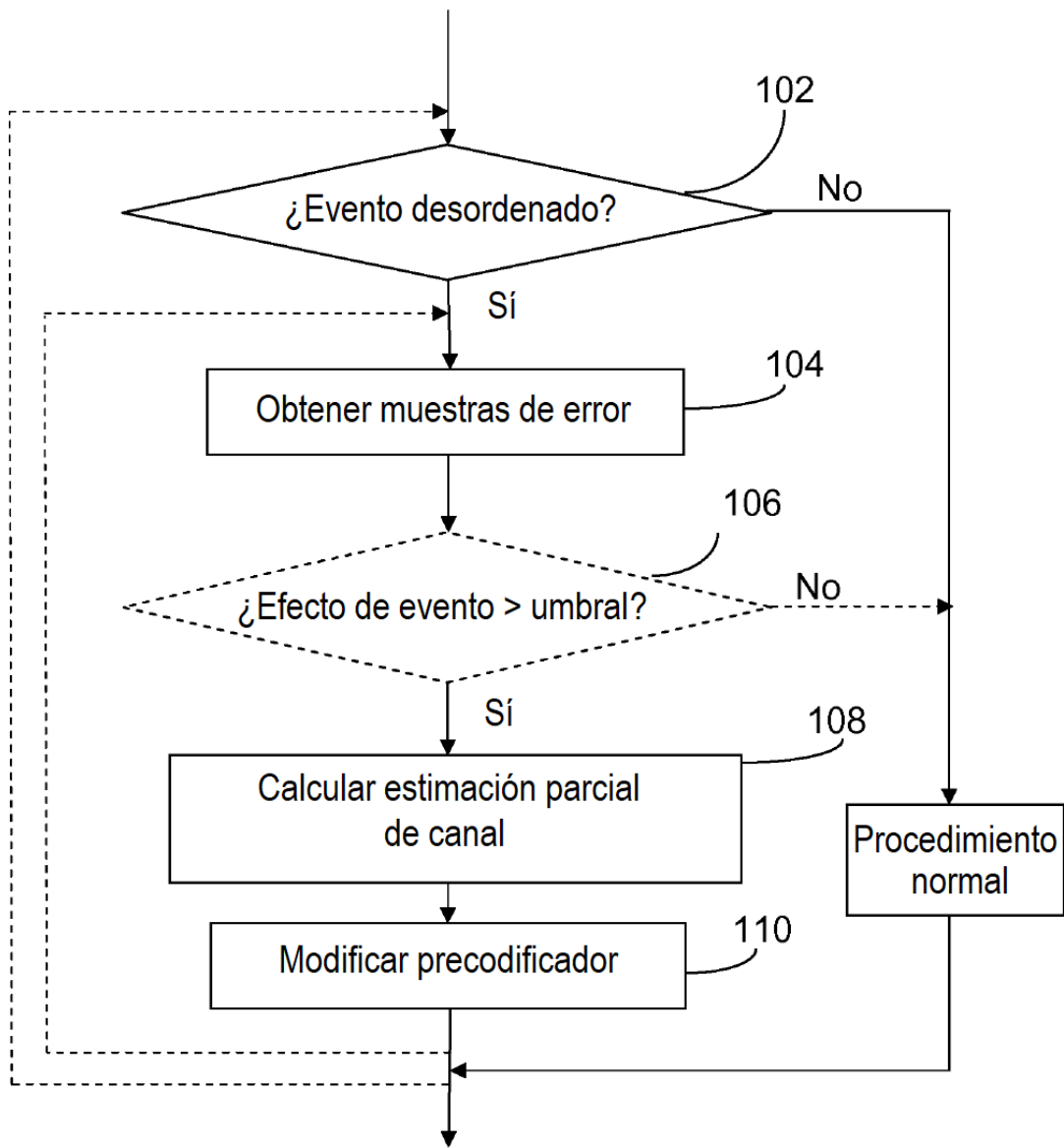


Figura 1



