

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 650**

51 Int. Cl.:

H04B 3/32 (2006.01)

H04B 3/46 (2015.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.03.2014 E 14162914 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 2787653**

54 Título: **Precalificación de la vectorización antes de la implementación**

30 Prioridad:

01.04.2013 US 201313854746

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

06.03.2018

73 Titular/es:

**FLUKE CORPORATION (100.0%)
6920 Seaway Boulevard
Everett, WA 98203, US**

72 Inventor/es:

WONOH, KIM

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 657 650 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

Precalificación de la vectorización antes de la implementación

5 Antecedentes

Esta divulgación se refiere a la precalificación de la línea de abonado digital (DSL) y, más particularmente, a la estimación del efecto de implementación de la vectorización en una etapa de precalificación.

10 La DSL es una tecnología que transmite datos a través de una red telefónica local y la precalificación es un procedimiento para detectar condiciones y estimar el rendimiento de la transmisión de datos, como la velocidad de bits, en la línea.

15 El rendimiento de la DSL se ve afectado por ruido tal como la paradiafonía (NEXT), la telediafonía (FEXT), el impulso y el ruido blanco.

La vectorización es un método de transmisión que emplea la coordinación de señales de línea para proporcionar la cancelación y reducción de los niveles de FEXT y la mejora del rendimiento. Para implementar la vectorización y el acondicionamiento de la señal, es necesario implementar dispositivos adicionales en el nodo de acceso (AN) situado en una oficina central (OC). La vectorización requiere la implementación de un procesamiento de señal pesado para cancelar el ruido de FEXT.

20 Aunque la vectorización cancela la FEXT y mejora considerablemente la velocidad y alcanza el rendimiento, la vectorización no puede lograr la mejora completa cuando existen líneas o líneas no vectorizadas que forman un grupo vectorial separado.

El documento US 2012/0155618 es un método para predecir beneficios de rendimiento de línea de abonado digital (DSL) vectorizada, incluyendo el método determinar un coeficiente modelo de un modelo de relación ruido/margen a partir de datos de rendimiento medidos para un bucle de abonado de DSL. El documento US 6,819,746 describe una técnica para la calificación de bucles para nuevos servicios de DSL que implica el uso de un sistema experto tal como una red neuronal.

Sumario

35 Los aspectos de la invención están de acuerdo con las reivindicaciones independientes adjuntas.

Según la divulgación, se realiza una determinación de precalificación en una línea DSL para predecir la mejora de la velocidad de bits que podría lograrse mediante la implementación de la vectorización, ayudando de esta manera a decidir si se implementa o no la vectorización en una situación individual.

40 Por consiguiente, una ventaja de la presente divulgación consiste en proporcionar un método y aparato mejorados para predecir la mejora de la velocidad de bits que podría obtenerse implementando la vectorización.

45 Una ventaja adicional de la presente divulgación consiste en proporcionar una herramienta mejorada para ayudar con la decisión de implementar la vectorización.

Dado que la vectorización no puede funcionar completamente con la coexistencia de líneas no vectorizadas, una ventaja adicional de la divulgación consiste en emplear un modelo de referencia que incluye el efecto de la coexistencia de líneas no vectorizadas y proporciona una predicción precisa de rendimiento de DSL por el número esperado de líneas vectoriales y no vectoriales.

50 El objeto de la presente tecnología se señala particularmente y se reivindica claramente en la parte final de esta memoria descriptiva. Sin embargo, tanto la organización como el método de operación, junto con otras ventajas y realizaciones de los mismos, pueden comprenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada en relación con los dibujos adjuntos en los que los caracteres de referencia similares se refieren a elementos similares.

Breve descripción de los dibujos

60 La figura 1 y 2 son diagramas de bloques de un modelo de red para un sistema vectorizado con instrumento para precalificación;
la figura 3 es un diagrama de flujo de las etapas operacionales; y
la figura 4 es una estructura de redes neuronales difusas.

Descripción detallada

El sistema según una realización preferente de la presente divulgación comprende un instrumento de medición capaz de medir el rendimiento de red que incluye determinar el ruido global y determinar el ruido de FEXT; y un sistema que puede predecir el efecto de la cancelación de ruido de FEXT y calcular las velocidades de bits con la vectorización (ruido de FEXT cancelado) y sin vectorizar.

