(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 407 155**

(51) Int. CI.:

H04B 3/46 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.01.2001 E 06013787 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2013 EP 1734661**

(54) Título: **Sistemas y métodos para la determinación de la longitud del bucle y la longitud de tomas puenteadas de una línea de transmisión**

(30) Prioridad:

07.01.2000 US 174866
10.08.2000 US 224308

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2013

(73) Titular/es:

AWARE, INC. (100.0%)
40 MIDDLESEX TURNPIKE
BEDFORD, MA 01730-1432, US

(72) Inventor/es:

BELGE, MURAT

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

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

Sistemas y métodos para la determinación de la longitud del bucle y la longitud de tomas puenteadas de una línea de transmisión

Esta invención se refiere a la determinación de las características de una línea de transmisión. En particular, esta invención se refiere a un sistema de estimación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada, a un método para determinar una longitud de bucle y al menos una longitud de toma puenteada para una línea de transmisión, y a unos medios de memorización de información que comprenden la respectiva información.

La recogida y el intercambio de información de diagnóstico y de pruebas entre transceptores en un entorno de telecomunicaciones son una parte importante de un despliegue de telecomunicaciones, tal como una ADSL (Línea de Abonado Digital Asimétrica). En el caso en que la conexión del transceptor no se realice en la forma prevista, a modo de ejemplo cuando la velocidad de los datos es baja, cuando hay muchos errores binarios o similares, es necesario recoger información de diagnóstico y de prueba del transceptor remoto. Esto se realiza enviando un técnico al lugar remoto, por ejemplo una visita de una furgoneta de reparación, lo que consume tiempo y es caro.

En la tecnología DSL, las comunicaciones sobre un bucle local de abonado entre una oficina central y el establecimiento de un abonado se realizan modulando los datos a transmitir en una multiplicidad de portadoras de frecuencia discretas que se suman entre sí y se transmiten a continuación sobre el bucle de abonado. Individualmente, las portadoras de subcanales de comunicación discretos que no se solapan son de ancho de banda limitado. Colectivamente, las portadoras forman lo que es efectivamente un canal de comunicaciones de banda ancha. En el extremo receptor se desmodulan las portadoras y se recuperan los datos.

Los sistemas DSL experimentan perturbaciones procedentes de otros servicios de datos y líneas telefónicas adyacentes, tal como, por ejemplo, ADSL, HDSL (High bit rate Digital Subscriber Line - Línea de abonado digital de alta velocidad binaria), ISDN (Integrated Services Digital Network - Red digital de servicios integrados), T1 (línea arrendada o dedicada) o similar.

Estas perturbaciones pueden comenzar después de que el servicio ADSL objeto se haya iniciado ya y, dado que la DSL para el acceso a Internet se considera un servicio de funcionamiento permanente, el efecto de estas perturbaciones debe ser mejorado por el transceptor de ADSL objeto.

La identificación, medición y caracterización de la condición de una línea de transmisión es un elemento clave de un despliegue de ADSL. En el caso en que la conexión del transceptor no se realice como se espera, por ejemplo porque la velocidad de datos sea baja, haya muchos errores binarios, no sea posible un enlace de datos o similar, es importante ser capaz de identificar la longitud de bucle y la existencia, localización y longitud de cualquier toma puenteada sin tener que enviar a un técnico al lugar de un módem remoto para realizar pruebas de diagnóstico.

El artículo "The Modelling Aspect of Transmission Line Networks" de Patrick Boets et. al., Proceedings of the Instrumentation and Measurement Technology Conference, US, Nueva York, IDEE, 12 de mayo de 1992, páginas 137 a 141, ISBN: 0-7803-0640-6, da a conocer un sistema de reconocimiento de fallos para redes de líneas de transmisión. Se forma un reflectograma sintético en el dominio de frecuencia utilizando modelos que describen la atenuación y dispersión de un impulso que se propaga en una línea de transmisión uniforme. Este reflectograma sintético se compara con un reflectograma grabado digital en el dominio temporal, de modo que puede reconocerse la primera reflexión provocada por un fallo. Puede medirse el retraso entre el fallo ubicado previamente y el reflectómetro. Este retraso se convierte en una distancia con la ayuda de la velocidad de propagación para proporcionar a un operador información sobre la sección de la red en la que puede estar el fallo.

El documento US 5.864.602 A da a conocer un método para calificar una línea telefónica para servicio de transmisión digital. La capacitancia mutua de ‘punta a anillo’ del par de hilos de conexión se mide mientras se aplica al par de hilos de conexión una señal de prueba de corriente alterna a 600 Hz. La señal de prueba, a esta frecuencia, minimiza los errores debidos a la inductancia de línea y/o un dispositivo de llamada telefónica conectado al par de hilos de conexión. En particular, la longitud se estima a partir de una capacitancia medida. Además, las capacitancias se estiman a partir de la longitud estimada, que se comparan con las capacitancias medidas. De este modo, se pueden detectar los defectos funcionales en las cubiertas de los cables.

El documento US 5.128.619 A da a conocer un método y un sistema para determinar automáticamente la longitud, la atenuación, la impedancia y la existencia de tomas puente en cables de comunicación instalados. Se utiliza también un reflectómetro. Se analiza una forma de onda que incluye impulsos incidentes y reflejados para determinar la

presencia de impulsos significativos. La presencia de más de un impulso significativo positivo o de un impulso negativo indica la presencia de al menos un fallo en el cable.

Es objeto de la presente invención proporcionar un sistema, un método y medios de almacenamiento de información para determinar una longitud de bucle y al menos una longitud de toma puenteada para una línea de transmisión, en donde sea posible una determinación simple y efectiva.

El objeto anterior se consigue con un sistema de estimación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada según la reivindicación 1, un método según la reivindicación 5 o unos medios de almacenamiento de información según la reivindicación 10. Realizaciones preferidas son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

Esta invención da a conocer un sistema y un método para estimar la longitud de bucle, el número de tomas puenteadas y su longitud en una línea de transmisión a partir de datos de módem fácilmente disponibles. La longitud de bucle, el número de tomas puenteadas y su longitud pueden estimarse comparando una respuesta de impulso de canal de dominio de frecuencia medida de la línea de transmisión con un modelo de una línea de transmisión que se compone de múltiples secciones y múltiples tomas puenteadas. La información de diagnóstico y de prueba que describe la condición de la línea puede ser intercambiada a continuación, a modo de ejemplo, por dos transceptores durante un modo de enlace de diagnóstico.

Estas y otras características y ventajas de esta invención se especifican en la siguiente descripción detallada de las realizaciones o son evidentes a partir de ella.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describirán en detalle las realizaciones de la invención con referencia a las siguientes figuras, en las que:

La figura 1 ilustra un bucle a modo de ejemplo de secciones múltiples con múltiples tomas puenteadas;

La figura 2 ilustra un gráfico de la señal de reverberación recibida medida y del modelo teórico para datos flujo abajo;

La figura 3 ilustra un gráfico de la señal de reverberación recibida medida y del modelo teórico para datos flujo arriba;

La figura 4 es un diagrama de bloques funcionales que ilustra un sistema, a modo de ejemplo, de estimación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada según esta invención;

La figura 5 es un diagrama de flujo que resume un método general, a modo de ejemplo, para determinar la longitud de bucle y las longitudes de tomas puenteadas según esta invención;

La figura 6 es un diagrama de flujo que resume un método, a modo de ejemplo, para estimar la longitud de bucle y la longitud de toma puenteada en la dirección flujo arriba según esta invención; y

La figura 7 es un diagrama de flujo que resume un método, a modo de ejemplo, para estimar la longitud de bucle y la longitud de toma puenteada en la dirección flujo abajo según esta invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

Se describirán las realizaciones, a modo de ejemplo, de esta invención en relación con la aplicación de la misma a un entorno de transceptor de ADSL. Sin embargo, deberá apreciarse que, en general, los sistemas y métodos de esta invención funcionarán igual de bien para cualquier bucle de secciones múltiples con una o más tomas puenteadas.

Por ejemplo, durante la inicialización del módem ADSL, la respuesta de impulso del canal de dominio de frecuencia del bucle de abonado se mide en un conjunto de valores de frecuencia discretos. Los valores de frecuencia medidos se designan como $H_m(f_i)$ y $f_i = i\,\Delta f$, para i = 0, 1,…,k-1, donde Δf es el espaciamiento de frecuencia entre muestras adyacentes.

La figura 1 ilustra un modelo, a modo de ejemplo, de un bucle con N secciones y M tomas puenteadas. El modelo de dominio de frecuencia para la respuesta de impulso de canal para el bucle de la figura 1 puede escribirse como H(x, f), donde f es la frecuencia y el vector x contiene las longitudes (d_i) de las N secciones del bucle y las longitudes (b_i) de las M tomas puenteadas:

$$x = \left[d_1, d_2 ..., d_N, b_1, b_2 ..., b_M\right]$$

Suponiendo que se conocen el número de secciones del bucle de abonado de secciones múltiples, N, y el número de tomas puenteadas, M, puede determinarse una estimación del vector x paramétrico óptimo que se aproxima mejor a la respuesta $H_m(f_i)$ de impulso de canal medida, dado el modelo H(x, f). Puede estimarse el conjunto x* de vectores paramétricos óptimos minimizando la norma de la diferencia entre la respuesta de frecuencia medida y la del modelo, a los valores de frecuencia discretos $f_i = i\,\Delta f$, para i = 0, 1,…,k-1. Esta minimización puede realizarse utilizando la expresión:

$$x^* = \min_x \sum_{i=0}^{k-1} \left\| H_m(f_i) - H(x, f_i) \right\|_2^2$$

Si no se conoce el número de tomas puenteadas en el bucle, adoptando un gran número de tomas puenteadas en la respuesta de frecuencia del modelo y suponiendo que la minimización convergirá en una solución con el número correcto de tomas puenteadas con longitud no cero, las tomas puenteadas restantes tendrán longitud cero.