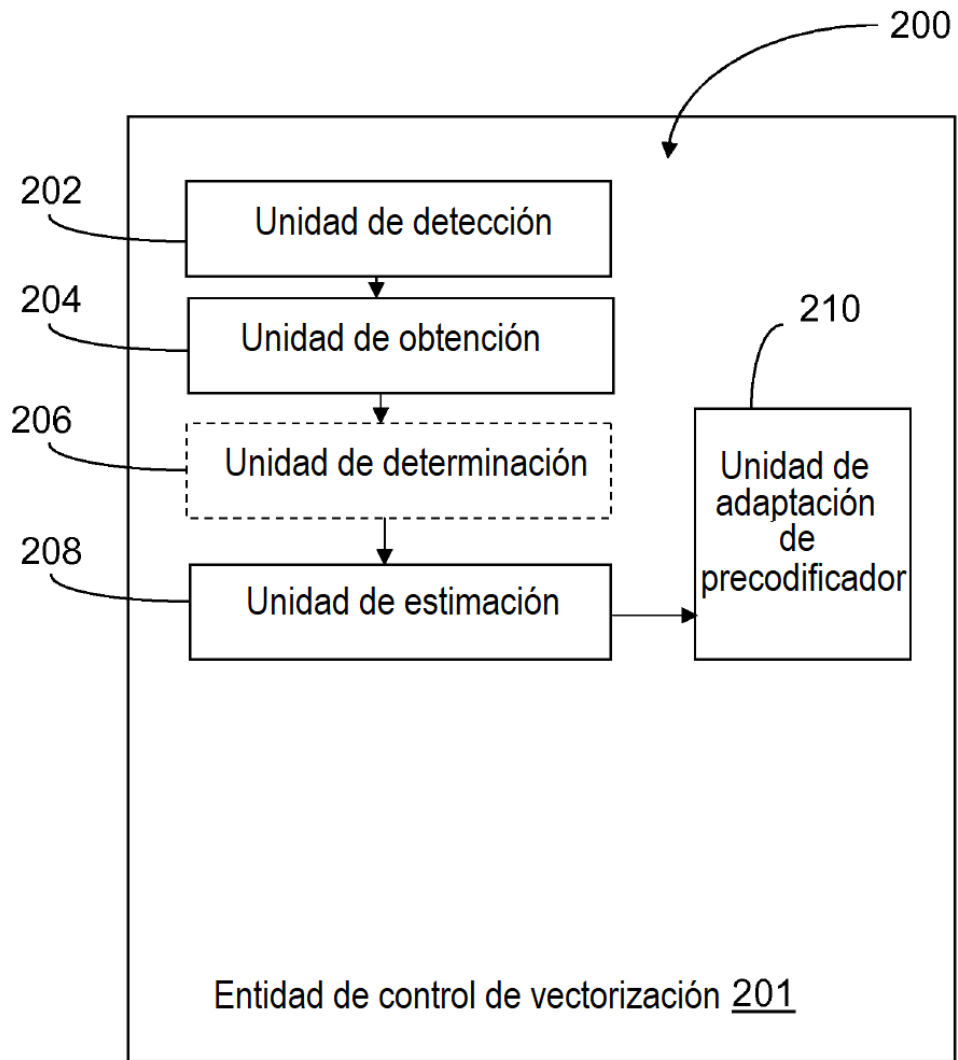
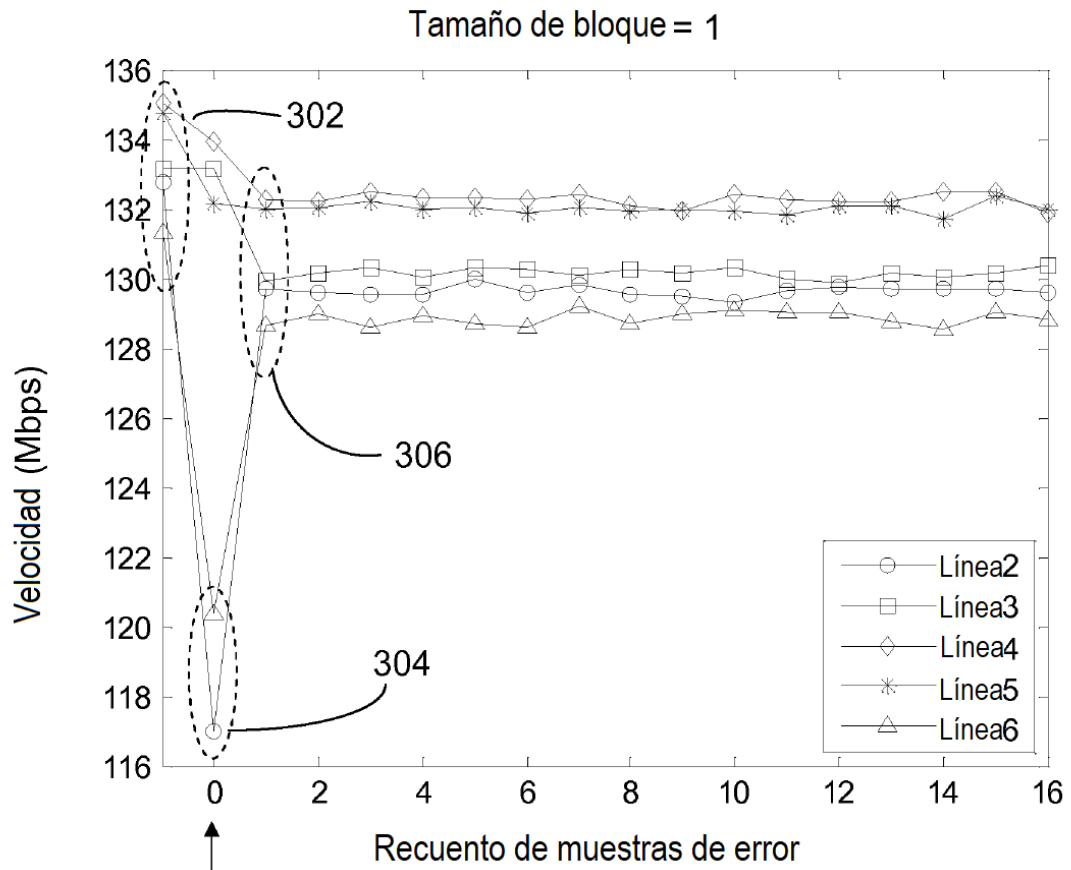
