



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 272 095**

51 Int. Cl.:

H04B 3/46 (2006.01)

H04M 3/30 (2006.01)

G01R 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **99964952 .8**

86 Fecha de presentación : **02.11.1999**

87 Número de publicación de la solicitud: **1135916**

87 Fecha de publicación de la solicitud: **26.09.2001**

54

Título: **Condiciones de fallo que afectan a los servicios de datos de alta velocidad.**

30

Prioridad: **03.11.1998 US 106845 P**
02.04.1999 US 285954
30.09.1999 US 410222

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

73

Titular/es: **Teradyne, Inc.**
321 Harrison Avenue
Boston, Massachusetts 02118-2238, US

72

Inventor/es: **Schmidt, Kurt, E. y**
Faulkner, Roger

74

Agente: **Torner Lasalle, Elisabet**

ES 2 272 095 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

Condiciones de fallo que afectan a los servicios de datos de alta velocidad.

5 Esta solicitud versa generalmente acerca de las redes de comunicaciones, y más particularmente, acerca de propiedades eléctricas de las líneas de comunicación de hilos múltiples.

10 Recientemente, ha habido un incremento en la demanda de líneas de abonado en los servicios de la telefonía convencional ordinaria (POTS's, *plain ordinary telephone services*) para transportar señales digitales de alta velocidad. La demanda ha sido estimulada por el acceso desde casa tanto a Internet como a ordenadores de la oficina a distancia. Ambos tipos de acceso emplean típicamente una línea POTS como parte del trayecto para transportar señales digitales.

15 Las líneas POTS's se construyeron para transportar señales de voz a frecuencias audibles y también pueden transportar señales digitales como señales de tono en el intervalo de frecuencias cercano a las audibles. Servicios digitales modernos como la RDSI y el ADSL transmiten datos a frecuencias bastante por encima del intervalo audible. A estas altas frecuencias, las líneas POTS's que transmiten señales de voz bien pueden transmitir señales digitales mal. No obstante, a muchas empresas operadoras de telefonía (TELCO's, *telephone companies*) les gustaría ofrecer servicios de datos RDSI y/o ADSL a sus abonados.

20 Las líneas telefónicas entre una centralita de una TELCO y el domicilio de los abonados son fuentes frecuentes de un rendimiento pobre a las altas frecuencias características de las transmisiones RDSI y ADSL. Aun así, el alto coste ha hecho que un reemplazo extenso de estas líneas de abonados sea una solución indeseable para proporcionar a los abonados unas líneas capaces de soportar la RDSI y el ADSL. Una alternativa menos costosa sería reparar o quitar únicamente aquellas líneas de abonados que sean inadecuadas para transmitir datos digitales de alta velocidad.

25 Para limitar la sustitución o la reparación de líneas inadecuadas, las TELCO's han enfatizado el desarrollo de métodos para predecir qué líneas de abonados soportarán servicios de datos, tales como la RDSI y el ADSL. También se ha enfatizado en parte la predicción de intervalos de frecuencia a los que dichos servicios de datos se soportarían. También se han desarrollado algunos métodos para encontrar fallos en las líneas de abonados que ya soportan servicios de datos para que dichos fallos puedan repararse.

30 Típicamente, los métodos actuales para predecir la capacidad de que las líneas de abonados soporten transmisiones digitales de alta velocidad no están automatizados, son laboriosos e imponen accesos de prueba en múltiples puntos. A menudo, estos métodos conllevan utilizar interpretaciones expertas de medidas de alta frecuencia de parámetros de la línea para determinar la capacidad de la transmisión de datos. Dichas comprobaciones son muy costosas de implementar a nivel de red.

35 Backer *et al.*: "Telephone Access Network Measurements" ["Medidas de la Red de Acceso Telefónico"], *Telephone Access Network Measurements*, Octubre 1998 (1998 - 10), la patente XP002148949 expone un método de detección de fallos en conformidad con la parte precaracterística de la Reivindicación 1.

La presente invención está dirigida a superar o, al menos, reducir los efectos de uno o más de los problemas expuestos anteriormente.

45 La invención proporciona un método como se define en las Reivindicaciones 1 y 9 para detectar diferentes tipos de fallos.