El modelo de dominio de frecuencia H(x, f) puede incorporar también el efecto de, por ejemplo, una línea de transmisión imperfectamente adaptada, incluyendo los efectos de las impedancias de carga y de fuente.

Más en particular, los algoritmos de caracterización del bucle emplean un enfoque basado en modelos para estimar la longitud del bucle y las longitudes de hasta dos tomas puenteadas. Un algoritmo de caracterización de canal compara la respuesta de impulso de canal medida con la repuesta de impulso de canal de un modelo de bucle, que consiste en un hilo de calibre único y que contiene hasta dos tomas puenteadas. Sin embargo, debe apreciarse que el modelo básico puede ser extendido para incluir hilos de múltiples calibres y múltiples tomas puenteadas. La longitud de bucle y las longitudes de las tomas puenteadas son los parámetros de la respuesta teórica de impulso de canal. El sistema modifica los parámetros del modelo teórico y evalúa la diferencia entre la respuesta de impulso de canal medida y la respuesta teórica de impulso de canal. La longitud de bucle/longitudes de toma puenteada que minimiza la función de error se declara, entonces, como los valores estimados. Se declara la presencia de una toma puenteada si su longitud es mayor que una longitud predeterminada, tal como cien pies (aproximadamente treinta metros). Este umbral para la detección de tomas puenteadas se estableció experimentalmente. Se determinó que para la mayoría de los bucles hay una posibilidad de que se detecte una toma puenteada fantasma con una longitud pequeña debido a las imprecisiones de modelización y al ruido en el sistema de medición. Dado que las longitudes de estas tomas puenteadas fantasma estaban casi siempre por debajo de 100 pies (aproximadamente 30 m), se estableció el umbral ejemplar en 100 pies (aproximadamente 30 m). Sin embargo, en general, puede alterarse el umbral dependiendo del entorno operativo particular y de la complejidad del modelo.

Hay dos algoritmos independientes que realizan la caracterización del bucle para datos flujo abajo (DS) y datos flujo arriba (US). A modo de ejemplo, durante la inicialización del módem, el software de recogida de datos recoge la señal de reverberación promediando K tramas consecutivas, donde $K \geq 64$. Sin embargo, debe apreciarse que cuanta más promediación se realice, menos incorrecta será la medición. Sin embargo, dado que hay un número prescrito de tramas en la composición de un módem estándar, en el que se transmite la señal de reverberación, el número, a modo de ejemplo, de promedios se estableció en 64. La señal de reverberación recibida obtenida de esta forma es una estimación de la respuesta de impulso del canal completo, incluyendo las respuestas de extremo frontal de los módems de transmisión y recepción. La señal de reverberación recibida en el dominio de frecuencia se obtiene de acuerdo con:

$$Rx(f) = \frac{1}{K} \sum_{k=1}^{K} FFT_N(rx(n)) \qquad (1)$$

donde f es una variable ficticia que indica la frecuencia y rx(n), para n = 1,…, N, son las muestras de la señal de reverberación recibida en el dominio de tiempo dentro de una trama, siendo N el número de muestras contenidas en una sola trama. La ecuación 1 puede contener un ligero uso abusivo de notación debido a que, en realidad, la variable de frecuencia f no es continua, sino discreta, y por esta razón la respuesta de impulso de canal está disponible en un conjunto de frecuencias discretas denominadas tonos que son múltiplos de Δf = 4312,5 Hz:

$f_i = i\,\Delta f, i = 1\ldots, N/2$ (2)

La señal de reverberación se transmite a través de una parte del espectro de ADSL completo. Por ejemplo, la señal de reverberación está disponible en 224 (96 en G.Lite) tonos de $f_{32}=32\Delta f$ a $f_{255}=255\Delta f$ en el canal flujo abajo y en 26 tonos de $f_6=6\Delta f$ a $f_{31}=31\Delta f$ en el canal flujo arriba. La señal de reverberación flujo abajo se recoge en el equipo del establecimiento del cliente (CPE) y la señal de reverberación flujo arriba se recoge en la oficina central (CO). Aunque no hay diferencia en el proceso de recogida de datos para la señal de reverberación flujo arriba o flujo abajo, las características de estos dos conjuntos de datos son bastante diferentes. Específicamente, los datos de reverberación flujo abajo contienen significativamente más información. Además, hay más muestras de la señal de reverberación de dominio de frecuencia disponible en la dirección flujo abajo y estas muestran cubren un extenso intervalo en el dominio de frecuencia donde pueden detectarse fácilmente los efectos de las tomas puenteadas en la respuesta de impulso. Sin embargo, existe una diferencia crucial entre los conjuntos de datos flujo arriba y flujo abajo que se complica utilizando el mismo algoritmo de interpretación para ambos. En el canal flujo abajo, la adaptación de la impedancia de extremo frontal a la impedancia de bucle tiende a ser mejor que en el canal flujo arriba. Esto hace posible utilizar un modelo de canal simplificado para el canal flujo abajo. Lamentablemente, la adaptación de la impedancia en el canal flujo arriba no es en general tan buena como en el canal flujo abajo y deberá utilizarse una respuesta de impulso de canal más complicada.

Debido a estas complicaciones en la modelización del canal y a la falta de suficientes muestras de datos, el algoritmo básico de caracterización de canal flujo arriba está limitado en términos de precisión de la estimación y del número de tomas puenteada que pueden detectarse. Sin embargo, extendiendo el modelo de canal para incluir múltiples secciones de calibres variables y/o más de dos tomas puenteadas, puede detectarse la presencia de más de dos tomas puenteadas y conseguirse resultados más precisos para las longitudes de secciones individuales del bucle si hay un cambio en el calibre del hilo a lo largo del bucle. La única solución de compromiso es que a medida que aumente el número de parámetros del modelo, se incrementará también el esfuerzo de cálculo necesario para estimar los parámetros.

A continuación se describe los detalles teóricos que llevan a la derivación de la respuesta de impulso de canal de dominio de frecuencia del modelo y explica con detalle la caracterización del canal para los datos flujo arriba y flujo abajo. Los algoritmos de interpretación flujo abajo y flujo arriba emplean ambos el mismo concepto de minimización de mínimos cuadrados, donde se minimiza el cuadrado de la norma de error entre las respuestas de impulso de canal reales y teóricas, pero difieren en la respuesta teórica de impulso de canal utilizada.

Para la caracterización del bucle para datos flujo abajo, un bucle de dos hilos, a modo de ejemplo, se distingue por su impedancia característica:

$$Z_0(\omega) = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{G + j\omega C}}$$

Y su constante de propagación:

$$\gamma(f) = \sqrt{(R + j\omega L)(G + j\omega C)}$$

donde $\omega = 2\pi f$ es la frecuencia en radianes y R (resistencia), L (inductancia), G (admitancia) y C (capacitancia) son las constantes dependientes de frecuencia del bucle y varían con el calibre del hilo. Para un bucle perfectamente terminado o un bucle muy largo, con longitud d, y dos tomas puenteadas de longitudes b_1 y b_2, la función de transferencia del bucle $H(d, b_1, b_2, f)$ viene dada por:

$$H(d, b_1, b_2, f) = \frac{e^{-d\gamma(f)}}{[2 + tgh(b_1\gamma)] \cdot [2 + tgh(b_2\gamma)]} \quad (3)$$

En escala logarítmica:

$$\log|H(d, b_1, b_2, f| = \log(2) - d\gamma(f) - \log[2 + tgh(b_1\gamma)] - \log[2 + tgh(b_2\gamma)] \quad (4)$$

Conviene destacar la dependencia lineal de la pérdida de bucle respecto de la longitud del cable. La función de transferencia real del bucle puede medirse durante la inicialización del módem. A continuación, la función de transferencia medida del bucle se hace coincidir con la de un bucle de longitud d con dos tomas puenteadas, tal

como se da en la ecuación 3. Dicho de otro modo, la determinación de d, b_1 y b_2 minimiza el siguiente criterio de error de mínimos cuadrados:

$$\min_{d,b,b} \sum_{i=if}^{it} \left| H(d, b_1, b_2 f_i) - Rx(f_i) \right|_2^2 \quad (5)$$

donde Rx(f_i) es la señal de reverberación recibida muestreada a f_1=if e ii son los tonos primero y último Rx(f_i).