Haciendo referencia a la figura 1, un diagrama de bloques de un modelo de red para un sistema vectorizado con instrumento para precalificación, para implementar la DSL, el multiplexor de acceso a línea de abonado digital (DSLAM) 12 debe implementarse en un sitio de oficina central (CO) 14. Los cables 16 contienen línea(s) de cobre 18 a cada terminal remota (RT) 20 que contiene un módem de DSL 22. El instrumento de prueba comprende los componentes 24a y 24b situados en ambos sitios de CO y RT para medir tanto el ruido de NEXT en el sitio de CO como el ruido de FEXT en el sitio de RT de la línea de abonado. El instrumento de prueba se puede conectar a la PC 26 para cargar y descargar, almacenar y manipular datos.

Haciendo referencia a la figura 2, alternativamente, el instrumento de prueba 24c se puede situar solamente en el sitio de CO 14 para medir solamente la NEXT. En este caso, el ruido de FEXT se puede estimar utilizando la medición de ruido de NEXT.

Haciendo referencia a la figura 3, se describen las etapas operacionales realizadas por el instrumento, en las que la operación comienza con una primera etapa 28, en la que se mide el ruido de NEXT en el sitio de CO 14 y opcionalmente el ruido de FEXT en el sitio de RT 20. El instrumento de medición no solo mide el ruido sino que también realiza pruebas metálicas que incluyen la medición de la atenuación, el balance longitudinal de banda ancha y la detección de prolongación de línea para medir las condiciones metálicas que afectarán el rendimiento de la DSL. Los datos medidos se almacenan en el almacenamiento 30, situado bien en el instrumento de medición 24 o bien en el PC 26 (a través de un enlace externo). El ruido de FEXT se puede medir tanto en el sitio de RT 20 mediante el uso de la prueba de línea en dos extremos (DELTA) en la etapa 28 como en la figura 1 o puede estimarse en la etapa 32 como en la figura 2 a partir de la medición de ruido de NEXT en el sitio de CO 14 mediante la prueba de línea en un solo extremo (SELT). El ruido de FEXT se estima con atenuación, banda ancha longitudinal y los datos de medición de ruido de NEXT. El instrumento 24 calcula el ruido de FEXT exacto con el ruido de NEXT y las condiciones metálicas (longitud y datos de balance longitudinal de banda ancha).

A continuación, la etapa 34, como una de las matrices de rendimiento de la DSL, la velocidad de bits se calcula con atenuación, balance longitudinal de banda ancha e información de ruido. La información de ruido incluida es tanto la medición de ruido de NEXT como de FEXT (o ruido de FEXT estimado).

Después, la etapa 36, la velocidad de bits se calcula con la cancelación de ruido de FEXT del modelo de cancelación de FEXT 38 que emula la cancelación de FEXT (la vectorización). El modelo 38 emitirá ruido de FEXT cancelado, ya que es probable que la cancelación real cumplida no cancele por completo el ruido de FEXT, por lo que se proporciona un modelo de la cancelación esperada. Se utilizará el ruido de FEXT cancelado estimado en lugar del ruido de FEXT medido para estimar el efecto de la cancelación. El modelo se puede construir, por ejemplo, como se describe en la publicación *Near-End and Far-End Crosstalk Statistical Models*, COMITÉ T1 - TELECOMUNICACIONES T1E1.4/99-527, grupo de trabajo T1E1.4 (acceso de DSL), Clearwater, Florida, 6-10 de diciembre de 1999, empleando el modelo inteligente artificial en lugar del modelo matemático de la publicación. La red neuronal difusa polinomial (PFNN) se utiliza para modelar el esquema de vectores y los algoritmos genéticos (GA) se utilizan para optimizar el modelo. La PFNN es un método para diseñar un modelo no lineal basado en datos. El modelo 38 está diseñado sin conexión con ruido (NEXT y FEXT) y datos metálicos (longitud y datos longitudinales de banda ancha) e información vinculante, como el número de pares del grupo vinculante, el número de líneas vectorizadas y la coexistencia de SDSL.