Breve descripción de los dibujos

50 Serán claras otras características y ventajas de la invención a raíz de la siguiente descripción en conjunto con los dibujos en los que:

la fig. 1 muestra una parte de una red POTS que tiene un sistema para detectar fallos en líneas telefónicas de abonados;

55 la fig. 2A muestra una primera disposición de medición para realizar medidas eléctricas en un extremo de una línea telefónica de un abonado;

la fig. 2B es un circuito equivalente de la disposición de medición de la Fig. 2A;

60 la fig. 2C muestra una segunda disposición de medición para realizar medidas eléctricas en un extremo de una línea telefónica de un abonado;

la fig. 3 ilustra las distorsiones de señal producidas por el bus de comprobación y acceso de prueba de voz estándar;

65 la fig. 4 muestra un fallo por par separado en una línea de abonado;

la fig. 5 muestra cómo un error de empalme puede producir un fallo por par separado;

ES 2 272 095 T3

la fig. 6A muestra una rúbrica de la medición de fase de un desequilibrio resistivo en una línea de abonado;

la fig. 6B muestra una rúbrica de la medición de fase de un de un fallo por par separado en una línea de abonado;

5 la fig. 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método para detectar fallos en líneas de abonados con el sistema de las Figuras 1, 4 y 5;

la fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método para calificar líneas de abonados con el método de la Fig. 7;

10 la fig. 9 muestra un método para proporcionar servicios de datos de alta velocidad utilizando los métodos de las Figuras 7 y 8;

las fig. 10A-10E muestran líneas de abonados ejemplares que tienen diferentes mezclas de calibres;

15 la fig. 11 muestra una línea de abonado con una rama múltiple;

las fig. 12A-12E muestran estructuras ejemplares de líneas de abonados que tienen una rama múltiple;

20 la fig. 13 es un diagrama de flujo de un método para determinar la estructura física específica de una línea de abonado de un conjunto de referencia;

la fig. 14 es un diagrama de flujo de un método para encontrar la mejor correlación entre una línea de abonado y una línea modélica;

25 la fig. 15 es un diagrama de flujo de un método para calificar a las líneas de abonados; y

la fig. 16 es un diagrama de flujo de un método de trabajo para proporcionar servicios de datos de alta velocidad a abonados;

30 la fig. 17 es un diagrama de flujo de un método reiterativo para detectar ramas múltiples utilizando variables auxiliares;

la fig. 18A muestra atenuaciones de señal predichas y actuales de líneas de abonados nominales;

35 la fig. 18B muestra atenuaciones de señal predichas y actuales de líneas de abonados no nominales;

la fig. 18C muestra atenuaciones de señal predichas, predichas desplazadas y actuales para una línea de abonado nominal ejemplar;

40 la fig. 19 muestra un árbol de decisiones ejemplar;

la fig. 20 ilustra la acción de las reglas del árbol de decisiones de la Fig. 19 en un conjunto de líneas de abonados;

45 la fig. 21 es un diagrama de flujo que ilustra un método para crear los árboles de decisiones con métodos de aprendizaje de máquina; y

la fig. 22 es un diagrama de flujo de un método para determinar las reglas de ramificación del árbol de decisiones ilustrado en las Figuras 19-20.

50 Descripción de los ejemplos de realización preferidos

Aparatos de medición y verificación

55 La Fig. 1 muestra una parte de una red POTS 10 que tiene un sistema 11 para detectar fallos en las líneas de abonados 12-14. Las líneas de abonados 12-14 conectan unidades de abonado 16-18, o sea, *módems* y/o teléfonos, a una centralita telefónica 15. La centralita 15 conecta a las líneas de abonados 12-14 al resto de la red telefónica 10. La centralita 15 puede ser una centralita POTS u otro dispositivo, por ejemplo, un multiplexor de acceso al bucle de abonado digital (DSLAM, *digital subscriber loop access multiplexer*).

60 Cada línea de abonado 12-14 consiste en una línea telefónica de dos hilos trenzados estándar adaptada a las transmisiones de voz. Normalmente a los dos hilos se les conoce como los hilos negativo (*ring*) AR@ y el positivo (*tip*) AT@.