En la figura 2 se ilustra un ejemplo del funcionamiento del algoritmo para un bucle, a modo de ejemplo. Se representan la señal de reverberación recibida medida Rx(f) y el modelo teórico H(d, b_1, b_2, f) que se obtuvieron encontrando los parámetros d, b_1, b_2 del modelo que coinciden mejor con los datos. Específicamente, la señal de reverberación recibida observada (línea de trazos) Rx(f) está trazada con respecto al modelo de canal teórico (línea continua) H(d, b_1, b_2, f) como funciones de la frecuencia para un bucle, a modo de ejemplo, de 6000 pies (aprox. 1830 m) con una única toma puenteada, a modo de ejemplo, de 1300 pies (aprox. 397 m). El bucle, a modo de ejemplo, estaba constituido por un hilo de 6000 pies (aprox. 1830 m) y calibre 26 awg. (American Wire Gauge - calibre de hilo americano) con una toma puenteada de 1300 pies (aprox. 397 m) y 26 awg. próxima al CPE. Se encontró que los parámetros del modelo que mejor coincidían con los datos observados eran d=6000 pies (aprox. 1830 m), b1=1300 pies (aprox. 397 m) y b2=0 pies (0 m).

Se deduce de la ecuación 5 que el algoritmo de interpretación realiza básicamente una búsqueda sobre las variables d, b_1 y b_2 y encuentra las que minimizan la función de coste dada a continuación:

$$E(d, b_1, b_2) = \sum_{i=if}^{u} \left| H(d, b_1, b_2, f_i) - Rx(f_i) \right|_2^2 \quad (6)$$

Dado que la función de coste E(d,b_1, b_2) es una función no lineal de d, b1 y b2, la función contiene muchos mínimos locales. Por tanto, no deberán utilizarse muchos algoritmos de optimización bien conocidos, tal como el de Gauss-Newton, puesto que estos algoritmos son incapaces de satisfacer múltiples mínimos locales y convergen en un mínimo local de la función de coste. En esta realización, a modo de ejemplo, se desea el mínimo global de E(d, b_1, b_2). Por esta razón, se usa un algoritmo de minimización global de fuerza bruta donde la función de coste se muestrea en los puntos (dp, b_1^q , b_2^r), d^p =pΔD, b_1^q =qΔb_1 y b_2^r =rΔb_2 con p=1,…,P, q = 1,…,Q y r = 1,…,R. A continuación, se eligen los parámetros (dp, b_1^q , b_2^r) que resultan en el coste mínimo entre los valores muestreados. Esto requiere evaluar la función de coste en P x Q x R localizaciones.

Con el fin de poder determinar la función de transferencia teórica del bucle, H(d, b_1, b_2, f), es necesario almacenar la constante de propagación dependiente de frecuencia $\gamma(f)$ para un número de hilos de diferentes calibres. En una realización, a modo de ejemplo, se utilizan hilos de 24 awg. y 26 awg. que requieren 4 x N localizaciones para almacenar las partes real e imaginaria de $\gamma(f)$ para N tonos ADSL. Adicionalmente, es necesario almacenar las curvas de compensación del extremo frontal analógico (AFE), que ocupan N posiciones en la memoria. Dependiendo de dónde se ponga en práctica el algoritmo, la función de transferencia de bucle puede determinarse directamente a partir de la ecuación 4, por ejemplo, si el algoritmo se realizó en un ordenador personal o estación de trabajo, o puede ser necesario almacenar los términos $\log[2 + tgh(b_1\gamma)]$ a intervalos periódicos según lo requiera el procedimiento de muestreo para (dp, b_1^q , b_2^r). Por ejemplo, es posible calcular previamente y almacenar el $\log[2 + tgh(b_1\gamma)]$, i = 1, 2, a partir de b1 = 100 pies (aprox. 30 m) a b1 = 2000 pies (aprox. 610 m) a intervalos de 100 pies (aprox. 30 m). Suponiendo una potencia baja del procesador, los términos $\log[2 + tgh(b_1\gamma)]$ pueden determinarse previamente y almacenarse, lo que ocupa alrededor de 20 x N posiciones para la parte real solamente. Por lo tanto, en esta realización, a modo de ejemplo, la memoria total es de aproximadamente (20+4+1+3) x N = 28 x N, donde se necesitan 2 x 256 posiciones para memorizar variables intermedias determinadas durante la ejecución del algoritmo.

Aunque no se incluirá en la presente descripción, es posible simplificar el cálculo de la función de coste E(d,b_1,b_2) de modo que únicamente se necesiten doce multiplicaciones y quince sumas. Esto significa que la complejidad del cálculo total del algoritmo es aproximadamente P x Q x R x (11 multiplicaciones + 15 sumas) más algunos cálculos iniciales adicionales que son despreciables en comparación con la cifra anterior.

A diferencia del caso de interpretación flujo abajo, para la interpretación flujo arriba es más preciso suponer que la línea no está perfectamente terminada. Más concretamente, la desadaptación de impedancias en la conexión de transmisor-línea en el módem del CPE y la desadaptación de impedancia en la conexión de receptor-línea en el módem de la CO llegan a ser factores importantes que deberán tenerse en cuenta. Aunque la idea básica detrás del algoritmo de caracterización del canal para los datos flujo arriba sigue siendo la misma e implica hacer coincidir una función de transferencia de canal teórica con la función de transferencia medida real, el cálculo de la función de transferencia de canal teórica se hace mucho más complicado. Al igual que con el caso de interpretación flujo abajo, la función de transferencia de canal se mide de nuevo promediando K tramas de la señal de reverberación recibida tal como se da por la ecuación 1.

El modelo teórico para la función de transferencia de canal en el caso flujo arriba puede describirse en dos etapas. La primera etapa consiste en escribir las ecuaciones para la corriente y la tensión eléctrica en la fuente (CPE), I_s, V_s, en términos de corriente y tensión en la carga (CO), I_L, V_L, por medio de la aplicación de las matrices ABCD:

$$\begin{bmatrix} V_S \\ I_S \end{bmatrix} = F^s \times A^i \times B \times A^2 \times F^L \times \begin{bmatrix} V_L \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (7)$$

donde A^i, B, F^s y FL son matrices 2 x 2 cuyos elementos son agrupaciones de N elementos. En este caso, A^i es una matriz que representa la respuesta de dominio de frecuencia de la i-ésima sección del bucle, B es la matriz que representa la respuesta de la toma puenteada y F^s y F^L son las matrices que representan la respuesta de dominio de frecuencia del hardware del extremo frontal analógico (AFE) de la circuitería del módem para las trayectorias de TX (fuente) y RX (carga). La función de transferencia del canal puede derivarse de la ecuación 7 y viene dada por:

$$H(d_1, d_2, b, f) = \frac{V_L}{V_S}, \quad (8)$$

donde d_1 es la longitud de la sección antes de una toma puenteada y d_2 es la longitud de la sección después de la toma puenteada. Conviene indicar que el algoritmo de interpretación de la CO utiliza un modelo de toma puenteada única de dos secciones. Esto se debe al número limitado de elementos directos de frecuencia, fi = iΔf, desde el tono i = 6 a i = 32, en el que está disponible la función de transferencia.

Las entradas de las matrices anteriores vienen dadas como sigue:

$$A_{11}^i = A_{22}^i = \cosh(\gamma d_i)$$
$$A_{12}^i = Z_0 senh(\gamma d_i), \;\; A_{21}^i = A_{12}^i Z_0^{-2}$$

Entradas de matriz B:

$$B_{11} = B_{22} = 1$$
$$B_{12} = 0, \;\; B_{21} = Z_j^{-1}(b)$$

Donde $Z_j^{-1} = tgh(b\gamma)/Z_0$ y, finalmente:

$$F_{11}^S = F_{22}^S = 1, \;\; F_{12}^S = 0, \;\; F_{21}^S = Z_s$$
$$F_{11}^L = F_{22}^L = 1, \;\; F_{12}^L = 0, \;\; F_{21}^L = Z_L^{-1}$$

El algoritmo de estimación minimiza la diferencia entre las funciones de transferencia medida y real:

$$\min_{d,d,b} \left\| H(d_1, d_2, b, f) - Rx(f) \right\|_2^2 \quad (9)$$

En la figura 3 se ilustra un ejemplo del funcionamiento del algoritmo de estimación flujo arriba de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada. En este caso, se visualizan la señal de reverberación recibida medida Rx(f) y el modelo teórico H(d,b_1,b_2, f) que se obtuvo encontrando los parámetros de modelo d, b_1, b_2 que coinciden mejor con los datos. El bucle, a modo de ejemplo, estaba constituido por un hilo de 7700 pies (aprox. 2348 m) y 26 awg. con

una toma puenteada de 600 pies (aprox. 183 m) y 26 awg a una distancia de 5900 pies (aprox. 1799 m) de la CO. Se encontró que los parámetros del modelo que mejor coinciden con los datos observados eran d_1 = 7900 pies (aprox. 2409 m), d_2 = 0 pies (0 m) y b = 500 pies (aprox. 152 m). Conviene indicar que aunque los parámetros d_1 y d_2 encontrados por el algoritmo son diferentes de sus valores reales, los valores reales son d_1 = 5900 pies (aprox. 1799 m) y d_2 = 1800 pies (aprox. 549 m), y la suma de d_1 + d_2 está dentro de 200 pies (aprox. 61 m) de la longitud de bucle real. Este ejemplo ilustra que aunque la longitud de bucle sea bastante precisa, la localización de la toma puenteada es difícil de estimar con fiabilidad.