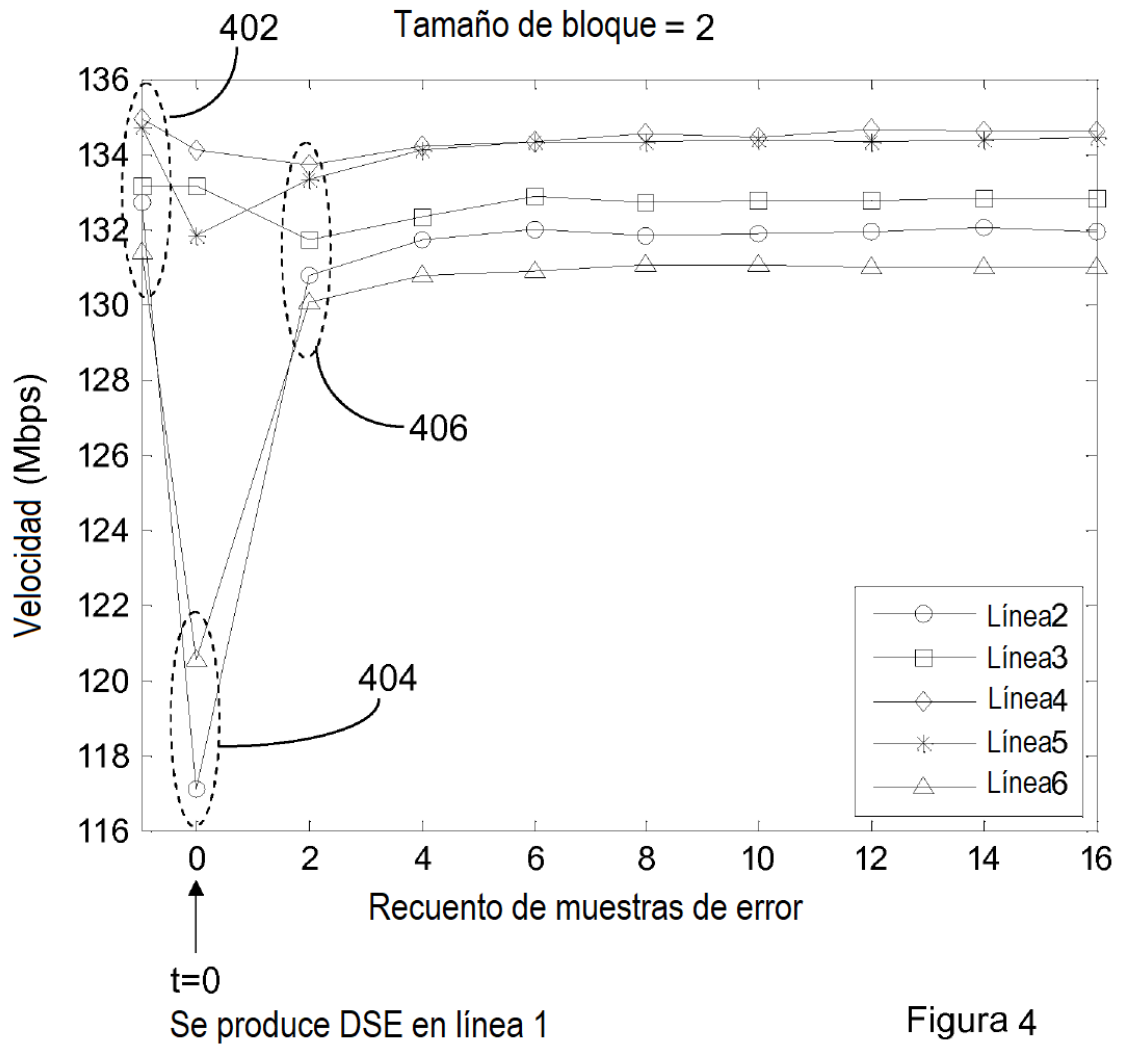