65 Gran parte de cada línea de abonado 12-14 está alojada en uno o más cables telefónicos estándar 22. El cable 22 contiene muchas líneas de abonados 12-14, por ejemplo, más de una docena, en una configuración muy compacta. El compacidad crea un entorno eléctrico que cambia las propiedades de transmisión de las líneas de abonados individuales 12-14.

ES 2 272 095 T3

Se llevan a cabo las medidas eléctricas para detectar fallos en las líneas por medio de una unidad de medición 40. En varios ejemplos de realización, la unidad de medición 40 incluye uno o ambos dispositivos 41 y 43. Cada dispositivo 41, 43 lleva a cabo mediciones eléctricas en un extremo en las líneas seleccionadas 12-14. En los ejemplos de realización preferidos, las mediciones eléctricas se toman en un extremo. El dispositivo 41 realiza mediciones en los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) de una línea de abonado seleccionada 12-14 en un modo común de configuración y produce resultados útiles para detectar pares separados. El dispositivo 43 puede medir admitancias de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) de una línea seleccionada 12-14 ya sean separadas o juntas y produce datos útiles para determinar la estructura física de la línea específica. La unidad de medición 40 también puede albergar otros dispositivos (no mostrados) para llevar a cabo otros tipos de mediciones eléctricas, o sea, en un extremo o en ambos extremos. La unidad de medición 40 se acopla a la centralita 15 mediante un *bus* de comprobación 42.

Los dispositivos 41, 43 se conectan a la centralita 15 a través de un *bus* de comprobación 42 y un acceso normal de voz para pruebas 44. El acceso de voz para pruebas 44 conecta eléctricamente cualquiera de los dispositivos 41 o 43 a las líneas de abonados 12-14 seleccionadas para la comprobación. El acceso de voz para pruebas 44 transmite generalmente señales eléctricas de bajas frecuencias entre 100 Hercios (Hz) y 20 kilo HZ (KHz). Pero, el acceso para pruebas 44 puede transmitir señales a frecuencias superiores, por ejemplo, hasta de 100 a 300 KHz, en algunas centralitas 15.

La unidad de medición 40 está controlada por un ordenador 46, que selecciona los tipos de medidas a realizar, el dispositivo 41, 43 a usar, y las líneas de abonados 12-14 a probar. El ordenador 46 envía señales de control a la unidad de mediciones 40 mediante una conexión 48, por ejemplo, una línea, red, o hilo dedicado, y recibe medidas resultantes de la unidad de medición 40 mediante la misma conexión 48.

El ordenador 46 contiene un programa de *software* para controlar las verificación de línea mediante la unidad de medición 40 y para detectar las condiciones de la línea o fallos con los resultados de la unidad de medición 40. El programa de *software* se almacena, de forma ejecutable, en un dispositivo de almacenamiento de datos 49, por ejemplo, un disco duro o memoria de acceso aleatorio (RAM). El programa puede también estar codificado en un medio de almacenaje legible 50, tal como un disco óptico o magnético, desde el que el programa puede ser ejecutado.

Para realizar la comprobación, la unidad de medición 40 manda una señal para que el acceso de voz para pruebas 44 conecte a la línea 12-14 a ser probada a hilos del *bus* 42 para conectar a los dispositivos internos 41, 43. Entonces, uno o ambos de los dispositivos internos 41, 43 llevan a cabo mediciones eléctricas en la línea seleccionada 12-14. Después de haberse completado las mediciones, la unidad de medición 40 manda una señal a la centralita 15 para desconectar la línea 12-14 de los hilos del *bus* 42.

El ordenador 46 puede clasificar líneas de abonados seleccionadas 12-14 antes de conectar completamente las líneas 12-14 para los servicios de datos. El intervalo de posibles categorías a las que se pueden asignar una línea 12-14 dependerá de las necesidades de negocio de una TELCO. Un simple, pero muy útil conjunto de categorías es "apto" y "no apto" para proporcionar servicios de datos. La clasificación se basa en determinar, con una alta certeza, que la línea seleccionada 12-14 no podrá soportar el servicio de datos especificado.

La Fig. 2A muestra una primera configuración 52 para llevar a cabo un tipo de medición eléctrica en un extremo con el dispositivo 41. Las mediciones se utilizan para detectar fallos como los pares separados en las líneas de abonados 12-14 de la Fig. 1.