A partir de las expresiones que conducen a la función de transferencia de canal teórica, $H(d_1,d_2,b, f)$, es obvio que para el cálculo, a modo de ejemplo, de la respuesta de canal teórica necesitan almacenarse Z_S, Z_L, Z_0 y γ, para 24 awg. y 26 awg., y que $Z_j(b_1)$, que caracteriza la toma puenteada, depende de la longitud de toma puenteada. Suponiendo una resolución, a modo de ejemplo, de 100 pies (aprox. 30 m) en la longitud de toma puenteada y una longitud de toma puenteada detectable, a modo de ejemplo, máxima de 2000 pies (aprox. 610 m), hay 20 agrupaciones diferentes $Z_j(b_1)$. Por último, se almacenan los elementos de senh(.) y cosh(.) de las matrices A_1 y A_2. A continuación, suponiendo una resolución de 500 pies (aprox. 152 m) en la longitud de bucle y una longitud de bucle máxima medible de 20000 pies (aprox. 6100 m), habrá 80 x 46 posiciones para memorizar entradas de A_i. En total, para almacenar estas variables, habrá 108 x 46 posiciones de memoria, incluyendo el almacenamiento de $Rx(f)$ y $H(d_1,b_1,b_2, f)$, y otras 10 x 46 posiciones son necesarias para almacenar variables intermedias durante la ejecución del algoritmo, dando un total de aproximadamente 118 x 46 posiciones de memoria para esta realización, a modo de ejemplo.

La figura 3 ilustra la señal de reverberación recibida observada (línea discontinua) $Rx(f)$ trazada con respecto al modelo de canal teórico (línea continua) $H(d_1,d_2, f)$ como funciones de la frecuencia para un bucle, a modo de ejemplo, de 7700 pies (aprox. 2348 m) con una única toma puenteada de 600 pies (aprox. 183 m).

Durante el proceso de búsqueda, se seleccionan P valores para d_1, Q valores para b y R valores para d_2 y se determina la función de coste para cada combinación de d_1,d_2,b. De este modo, para determinar la respuesta de impulso de canal, hay 4 x (8 x 23 multiplicaciones complejas + 4 x 26 sumas complejas). Por lo tanto, el coste del cálculo total en esta realización, a modo de ejemplo, es P x Q x R x (32 x 26 multiplicaciones complejas + 4 x 26 sumas complejas).

La figura 4 ilustra un sistema, a modo de ejemplo, de estimación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada según una realización de esta invención para datos flujo abajo. En particular, el sistema de estimación 100 de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada comprende un dispositivo de determinación 200 de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada flujo abajo, un dispositivo de determinación 300 de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada flujo arriba, un módem 20 de oficina central y un módem 30 de instalaciones del usuario, conectados por un enlace 10, tal como un par de hilos trenzados. El dispositivo de determinación 200 de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada flujo abajo comprende un controlador 210, una interfaz de entrada/salida I/O 220, un dispositivo de almacenamiento 230, un dispositivo de determinación 240 de señal de reverberación, un dispositivo de salida de longitud de bucle 250 y un dispositivo de salida de toma puenteada 260, conectados por un enlace 5. El dispositivo 300 de determinación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada flujo arriba comprende un controlador 310, una interfaz I/O 320, un dispositivo de almacenamiento 330, un dispositivo de determinación 340 de señal de reverberación, un dispositivo de determinación de impedancia 350, un dispositivo de identificación de módem 360, un dispositivo de salida de longitud de bucle 370 y un dispositivo de salida de toma puenteada 380, conectados por el enlace 5.

Aunque la realización, a modo de ejemplo, ilustrada en la figura 4 muestra los componentes del sistema de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada y los componentes asociados colocados, debe apreciarse que los diversos componentes del sistema 100 de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada pueden situarse en partes distantes de una red distribuida, tal como una red de área local, una red de área amplia, una Intranet y/o la red Internet, o dentro de un sistema dedicado de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada. De este modo, deberá apreciarse que los componentes del sistema 100 de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada pueden combinarse en un dispositivo o colocarse en un nodo particular de una red distribuida. Como se apreciará por la siguiente descripción, y por razones de eficiencia del cálculo, los componentes del sistema 100 de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada pueden disponerse en cualquier ubicación, tal como en un ordenador de uso general o dentro de una red distribuida, sin afectar al funcionamiento del sistema.

Además, los enlaces 5 pueden ser enlaces cableados o inalámbricos o cualquier otro elemento o elementos conocidos o desarrollados posteriormente que sean capaces de suministrar datos electrónicos a, y desde, los elementos conectados.

En funcionamiento, para la determinación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada en la dirección flujo abajo, el controlador 210, en colaboración con la interfaz I/O 220, inicia operativamente el módem 20. El dispositivo de determinación 240 de la señal de reverberación, en colaboración con el módem 20, el controlador 210 y la interfaz I/O 220, determina una función de transferencia promediando K tramas consecutivas de una señal de reverberación. La longitud de bucle, una primera longitud de toma puenteada y una segunda longitud de toma puenteada son introducidas desde un dispositivo de entrada (no ilustrado), tal como un ordenador, un ordenador portátil, un terminal, un dispositivo de comprobación de la línea de transmisión o dispositivos similares, o son recuperadas del dispositivo de almacenamiento 230.

El controlador 210, en colaboración con el dispositivo de almacenamiento 230, determina a continuación la función de propagación del dominio de frecuencia para un calibre de hilo especificado y el modelo de bucle de dominio de frecuencia. Las señales de reverberación calibradas y compensadas en el dominio de frecuencia se almacenan en el dispositivo de almacenamiento 230 y el calibre de hilo de referencia se introduce o recupera desde el dispositivo de almacenamiento 230.

El controlador 210, en colaboración con el dispositivo de almacenamiento 230, determina el número de elementos en la función de recepción Rx y la diferencia entre las funciones de transferencia real y medida. El dispositivo de salida de la longitud de bucle, en colaboración con la interfaz I/O, proporciona a la salida, entonces, la longitud estimada de bucle hacia, a modo de ejemplo, un ordenador, un ordenador portátil, un terminal, un dispositivo de comprobación de la línea de transmisión o dispositivos similares. Adicionalmente, el dispositivo de salida de toma puenteada proporciona la longitud estimada de la toma puenteada hacia, a modo ejemplo, un ordenador, un ordenador portátil, un terminal, un dispositivo de comprobación de la línea de transmisión o dispositivos similares.

En funcionamiento, para determinar la longitud del bucle y la longitud de la toma puenteada en la dirección flujo arriba, el controlador 310, en colaboración con la interfaz I/O 320, inicia operativamente el módem 30. El dispositivo de determinación 340 de la señal de reverberación, en colaboración con el módem 30, el controlador 310 y la interfaz I/O 320, determina una función de transferencia promediando K tramas consecutivas de una señal de reverberación.

A continuación, el controlador 310, en colaboración con el dispositivo de almacenamiento 230, determina la función de propagación del dominio de frecuencia para un calibre de hilo especificado, donde se introduce o se recupera del dispositivo de almacenamiento 330 el calibre de hilo especificado.

El controlador 310, en colaboración con el dispositivo de almacenamiento 330 y el dispositivo de determinación de impedancia 350, determina la impedancia de dominio de frecuencia del calibre de hilo especificado. A continuación, el controlador 310, en colaboración con el dispositivo de almacenamiento 330 y el dispositivo de determinación de impedancia 350, determina la impedancia de transmisión del módem del CPE y la impedancia de recepción del módem CO.

El controlador 310, en colaboración con el dispositivo de almacenamiento 330, determina la matriz que representa las respuestas de dominio de frecuencia de la sección i-ésima del bucle, la matriz que representa la respuesta de la toma puenteada, y la matriz FS que representa la circuitería de AFE para las trayectorias de la fuente (TX) y de la carga (RX) y las almacena en el dispositivo de almacenamiento 330, y estima la función de transferencia H. La señal de reverberación calibrada y compensada en el dominio de frecuencia y el calibre de referencia del hilo son introducidos o recuperados desde el dispositivo de almacenamiento 330.

El dispositivo de determinación 360 de identificación del módem determina a continuación la identificación del módem de la CO que recoge la señal de reverberación flujo arriba, y la identificación del módem del CPE que transmite la señal de reverberación flujo arriba. Conociendo el número de elementos en la función Rx, el controlador 310 minimiza la diferencia entre las funciones de transferencia real y medida y proporciona, con la colaboración del dispositivo 370 de salida de longitud de bucle y el dispositivo 380 de salida de la toma puenteada, la longitud estimada del bucle y la longitud estimada de la toma puenteada, respectivamente.

La figura 5 ilustra un método, a modo de ejemplo, de determinar una longitud de bucle y longitudes de toma puenteada. En particular, el control comienza en la etapa S100 y continúa en la etapa S110. En la etapa S110, la respuesta de impulso de canal se estima basándose en una señal de reverberación medida. A continuación, en la etapa S120, la respuesta de impulso de canal teórica de un modelo de bucle se determina utilizando una longitud de bucle y las longitudes de la toma puenteada. A continuación, en la etapa S130, se modifican la longitud de bucle y las longitudes de toma puenteada del modelo. El control continúa después en la etapa S140.