La entrada del modelo 38 consiste en el ruido de NEXT, ruido de FEXT (estimado), atenuación (por longitud), balance longitudinal de banda ancha, cancelación real de FEXT mediante el dispositivo vectorizador y número de pares en grupo vinculante, número de líneas vectorizadas, y número de líneas de SDSL. El modelo proporciona una cancelación de ruido de FEXT estimada. Una vez que el modelo 38 está diseñado, proporciona la cancelación de FEXT (vectorización) en línea con el ruido y los datos metálicos medidos en las etapas 28, 32 y 34.

Y por último, el beneficio de la cancelación o vectorización del ruido de FEXT se evalúa y se informa en la etapa 40. La diferencia de la velocidad de bits con el modelo de cancelación de FEXT y sin el modelo de cancelación de FEXT consiste en el beneficio de la implementación de la vectorización.

Ecuaciones matemáticas de FEXT

En la etapa 34, el ruido de FEXT puede medirse bien en el lado de RT 20 con el instrumento 24b o bien puede estimarse. La FEXT se puede estimar como un valor atenuado de NEXT mediante la longitud del cable. Por lo tanto, la FEXT se puede representar como una función de NEXT, la frecuencia, la longitud del cable y el número de pares en una carpeta. La FEXT se puede representar utilizando una ecuación matemática de frecuencia f , la longitud d y el

número de pares en una carpeta n como ecuación (1). Utilizamos una red neuronal difusa polinomial para modelar la FEXT con precisión. La FEXT se estima con la pérdida de inserción IL, NEXT, longitud d y número de pares en una carpeta n como ecuación (2).

$$5 \quad \text{FEXT}(f) = 3 \cdot 10^{-4} (n/49)^{0.6} f^2 \quad (1)$$

$$\text{FEXT}(f) = f(\text{IL}(f,d), \text{NEXT}(f,n), d, n) \quad (2)$$

10 Donde, la pérdida de inserción IL (f, d) se puede representar en la ecuación matemática como en (3). Aquí, utilizamos un valor medido por el instrumento de prueba 24c en la figura 2.

$$\text{IL}(f) = \exp(-2 k d f^{1/2}) \quad (3)$$

15 Red neuronal difusa polinomial optimizada con algoritmo genético

El modelo de FEXT de la etapa 34 y el modelo de cancelación de FEXT de la etapa 38 se implementan utilizando una red neuronal difusa polinomial (PFNN). Cada función de membresía de la red neuronal difusa se optimiza con un algoritmo genético (GA). Con la PFNN, un modelo no lineal puede manejarse a través de datos de entrada-salida. El GA es muy efectivo en la búsqueda (optimización) cuando los espacios de funciones no son uniformes o 20 continuos, que es el caso general del modelado no lineal.

Spongamos que el modelo de referencia se puede representar en el polinomio de Ivakhnenko [1] como en la ecuación (4).

$$25 \quad y = f(x_1, x_2, \dots, x_N) = w_0 + \sum w_1 x_1 + \sum w_1 x_1^2 + \sum w_1 x_1 x_2 + \dots + \sum w_1 x_N^2 \quad (4)$$

[1] Ivakhnenko A.G., *Polynomial theory of complex systems*, IEEE Trans. Syst. Man Cybern., págs. 364-378, SMC-1, 1971. La ecuación puede representarse como la estructura de redes neuronales difusas como en la figura 4. La PFNN es una red prealimentada que calcula una función polinomial de un conjunto de entradas paralelas para 30 generar una salida.

La parte de la premisa en la figura 4 está implementada por redes neuronales difusas. El sistema de inferencia se implementa a base del modelo difuso de Takagi, Sugeno y Kang [2]. Se emplea una red neuronal polinomial en el esquema de defuzzificación para mejorar el rendimiento de salida y seleccionar reglas.

[2] Sugeno M. y Kang G.T., "Structure identification of fuzzy model", *Fuzzy Sets and Systems*, vol. 28, págs. 15-33, 35 1988.

Los nodos de entrada (neuronas) se implementan con la función de membresía difusa gaussiana dada por la ecuación (5).

$$40 \quad \mu_{A_i}(x) = \exp(-(c_i - x)^2 / (2\sigma_i^2))$$

en la que, c_i y σ_i son el centro y el ancho del i-ésimo conjunto difuso A^i , respectivamente.