El dispositivo 41 tiene una fuente de voltaje de frecuencia variable 54 para poner los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R de la línea de abonado 12-14 que se está comprobando. La fuente de voltaje junta ambos hilos, o sea, en una modo de configuración común, a una frecuencia controlada por la unidad de medición 40. Los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R de la línea 12-14 que se están verificando están conectados al dispositivo 41 mediante el acceso de voz para pruebas 44.

La fuente de voltaje 54 se conecta a un lado de las resistencias R_1 y R_2 . El segundo lado de las resistencias R_1 y R_2 se conecta al hilo positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R respectivo de la línea de abonado 12-14 que se está comprobando. Así, la fuente de voltaje 54 pone los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R en modo común a través de las resistencias correspondientes R_1 y R_2 .

Las resistencias R_1 y R_2 tienen la misma resistencia para que la fuente de voltaje 54 induzca los mismos voltajes V_1 , V_2 entre cada resistencia R_1 , R_2 y tierra si las corrientes I_T , I_R en las mismas también son iguales. Las diferencias en las impedancias de entrada Z_T , Z_R de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R hacen que los voltajes V_1 , V_2 difieran en amplitud y/o fase. Por ejemplo, los efectos de la inductancia mutua producidos por un par separado pueden hacer que las impedancias de entrada Z_T , Z_R no sean iguales.

Los voltímetros VM_1 y VM_2 miden amplitudes y fases de los voltajes V_1 y V_2 , respectivamente. A partir de las mediciones de los voltímetros VM_1 y VM_2 , el ordenador 46 puede obtener la diferencia de fase entre V_1 y V_2 .

La Fig. 2B muestra un circuito equivalente 55 para la configuración de medición 52 de la Fig. 4. En la configuración de modo común, los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R actúan como elementos de circuitos independientes 56,

ES 2 272 095 T3

57 que conectan la fuente de voltaje 54 a una tierra común 58. El hilo positivo (*tip*) T es equivalente a una impedancia Z_T en el circuito 56, y el hilo negativo (*ring*) R es equivalente a una impedancia Z_R en el circuito 57.

Las impedancias de entrada Z_T y Z_R pueden tener diferentes amplitudes y/o fases debido a la presencia de un fallo en cualesquiera de los hilos positivo (*tip*) o negativo (*ring*) T, R. Distintos valores para Z_T y Z_R producen diferentes corrientes I_T e I_R en los circuitos 56 y 57 y diferentes mediciones de voltajes V_1 y V_2 . La fase de la diferencia de voltaje $V_1 - V_2$ es proporcional a la diferencia de fase entre las impedancias de entrada de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R. En la fase de la diferencia $V_1 - V_2$, los efectos de terminación asociados a la unidad de abonado acoplada 16 pueden ser ignorados en su mayor parte.

La Fig. 2C muestra una configuración de medición 60 para llevar a cabo mediciones eléctricas en un extremo en una línea de abonado seleccionada 12-14 con el dispositivo 43 mostrado en la Fig. 1. El dispositivo 43 mide propiedades eléctricas, que pueden ser utilizadas para determinar la estructura física específica de las líneas 12-14 y para determinar las condiciones de la línea y fallos como se describe a continuación. En la solicitud de patente U.S. n° 09/294.563 ('563), presentada el 20 de abril de 1999 se han descrito algunos métodos para detectar con el dispositivo 43 fallos y condiciones en la línea. La solicitud '563 se incorpora en este documento, mediante referencia, en su integridad.

El dispositivo 43 está adaptado para medir admitancias entre el hilo positivo (*tip*) T, hilo negativo (*ring*) R, y tierra G para una línea de abonado 12-14 que esté siendo probada. Los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R de la línea 12-14 que esté siendo probada se acoplan a los voltajes de alimentación V_1' y V_2' a través de conocidas conductancias G_t y G_r . Los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R también se conectan a los voltímetros V_t y V_r . Los voltímetros V_t y V_r leen, respectivamente, el voltaje entre el hilo positivo (*tip*) T y la tierra G y entre el hilo negativo (*ring*) R y la tierra G. Las lecturas de los voltímetros V_t y V_r permiten determinar al ordenador 46 tres admitancias Y_{tg} , Y_{tr} y Y_{rg} entre los pares positivo (*tip*)-tierra, positivo (*tip*)-negativo (*ring*) y negativo (*ring*)-tierra, respectivamente.