En la etapa S140, se supervisa la diferencia entre la respuesta de impulso de canal medida y el impulso de canal teórico. A continuación, en la etapa S510, se declaran los valores estimados de la longitud de bucle y de la longitud de la toma puenteada sobre la base de las longitudes del bucle y de las longitudes de la toma puenteada que minimizan la función de error entre la respuesta de impulso de canal medida y la respuesta de impulso de canal teórica. El control continúa entonces a la etapa S160, donde termina la secuencia de control.

La figura 6 ilustra un método, a modo de ejemplo, de determinar la longitud de bucle y la longitud de toma puenteada para datos flujo abajo. En particular, el control comienza en la etapa S200 y continúa a la etapa S210. En la etapa S210 se inicializa un módem. A continuación, en la etapa S220, se determina una función de transferencia promediando K tramas consecutivas de la señal de reverberación. A continuación, en la etapa S230, se introduce la longitud de bucle. El control continúa después en la etapa S240.

En la etapa S240, se introduce una primera longitud de la toma puenteada. A continuación, en la etapa S250, se introduce una segunda longitud de la toma puenteada. A continuación, en la etapa S260, se determina la función de propagación del dominio de frecuencia para un calibre de hilo especificado. El control continúa entonces en la etapa S270.

En la etapa S270, se determina el modelo de bucle de dominio de frecuencia. A continuación, en la etapa S280, se introducen las señales de reverberación calibradas y compensadas en el dominio de frecuencia. A continuación, en la etapa S290, se introduce el calibre de hilo de referencia. El control continúa entonces en la etapa S300.

En la etapa S300, se introduce el número de elementos en la función Rx. A continuación, en la etapa S310, se determina la diferencia entre la función de transferencia real y la medida. A continuación, en la etapa S320, se determina la longitud estimada del bucle. El control continúa entonces en la etapa S330.

En la etapa S330, se determina la longitud estimada de la toma puenteada. El control continúa entonces en la etapa S340, donde termina la secuencia de control.

La figura 7 ilustra un método, a modo de ejemplo, de determinar la longitud de bucle y la longitud de toma puenteada para datos flujo arriba. En particular, el control comienza en la etapa S500 y continúa en la etapa S510. En la etapa S510, se inicializa el módem. A continuación, en la etapa S520, se determina la función de transferencia promediando K tramas consecutivas de la señal de reverberación. A continuación, en la etapa S530, se determina la función de propagación del domino de frecuencia para el calibre de hilo en uso. El control continúa después en la etapa S540.

En la etapa S540, se determina la impedancia de dominio de frecuencia del calibre del hilo. A continuación, en la etapa S550, se determina la impedancia de transmisión del módem del CPE. A continuación, en la etapa S560, se determina la impedancia de recepción del módem de CO. El control continúa entonces en la etapa S570.

En la etapa S570, se determina la matriz que representa las respuestas de dominio de frecuencia de la sección i-ésima del bucle. A continuación, en la etapa S580, se determina la matriz que representa la respuesta de la toma puenteada. A continuación, en la etapa S590, se determina la matriz FS que representa la circuitería de AFE para las trayectorias de fuente (TX) y de carga (RX). El control continúa después en la etapa S600.

En la etapa S600, se estima la función de transferencia H. A continuación, en la etapa S610, se introducen la señal de reverberación calibrada y la compensada en el domino de frecuencia. A continuación, en la etapa S620, se introduce el calibre de referencia del hilo. El control continúa después en la etapa S630.

En la etapa S630, se introduce la identificación del módem de la CO que recoge la señal de reverberación flujo arriba. A continuación, en la etapa S640, se introduce la identificación del módem del CPE que transmite la señal de reverberación flujo arriba. A continuación, en la etapa S650, se introduce el número de elementos en la función Rx. El control continúa después en la etapa S660.

En la etapa S660, se minimiza la diferencia entre las funciones de transferencia real y medida. A continuación, en la etapa S670, se determina la longitud estimada de bucle. A continuación, en la etapa S680, se determina la longitud estimada de la toma puenteada. El control continúa entonces en la etapa S690, donde termina la secuencia de control.

Como se ilustra en la figura 4, el sistema de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada puede ser realizado en un ordenador de uso general con un único programa, o en un ordenador de uso general con

programas independientes. Sin embargo, el sistema de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de la toma puenteada puede ser realizado también en un ordenador de uso especial, un microprocesador o microcontrolador programado o un elemento de circuito integrado periférico, un ASIC (Application-Specific Integrated Circuit - circuito integrado de aplicación específica) u otro circuito integrado, un procesador de señal digital, un circuito electrónico o lógico cableado, tal como un circuito de elementos discretos, un dispositivo lógico programable, tal como un PLD (Programmable Logic Device - dispositivo lógico programable), PLA (Programmable Logic Array - matriz lógica programable), FPGA (Field-Programmable Gate Array - matriz de puertas de campo programable), PAL (Phase Alternating Line - línea alternativa de fase), un módem o dispositivos similares. En general, cualquier dispositivo capaz de realizar una máquina de estados finitos que a su vez sea capaz de realizar los diagramas de flujo ilustrados en las figuras 5-7 puede ser utilizado para realizar el sistema de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada según esta invención.

Además, el método dado a conocer puede realizarse fácilmente en software utilizando entornos de desarrollo de software de objeto o de software orientado al objeto que proporcionen códigos fuente portátiles que puedan utilizarse en una diversidad de plataformas de hardware de ordenador o de estación de trabajo. Como alternativa, el sistema de estimación de la longitud del bucle y de la longitud de la toma puenteada puede ser realizado parcial o completamente en hardware utilizando circuitos lógicos estándar o diseño VLSI (Very Large Scale Integration - integración a muy gran escala). Que se utilice software o hardware para realizar los sistemas de acuerdo con esta invención depende de los requisitos de velocidad y/o eficiencia del sistema, de la función particular y de los sistemas particulares de software o hardware o sistemas de microprocesador o microordenador que se estén utilizando. Sin embargo, los sistemas y métodos de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada aquí ilustrados pueden ser realizados fácilmente en hardware y/o software, utilizando cualesquiera sistemas o estructuras, dispositivos y/o software conocidos o desarrollados posteriormente, por los expertos en la técnica aplicable a partir de la descripción funcional aquí proporcionada y de un conocimiento básico general de técnica informática.

Además, los métodos descritos pueden ser realizados fácilmente como ejecutados en software en un ordenador programado de uso general, un ordenador de uso especial, un microprocesador o dispositivos similares. En estos casos, los métodos y sistemas de esta invención se pueden realizar como un programa instalado en un ordenador personal, tal como un lenguaje Java® o script de CGI (Common Gateway Interface - interfaz de pasarela común), como un recurso que reside en un servidor o estación de trabajo de gráficos, como una rutina instalada en un sistema dedicado de estimación de la longitud de bucle y de longitud de toma puenteada, un módem, un sistema dedicado de estimación de la longitud de bucle y/o de la longitud de toma puenteada, o similar. Asimismo, el sistema de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada puede realizarse incorporando físicamente el sistema y el método en un sistema de software y/o hardware, tal como los sistemas de hardware y software de un sistema o módem dedicados de estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada.

Por tanto, es evidente que, de acuerdo con la presente invención, se han proporcionado sistemas y métodos para la estimación de la longitud de bucle y de la longitud de toma puenteada. Aunque se ha descrito esta invención en conjunción con varias de sus formas de realización, es evidente que numerosas alternativas, modificaciones y variaciones serían o son evidentes para los expertos en las técnicas aplicables. En consecuencia, está previsto abarcar todas dichas alternativas, modificaciones, equivalentes y variaciones que estén dentro del alcance de protección de esta invención.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de estimación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada (100), que comprende:

un dispositivo de respuesta de impulso de canal (200, 300) adaptado para determinar una respuesta de impulso de canal para una línea de transmisión;

un dispositivo de modelización adaptado para determinar una respuesta teórica de impulso de canal y

un dispositivo de determinación de longitud de bucle y de longitud de toma puenteada que determina una longitud de bucle y al menos una longitud de toma puenteada en función de una comparación de la respuesta de impulso del canal y la respuesta teórica de impulso del canal;

en donde el sistema (100) comprende, además, un dispositivo de determinación de impedancia (350) adaptado para determinar al menos una de entre una impedancia de transmisión de un módem CPE (30) y una impedancia de recepción de un módem CO (20).

2. Sistema según la reivindicación 1, caracterizado por que el sistema (100) comprende, además, un dispositivo de determinación de identificación de módem (360) adaptado para determinar al menos una de entre una identificación de un módem CPE (30) y una identificación de un módem CO (20).

3. Sistema según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que la comparación se basa en una función de minimización de error, en donde preferiblemente la función de minimización de error es al menos una minimización de mínimos cuadrados.

4. Sistema según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la respuesta teórica de impulso de canal comprende variables que representan una carga y una impedancia de fuente y/o por que la respuesta de impulso de canal se estima en función de una señal de reverberación medida y/o porque la línea de transmisión comprende al menos uno de al menos un calibre de hilo y al menos una toma puenteada y/o por que la línea de transmisión se usa para comunicaciones de modulación multiportadora.