Los parámetros (funciones difusas de membresía y peso de cada nodo) se optimizan utilizando el algoritmo genético (GA) con los criterios de error cuadrático medio para minimizar la diferencia entre la salida del modelo de referencia y la salida real y. A continuación se describe el pseudo código del algoritmo genético. 45

```

Procedimiento de algoritmo_genético
{
  inicializar_población
  evaluar_población
  mientras (no condición_de_terminación) hacer
  {
    seleccionar_padres_para_la_reproducción
    cruzada
    mutación
    evaluar_población
  }
}
    
```

Las descripciones detalladas y los algoritmos de la PFNN y el GA se pueden encontrar en las referencias siguientes.

[3] Kim Wonoh, "Hierarchical Control System with Statistical Process Control and Soft Computing", Propuesta de tesis doctoral, Escuela de ingeniería eléctrica e informática, Georgia Institute of Technology, 2000.

[4] Kim Wonoh y Vachtsevanos George, "Hierarchical Process Control by Combining SPC and Soft Computing Methods", la 19.ª Conferencia Internacional de la Sociedad de procesamiento de información difusa de América del Norte (NAFIPS 2000), págs. 485-489, 2000.

[5] Kim Wonoh et al., "Fuzzy Logic Ratio Control for a CVT Hydraulic Module", Actas del simposio internacional de IEEE sobre el control inteligente, págs.151-156, 2000.

[6] Kim Wonoh et al., "Autonomous Vehicles, From Flight Control to Mission Planning using Fuzzy Logic Techniques", 13.^a Conferencia Internacional en Procedimientos de procesamiento de señales digitales (DSP 97), vol. 2, págs. 977-981, 1997.

Modelo de cancelación de FEXT

10 La vectorización puede mejorar considerablemente el rendimiento de la DSL al eliminar la FEXT dentro de un grupo vectorizado (auto-FEXT). Sin embargo, en la realidad puede haber presencia simultánea de líneas vectorizadas y no vectorizadas y también múltiples grupos de vectores a medida que el equipo DSL existente es reemplazado por la DSL vectorizada. La diafonía de líneas no vectorizadas o de líneas pertenecientes a otros grupos vectorizados dentro del mismo cable o carpeta (FEXT alienígena) no siempre se puede eliminar dentro de un grupo vectorizado y degradará el rendimiento de vectorización.

15 El modelo de cancelación de FEXT sugerido en la etapa 38 de la figura 3 está diseñado con la información de los pares que se implementarán con vectorización. El modelo también incluye la existencia de pares especiales de HDSL (o T1), que también ocurre frecuentemente en el cuadro cruzado.

20 El modelo de cancelación de FEXT está diseñado con la PFNN descrita anteriormente. El modelo PFNN es un modelo basado en los datos, no un modelo matemático y puede modelar fácilmente un sistema complicado. El modelo incluye no solamente información de ruido (NEXT, FEXT) e información metálica (atenuación y balance longitudinal de banda ancha) sino también información sobre el número de pares en el grupo vinculante n , número de líneas vectorizadas m (el número de líneas no vectorizadas será $n-m$), coexistencia de SDSL (DSL simétrica que incluye T1 y HDSL) p y plan de banda (perfiles) para obtener una estimación precisa del efecto de vectorización.

30 Por consiguiente, se proporciona un método para diseñar un modelo de referencia de efecto vectorizador, utilizando un método de inteligencia artificial tal como la lógica difusa, redes neuronales y algoritmo genético, pero no solo limitado en el método que utiliza la inteligencia artificial sino en cualquier realización del modelo basado en los datos para calcular el rendimiento de la vectorización.

También se aloja la coexistencia de pares vectorizados y no vectorizados en el grupo vinculante y la coexistencia de líneas especiales tales como la DSL simétrica que incluye las líneas HDSL y T1.

35 Según la divulgación, se puede hacer una determinación en cuanto a qué mejora en la velocidad de datos se puede lograr con la implementación de la vectorización.