El dispositivo 43 puede medir las admitancias a frecuencias preseleccionadas en el intervalo soportado por el acceso de voz para pruebas 44. La solicitud '563 ha descrito métodos para llevar a cabo dichas mediciones.

Haciendo referencia a la Fig. 3, el ordenador 46 puede compensar distorsiones de señal introducidas por el bus de comprobación 42 y/o el acceso de voz para pruebas 44. Para realizar la compensación, el ordenador 46 trata a las dos líneas del bus combinado 42 y al acceso para pruebas 44 como un sistema lineal de dos puertos. Después, las corrientes y voltajes I_T' , V_T' e I_R' , V_R' en las terminales de salida del dispositivo de medición 40 están relacionadas con las corrientes y voltajes I_T , V_T e I_R , V_R en las terminales de salida de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R mediante las siguientes ecuaciones matriciales 2x2:

$[I_T, V_T] = A(f) [I_T', V_T']$ e $[I_R, V_R] = A'(f) [I_R', V_R']$. Las matrices dependientes de la frecuencia A (f) y A' (f) están determinadas experimentalmente para cada bus 42 como para el acceso de voz para pruebas 44. Después, el ordenador 46 calcula las impedancias o admitancias de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R con las corrientes y voltajes I_T , V_T e I_R , V_R obtenidas de las ecuaciones anteriores.

La unidad de medición 40 y el ordenador 46 pueden detectar fallos como pares separados, desequilibrios resistivos, fallos metálicos, bobinas de carga, ramas múltiples, mezclas de calibres y altas atenuaciones de señal. La solicitud de patente U.S. n° 09/285.954 ('954), en tramitación con la presente, presentada el 2 de abril de 1999, describe la detección de algunos de estos fallos y se incorpora en este documento por medio de referencias en su integridad.

Pares separados

Haciendo referencia de nuevo a la Fig. 1, la estrecha proximidad puede producir inductivamente el cruce entre las líneas de abonados 12-14. El cruce está causado frecuentemente por señales de ruido grandes o de llamada en una de las líneas 12-14. La señal grande produce inductivamente señales en líneas cercanas 12-14. Para reducir el cruce, los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T, R de cada línea de abonado 12-14 están trenzados entre sí o bien se mantienen en estrecha proximidad dentro del cable 22. De este modo, las señales spray afectan a ambos hilos de un par para que las señales inducidas no impacten sobre la diferencia de señal entre los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*).

Haciendo referencia a la Fig. 4, los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T', R' de una línea de abonado 24 están separados espacialmente en una parte del cable 26. A la parte de la línea de abonado 24 en la que los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T', R' están separados espacialmente se la denomina un par separado. Un par separado T', R' tiene un alto riesgo de recoger señales cruzadas de otras líneas 28-29 del mismo cable 26 o fuentes de ruido externo como líneas de tensión (no mostradas).

Los pares separados también introducen discontinuidades de impedancia en las líneas de abonados, debido a que el par separado crea una variación de impedancia localizada y abrupta. Las discontinuidades de impedancia pueden causar reflexiones de señal y altas atenuaciones de señal en transmisiones digitales de alta velocidad.

La Fig. 5 ilustra un tipo de par separado, o sea, un par separado causado por un error de empalme. El error de empalme se dio cuando se unieron dos partes de una línea de abonado 32, que están ubicadas en dos cables distintos 33, 34. El empalme 35 ha unido hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T₁, R₂ de dos líneas distintas de pares trenzados

ES 2 272 095 T3

36, 37 en el cable 33 a los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T_3, R_3 de un único par trenzado 38 en el cable adyacente 34. Los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T_1, R_2 de la parte de la línea de abonado 32 están ampliamente separados en una parte sustancial del cable 33. Así, los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T_1, R_2 forman un par separado.

5 La detección de fallos por pares separados es difícil por varias razones. En primer lugar, porque los pares separados no producen efectos fácilmente detectables como fallos metálicos, o sea, hilos rotos o cortocircuitados, o desequilibrios de impedancias. En segundo lugar, porque los pares separados producen cruces que ocasionan fallos intermitentes dependiendo de las señales en líneas cercanas, por ejemplo, señales intermitentes de llamada. La intermitencia hace que dichos fallos sean difíciles de reconocer.