5. Método para determinar una longitud de bucle y al menos una toma puenteada para una línea de transmisión, que comprende:

estimar una respuesta de impulso de canal;

determinar una respuesta teórica de impulso de canal;

supervisar una diferencia entre la respuesta teórica de impulso de canal y la respuesta estimada de impulso de canal;

determinar la longitud de bucle y al menos una toma puenteada basándose en una función de minimización de error y

determinar al menos una de entre una impedancia de transmisión de un módem CPE (30) y una impedancia de recepción de un módem CO (20).

6. Método según la reivindicación 5, que comprende, además, determinar al menos una de entre una identificación de un módem CPE (30) y una identificación de un módem CO (20).

7. Método según la reivindicación 5 o 6, que comprende, además, determinar una función de transferencia de la línea de transmisión en función de una señal de reverberación, en donde, preferiblemente, la función de transferencia se determina en función del promediado de un número predeterminado de tramas consecutivas de la señal de reverberación.

8. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, que comprende, además, determinar una función de propagación en el dominio de frecuencia para al menos un calibrador de hilo y/o que comprende, además, determinar al menos una de entre una señal de reverberación calibrada y una señal de reverberación compensada en el dominio de frecuencia y/o que comprende, además, determinar la impedancia del dominio de frecuencia de al menos un calibrador de hilo.

9. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8, que comprende, además, determinar una matriz que representa una respuesta, en el dominio de frecuencia, para una parte predeterminada de la línea de transmisión y/o que comprende, además, determinar una matriz que representa una respuesta de al menos una toma puenteada, y/o que comprende, además, determinar una matriz que representa un circuito de extremo frontal analógico para una ruta de origen y una ruta de carga y/o que comprende, además, proporcionar, a la salida, una longitud de bucle estimada de la línea de transmisión y/o que comprende, además, suministrar, a la salida, una longitud de toma puenteada estimada para la línea de transmisión.

10. Medios de memorización de información que comprende un programa ejecutable para realizar un método según una cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, con el fin de determinar una longitud de bucle y al menos una toma puenteada para una línea de transmisión.

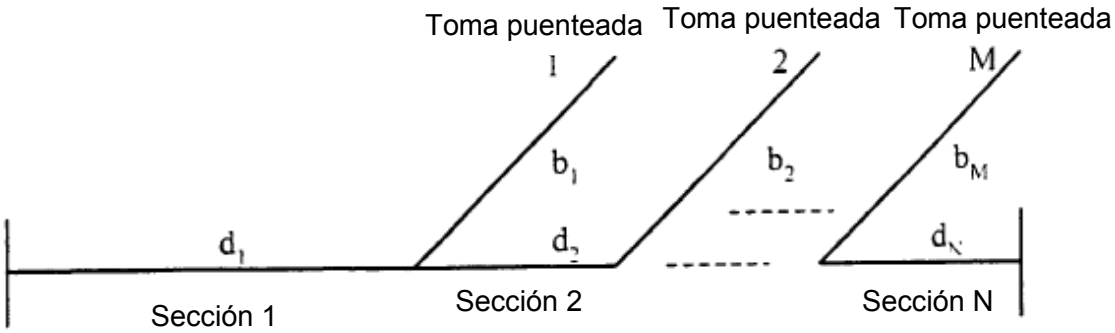

Toma puenteada
Toma puenteada
Toma puenteada
1
2
M
b1
b2
bM
d1
d2
dN
Sección 1
Sección 2
Sección N

Figura 1

Figura 2

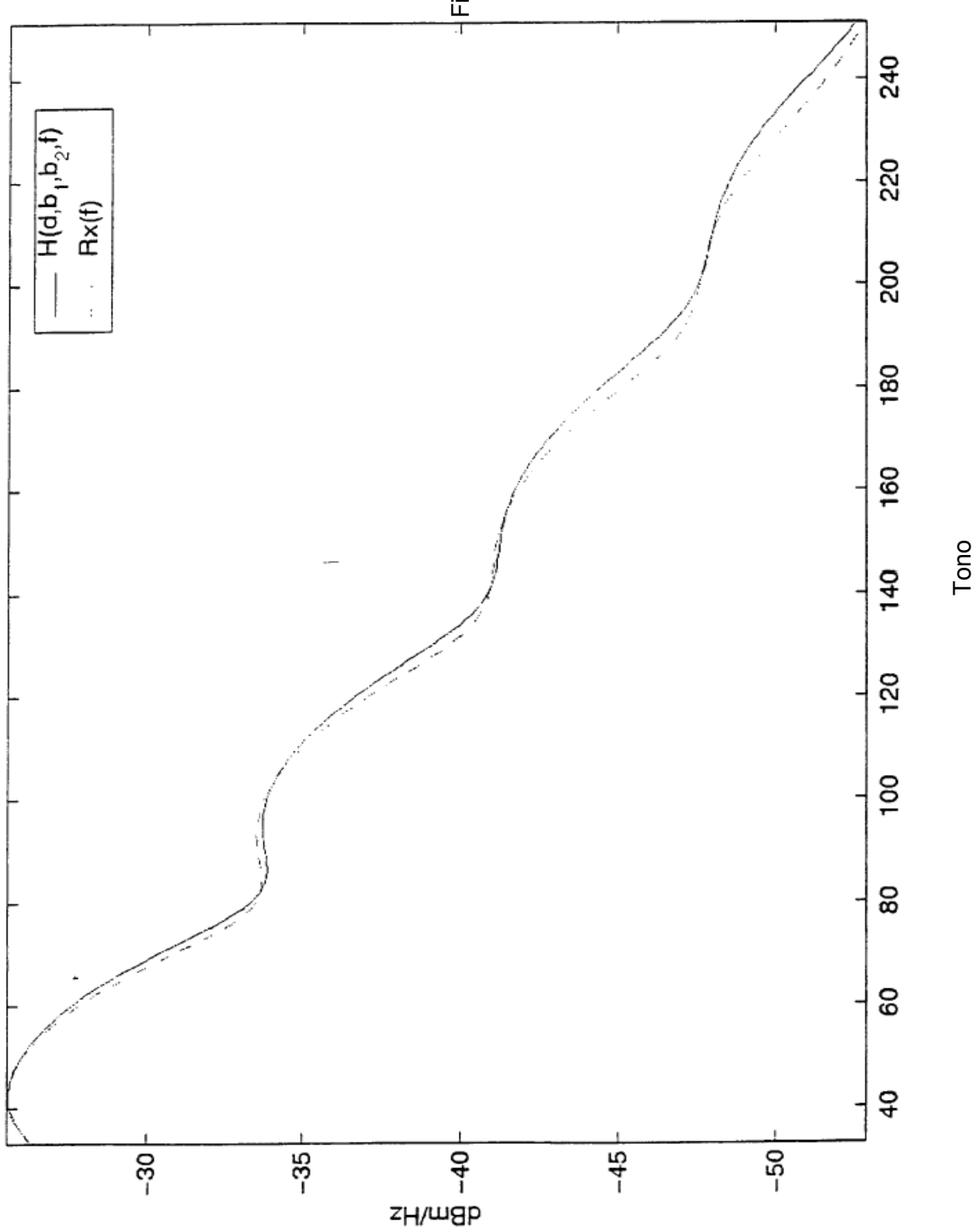
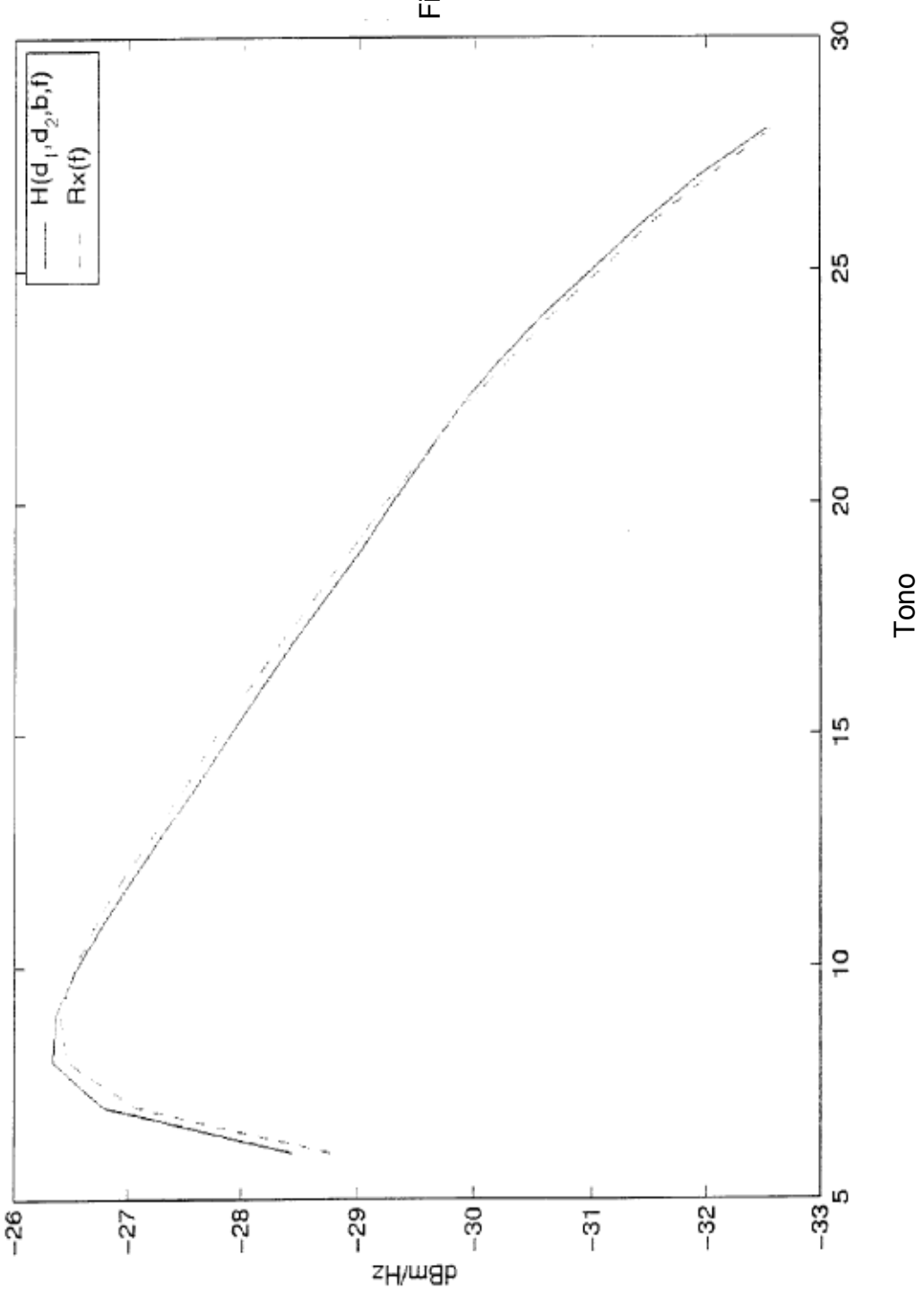
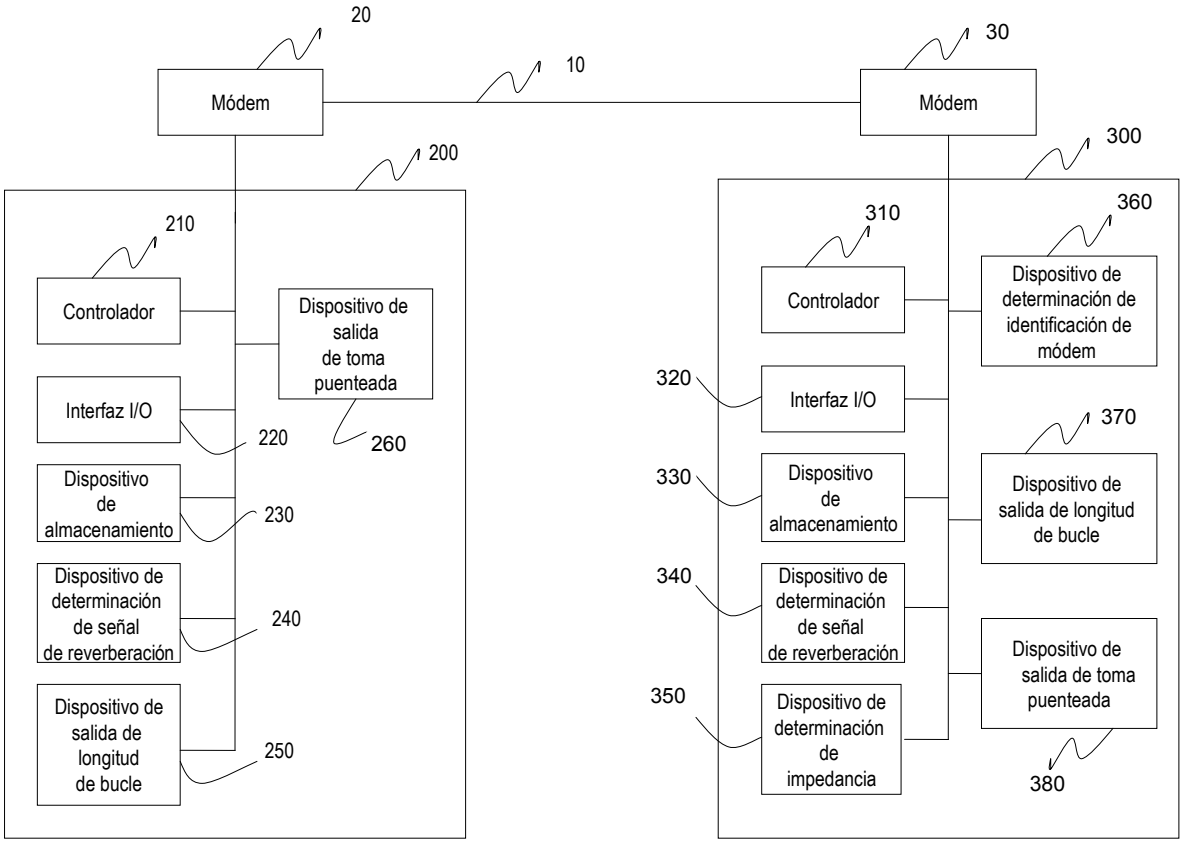