Figura 2



t=0  
Se produce DSE en línea 1

Figura 3



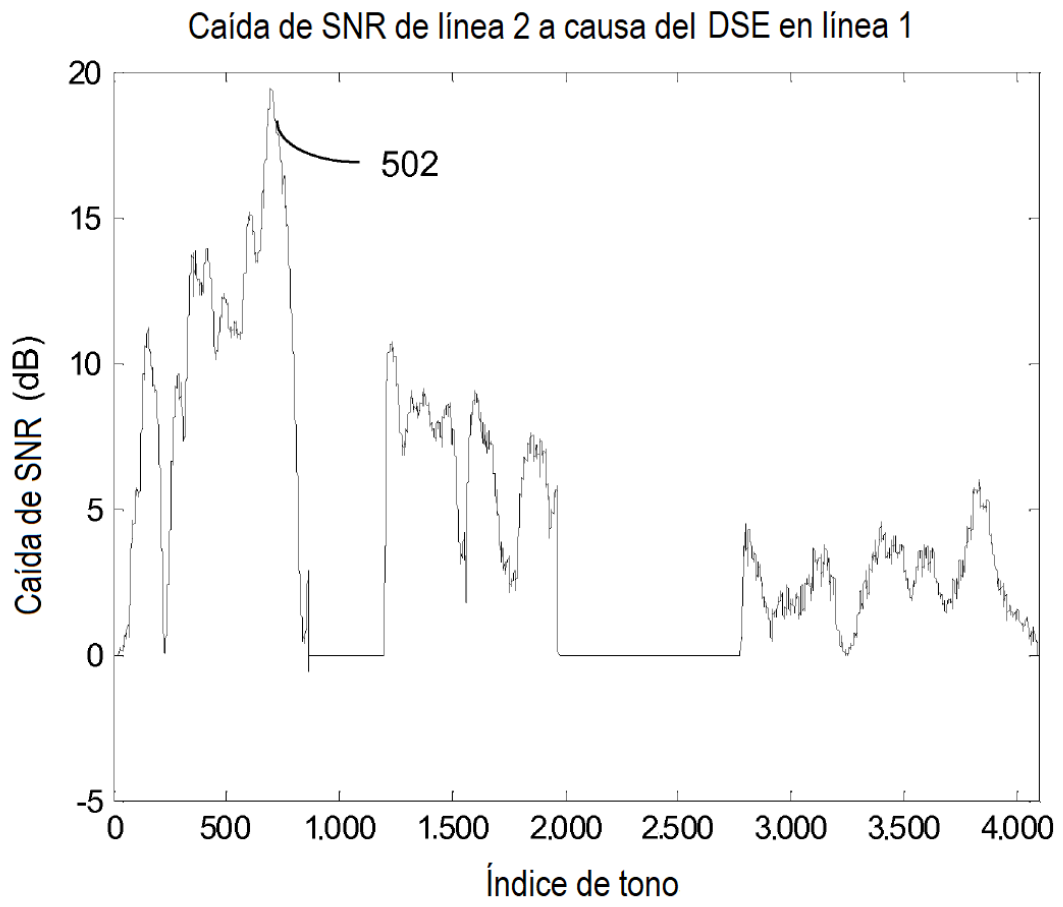


Figura 5

Caída de SNR de línea 2 después de recibida la 1ª muestra de error, tamaño de bloque = 1