40 Aunque se ha mostrado y descrito una realización preferente de la tecnología, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar muchos cambios y modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para la precalificación de vectorización antes de la implementación, que comprende:
 - 5 un aparato de medición de ruido (24c) para medir el ruido global sobre una línea DSL y proporcionar un valor de ruido de FEXT estimado, en donde el valor de ruido de FEXT es un valor estimado sobre la base del ruido de NEXT atenuado por la longitud de la línea DSL; y
 - una calculadora para determinar las velocidades de bits con el ruido global y las velocidades de bits con el ruido global menos el ruido de FEXT,
 - 10 en donde la calculadora comprende además un modelo de cancelación de FEXT y el aparato está configurado para utilizar el valor de ruido de FEXT estimado en lugar de un valor de ruido de FEXT medido para estimar el efecto de cancelación.
2. El aparato según la reivindicación 1, en el que dicha calculadora emplea una realización de un modelo basado en
15 datos para calcular el rendimiento de la vectorización.
3. El aparato según la reivindicación 2, en el que dicha calculadora integra la coexistencia de pares vectorizados y no vectorizados en un grupo vinculante y la coexistencia de líneas especiales que comprenden T1, HDSL u otras líneas DSL simétricas.
20
4. El aparato según la reivindicación 1, en el que la calculadora que determina las velocidades de bits con el ruido global menos el ruido de FEXT emplea un modelo de cancelación de ruido de FEXT.
5. El aparato según la reivindicación 2, en el que dicho modelo basado en datos comprende al menos uno de un
25 modelo de lógica difusa y un modelo de redes neuronales.
6. Un método para la precalificación de la vectorización antes de la implementación, que comprende:
 - medir el ruido global sobre una línea DSL (16);
 - 30 proporcionar un valor estimado de ruido de FEXT sobre la línea DSL (16) utilizando un modelo que representa la cancelación de ruido de FEXT, en donde el valor de ruido de FEXT es un valor estimado sobre la base del ruido de NEXT atenuado por la longitud de línea DSL;
 - sustraer el ruido de FEXT del ruido global;
 - determinar velocidades de bits con el ruido global; y
 - 35 determinar una velocidad de bits con ruido global menos el ruido de FEXT, en donde el valor de ruido de FEXT estimado se utiliza en lugar de un valor de ruido de FEXT medido para estimar el efecto de la cancelación.
7. El método según la reivindicación 6, en el que dicha determinación emplea una realización de un modelo basado
40 en datos para calcular el rendimiento de vectorización.
8. El método según la reivindicación 7, en el que dicha determinación integra la coexistencia de pares vectorizados y no vectorizados en un grupo vinculante y la coexistencia de líneas especiales que comprenden T1, HDSL u otras líneas DSL simétricas.
45
9. El método según la reivindicación 6, en el que al menos uno de:
 - el método comprende además determinar una velocidad de bits con el ruido global;
 - el método comprende además visualizar la velocidad de bits determinada.
- 50 10. El método según la reivindicación 6, en el que dicha determinación de las velocidades binarias con el ruido global menos el ruido de FEXT comprende emplear un modelo que representa la cancelación de ruido de FEXT.
11. El método según la reivindicación 7, en el que dicho modelo basado en datos comprende al menos uno de un
55 modelo de lógica difusa y un modelo de redes neuronales.
12. Un sistema de precalificación de vectorización antes de la implementación en una línea DSL (16), que comprende:
 - una interfaz para una conexión a la línea DSL (16); y
 - 60 un aparato según la reivindicación 1.
13. El sistema según la reivindicación 12, en el que un procesador del aparato emplea una realización de un modelo basado en datos para calcular el rendimiento de la vectorización.
- 65 14. El sistema según la reivindicación 13, en el que dicho procesador integra la coexistencia de pares vectorizados y no vectorizados en un grupo vinculante y la coexistencia de líneas especiales que comprenden T1, HDSL u otras

líneas DSL simétricas.

15. El sistema según la reivindicación 12, en el que la calculadora que determina las velocidades de bits con el ruido global menos el ruido de FEXT emplea un modelo de cancelación de ruido de FEXT para la determinación.

5 16. El sistema según la reivindicación 13, en el que dicho modelo basado en datos comprende al menos uno de un modelo de lógica difusa y un modelo de redes neuronales.