H(d,b1,b2,f)
Rx(f)
dBm/Hz
-30
-35
-40
-45
-50
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
Tono

Figura 3




20
10
30
Módem
Módem
200
300
210
310
360
Controlador
Dispositivo de salida de toma puenteada
Interfaz I/O
220
260
Dispositivo de almacenamiento
230
Dispositivo de determinación de señal de reverberación
240
Dispositivo de salida de longitud de bucle
250
Controlador
Dispositivo de determinación de identificación de módem
320
Interfaz I/O
370
330
Dispositivo de almacenamiento
Dispositivo de salida de longitud de bucle
340
Dispositivo de determinación de señal de reverberación
Dispositivo de salida de toma puenteada
350
Dispositivo de determinación de impedancia
380

100

Figura 4

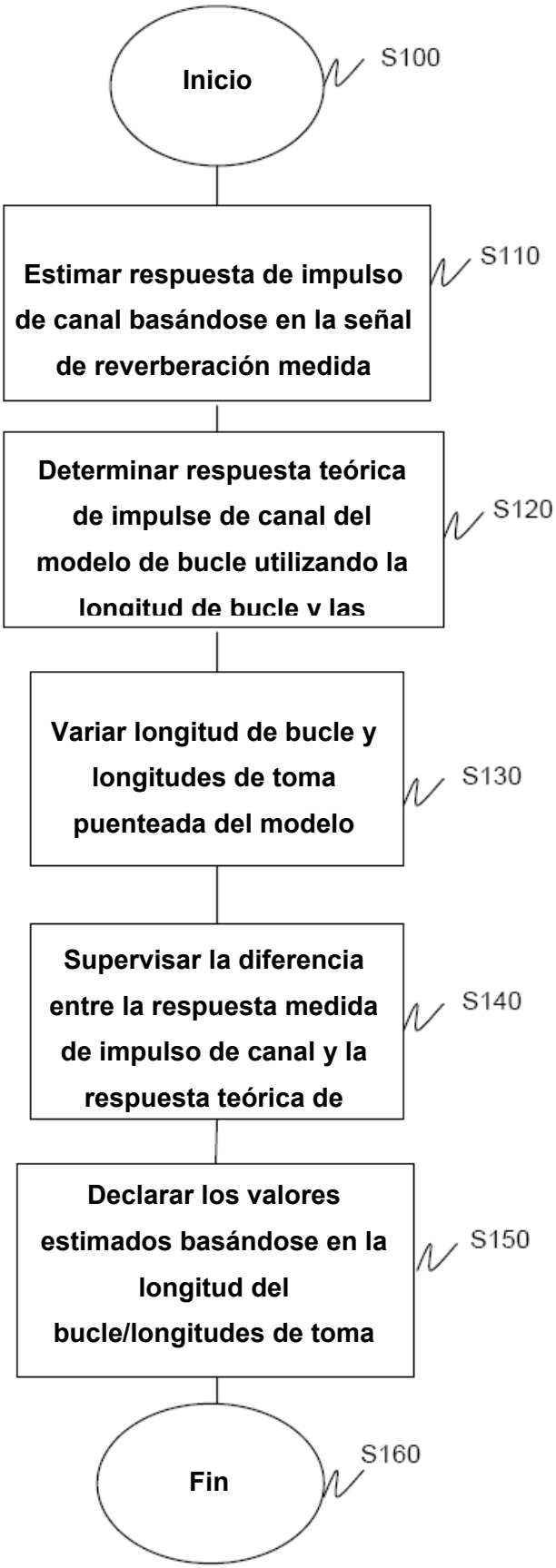

Inicio
S100
Estimar respuesta de impulso de canal basándose en la señal de reverberación medida
S110
Determinar respuesta teórica de impulse de canal del modelo de bucle utilizando la longitud de bucle y las
S120
Variar longitud de bucle y longitudes de toma puenteada del modelo
S130
Supervisar la diferencia entre la respuesta medida de impulso de canal y la respuesta teórica de
S140
Declarar los valores estimados basándose en la longitud del bucle/longitudes de toma
S150
Fin
S160