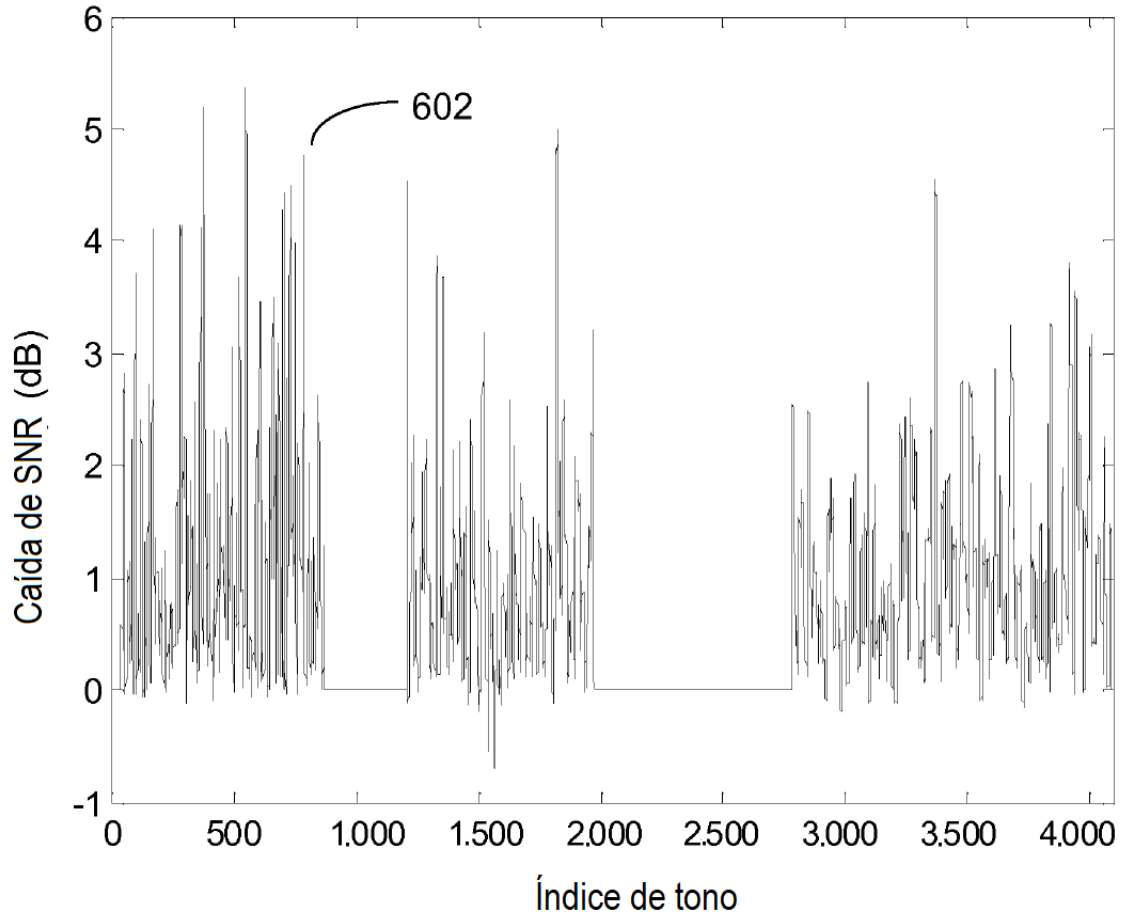


Figura 6

Caída de SNR de línea 2 después de recibidas las primeras 2 muestras de error,  
tamaño de bloque = 2