FIG. 1

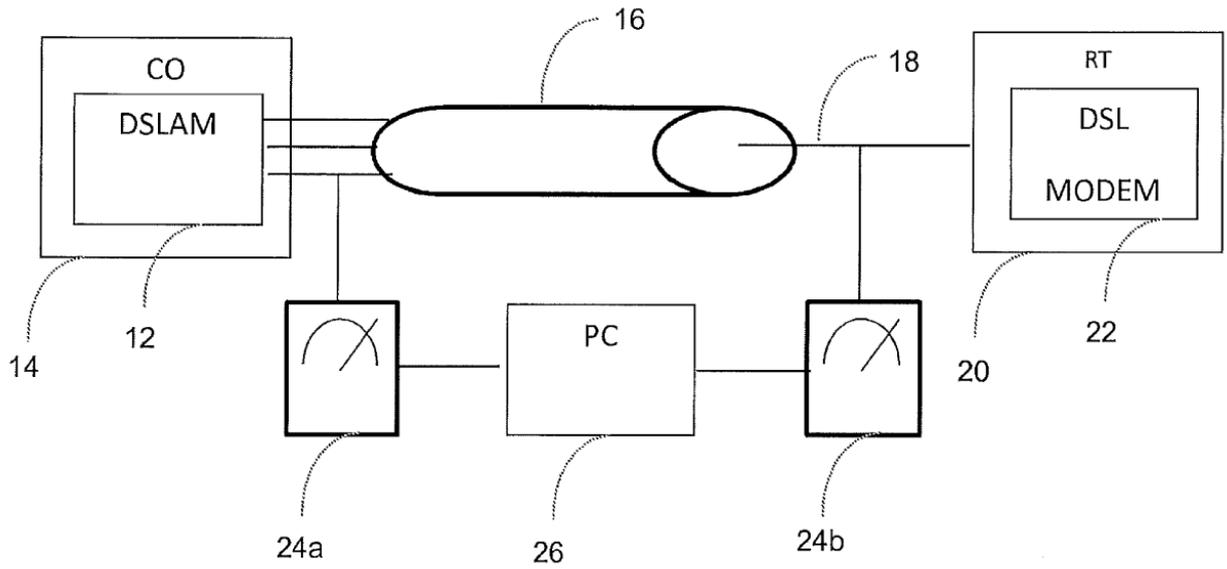


FIG. 2

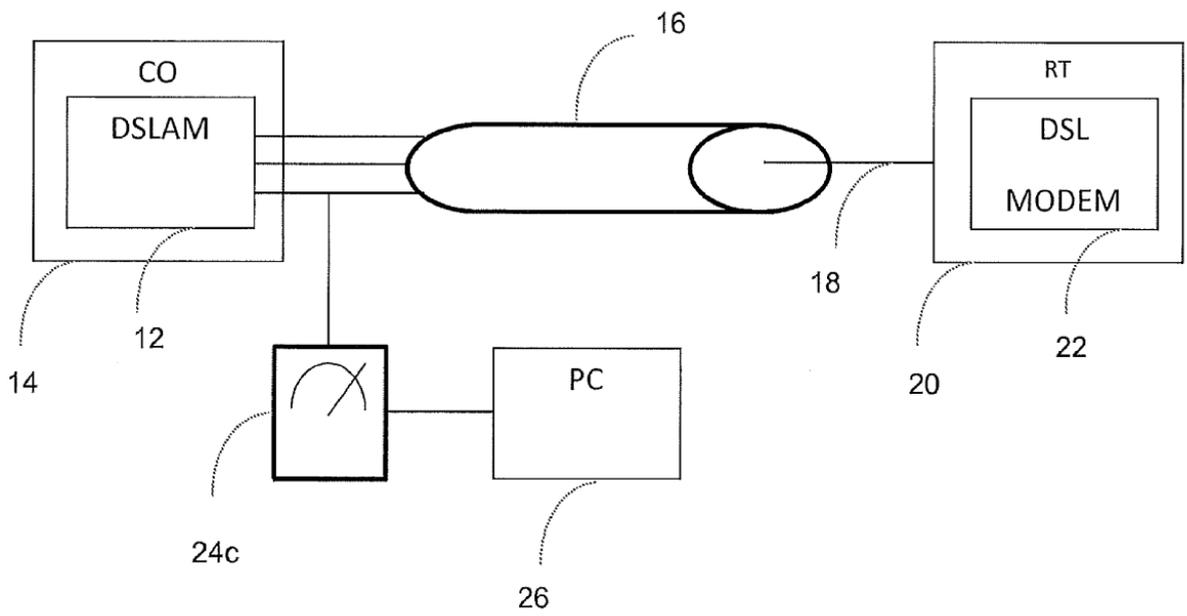