Figura 5

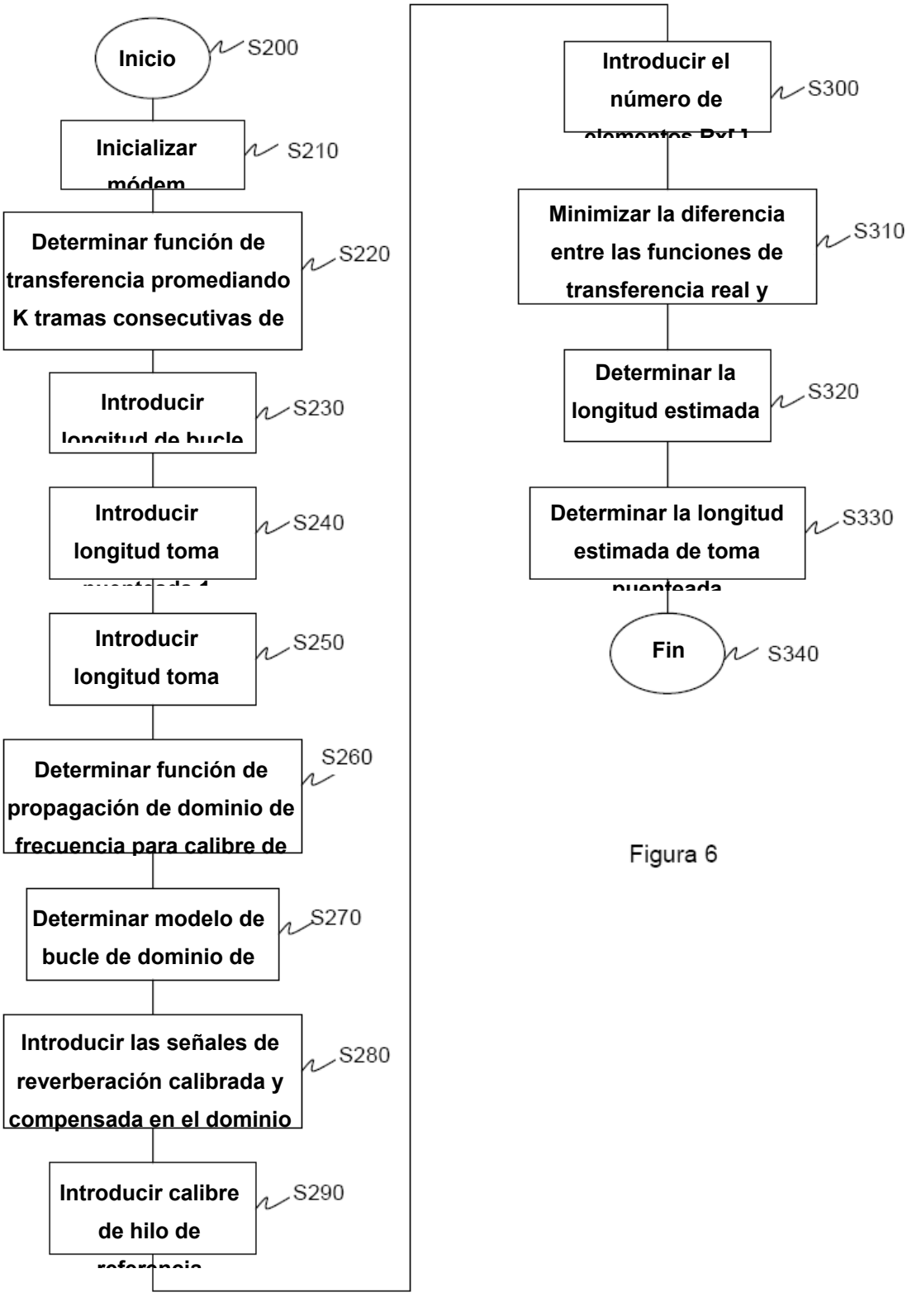

Inicio
S200
Inicializar módem
S210
Determinar función de transferencia promediando K tramas consecutivas de
S220
Introducir
S230
Introducir longitud toma
S240
Introducir longitud toma
S250
Determinar función de propagación de dominio de frecuencia para calibre de
S260
Determinar modelo de bucle de dominio de
S270
Introducir las señales de reverberación calibrada y compensada en el dominio
S280
Introducir calibre de hilo de
S290
Introducir el número de
S300
Minimizar la diferencia entre las funciones de transferencia real y
S310
Determinar la longitud estimada
S320
Determinar la longitud estimada de toma
S330
Fin
S340

Figura 6

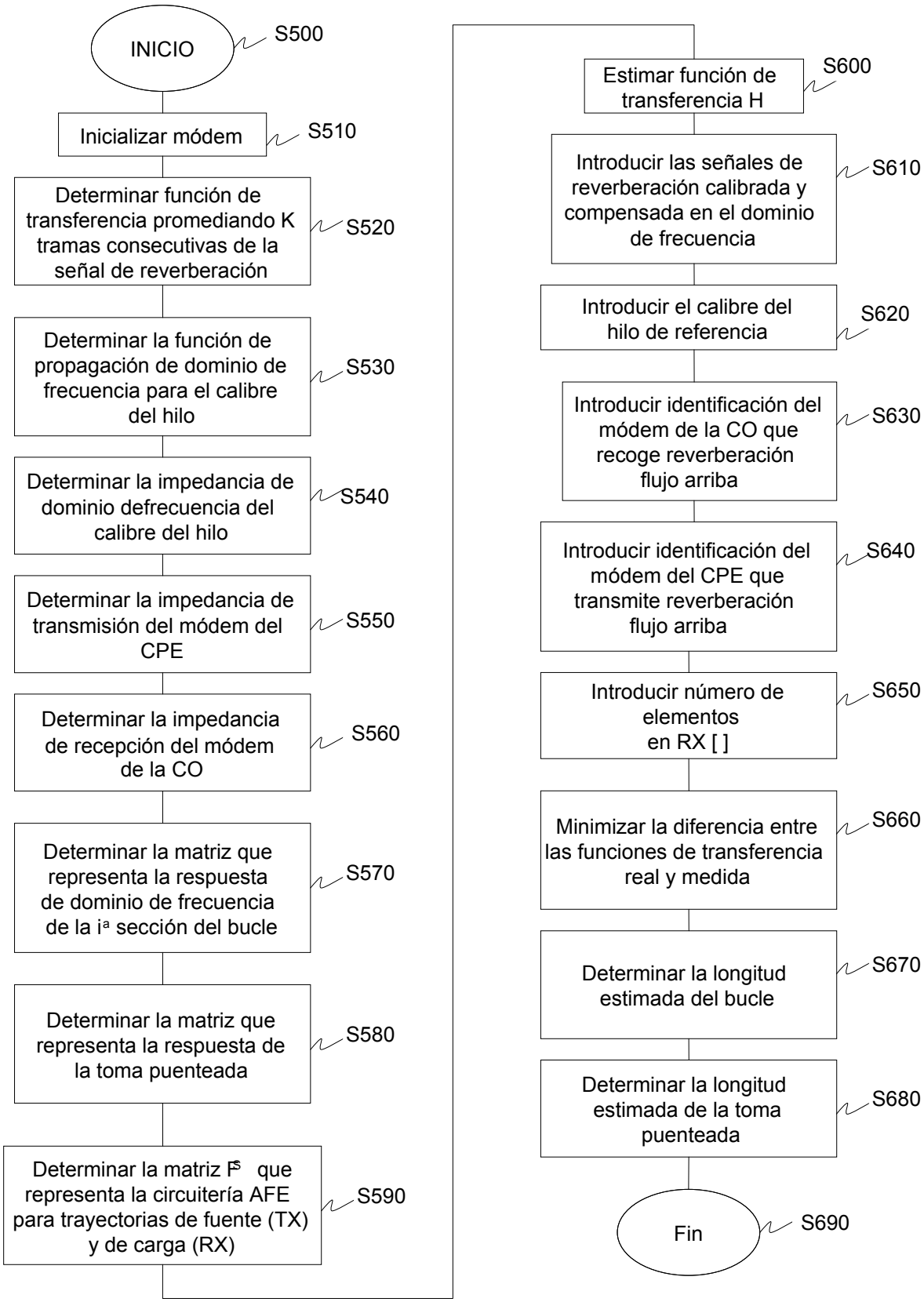

INICIO
S500
Inicializar módem
S510
Determinar función de transferencia promediando K tramas consecutivas de la señal de reverberación
S520
Determinar la función de propagación de dominio de frecuencia para el calibre del hilo
S530
Determinar la impedancia de dominio defrecuencia del calibre del hilo
S540
Determinar la impedancia de transmisión del módem del CPE
S550
Determinar la impedancia de recepción del módem de la CO
S560
Determinar la matriz que representa la respuesta de dominio de frecuencia de la iª sección del bucle
S570
Determinar la matriz que representa la respuesta de la toma puenteada
S580
Determinar la matriz F^S que representa la circuitería AFE para trayectorias de fuente (TX) y de carga (RX)
S590
Estimar función de transferencia H
S600
Introducir las señales de reverberación calibrada y compensada en el dominio de frecuencia
S610
Introducir el calibre del hilo de referencia
S620
Introducir identificación del módem de la CO que recoge reverberación flujo arriba
S630
Introducir identificación del módem del CPE que transmite reverberación flujo arriba
S640
Introducir número de elementos en RX [ ]
S650
Minimizar la diferencia entre las funciones de transferencia real y medida
S660
Determinar la longitud estimada del bucle
S670
Determinar la longitud estimada de la toma puenteada
S680
Fin
S690

Figura 7