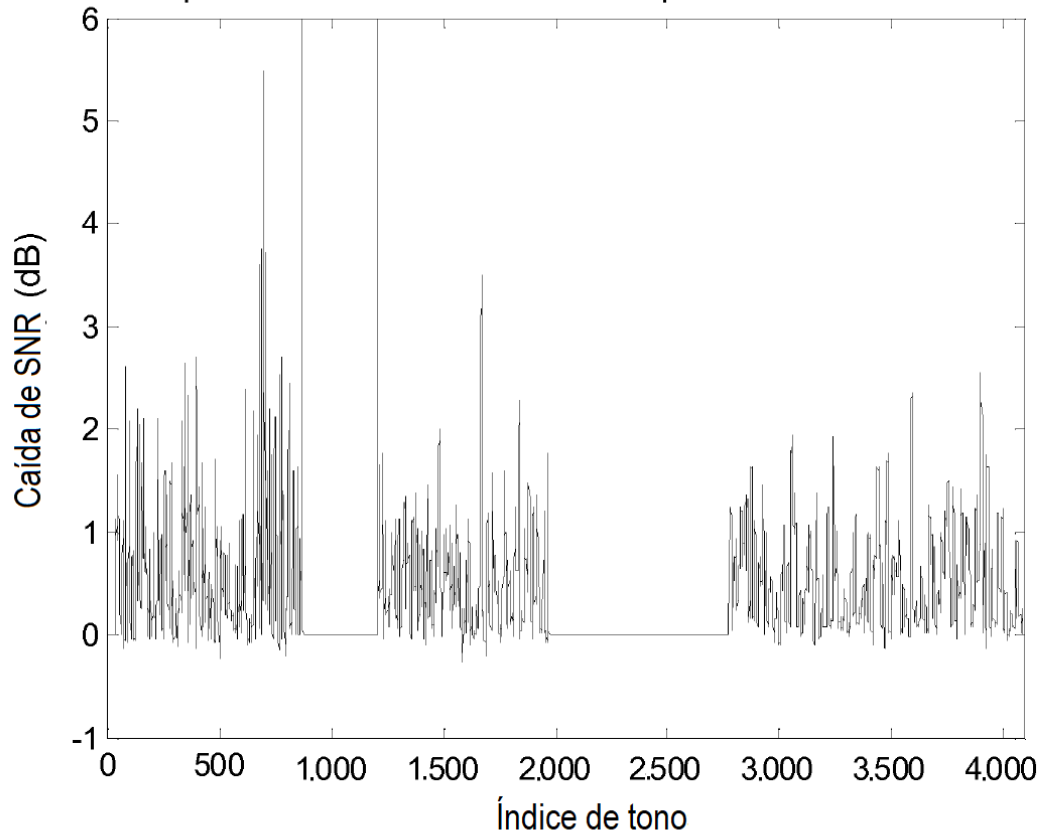


Figura 7

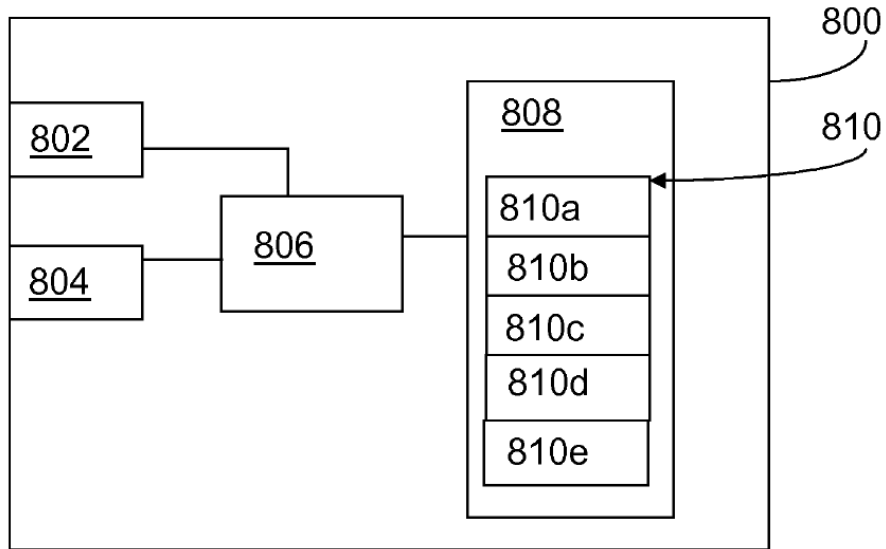


Figura 8