FIG. 3

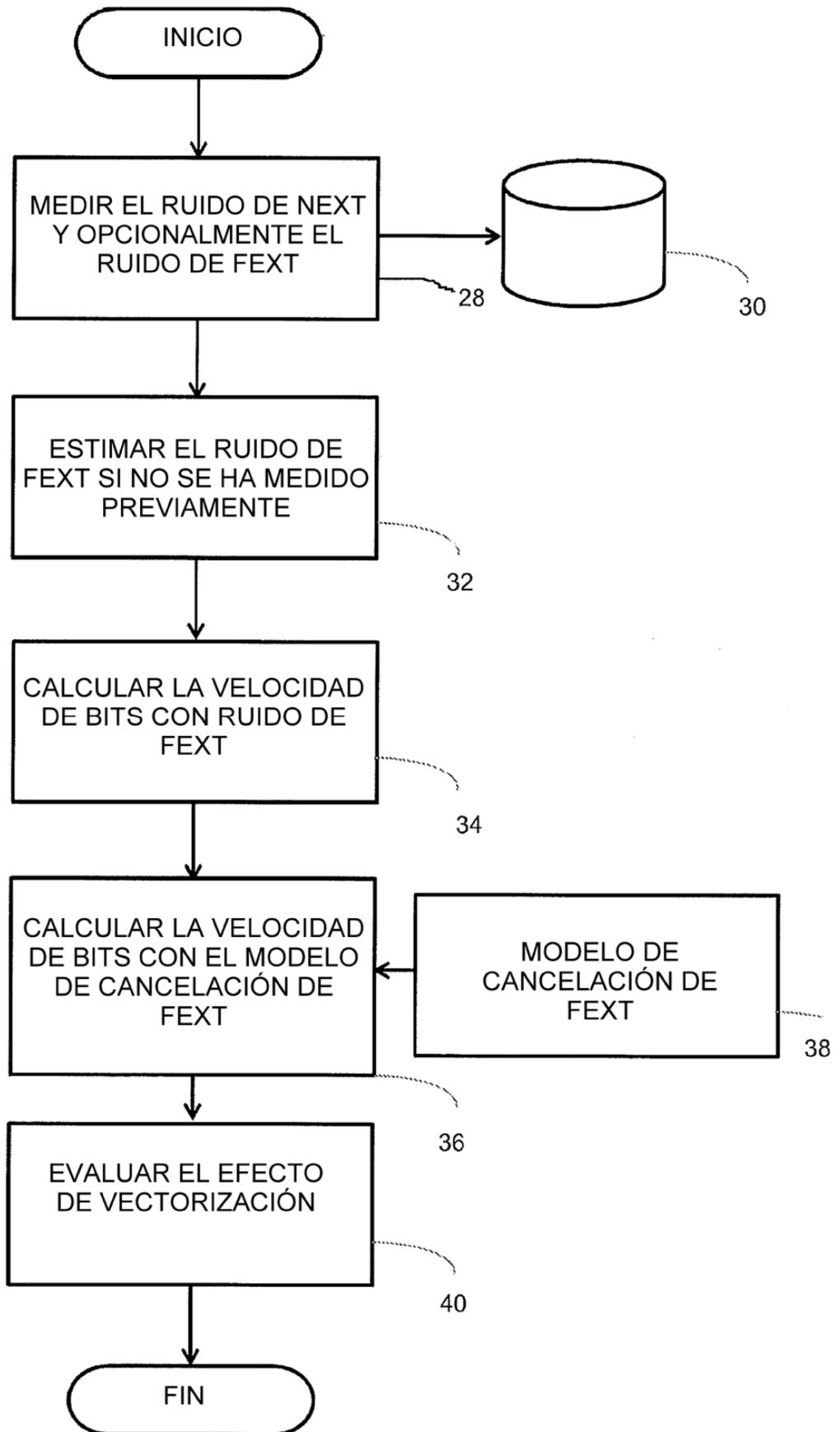


FIG. 4