10 Las comprobaciones convencionales no han tenido mucho éxito determinando pares separados. No obstante, los pares separados pueden degradar la calidad de la línea de abonado para servicios de datos de alta velocidad.

15 Las Fig. 6A y 6B proporcionan los gráficos 68, 69 de la fase de la diferencia de voltaje $V_1 - V_2$ entre las resistencias R_1 y R_2 mientras se comprueban dos líneas de abonados ejemplares 12-14 con la configuración de medición 52 de la Fig. 4. Los gráficos 68, 69 proporcionan barridos de frecuencia de la diferencia de fase, que muestra rúbricas de fallos que pueden interferir con los servicios de datos de alta velocidad, por ejemplo, la RDSI o el ADSL.

20 Haciendo referencia a la Fig. 6A, el gráfico 68 muestra una rúbrica para un fallo de por desequilibrio resistivo en la línea de abonado probada 12-14. La rúbrica para un desequilibrio resistivo es un pico pronunciado en la fase de la diferencia de voltaje $V_1 - V_2$. El pico aparece en la diferencia de fase entre las impedancias de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*). El pico tiene una anchura estrecha que no es más de unos pocos cientos hasta aproximadamente 2 KHz, típicamente. Normalmente, la fase tiene una altura mayor de unos 5°.

25 Haciendo referencia a la Fig. 6B, el gráfico 69 muestra una rúbrica para un fallo de par separado en la línea de abonado probada 12-14. La rúbrica es una fase llana y sustancialmente constante para $V_1 - V_2$, o sea, una diferencia de fase no igual a cero sustancialmente constante entre las impedancias Z_T, Z_R de los hilos T, R. Típicamente, la fase tiene un valor de entre 0,5° y 1,5°. La fase no igual a cero y llana se extiende sobre una región de frecuencias que tienen al menos una anchura de 5.000 kilo Hz. La fase de Z_T y Z_R puede permanecer llana, no igual a cero, y sin pico desde
30 aproximadamente 100 Hz hasta aproximadamente 20.000 Hz si hay un par separado presente, o sea, por el intervalo de frecuencias medible a través del acceso de voz para pruebas 44, mostrado en la Fig. 1. Una diferencia de fase no igual a cero y sustancialmente independiente de la frecuencia entre las impedancias de entrada Z_T, Z_R de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) es una rúbrica para un par separado en una línea de abonado 12-14 que esté siendo probada.

35 La Fig. 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método 70 para detectar un fallo en la línea de abonado 12-14 con el sistema 11 de la Fig. 1. El ordenador 46 selecciona la línea de abonado 12-14 para comprobar si hay fallos (paso 72). La unidad de medición 40 se conecta eléctricamente a la línea seleccionada 12-14 mediante el acceso de voz para pruebas 44 de la centralita de la TELCO 15 (paso 74). La conexión produce la configuración de medición 52 ilustrada en las Figuras 4 y 5.

40 La unidad de medición 40 realiza mediciones eléctricas en un extremo para determinar una señal proporcional a la diferencia de fase de las impedancias de entrada Z_T, Z_R de los hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) de la línea seleccionada 12-14 (paso 76). La cantidad medida en realidad es la fase de $V_1 - V_2$, que es proporcional a la fase de la diferencia entre las impedancias de entrada Z_T, Z_R . El dispositivo 41 mide la fase mediante la alimentación de los
45 hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) en la configuración de modo común mostrada en la Fig. 4. Las frecuencias de alimentación van desde entre aproximadamente 100 Hz hasta 20.000 kilo Hz y son accesibles a través del acceso de voz para pruebas 44. Dichas frecuencias son muy bajas comparadas con las frecuencias de transmisión de los servicios de datos de alta velocidad como la RDSI y el ADSL.

50 El ordenador 46 analiza las mediciones de la fase como una función de la frecuencia para determinar si la fase tiene una rúbrica para un fallo de línea (paso 78). Los fallos de línea que producen rúbricas en la fase incluyen pares separados y desequilibrios de resistencias como se ha descrito anteriormente en relación a las Figuras 6B y 6A, respectivamente. Son posibles otras rúbricas, por ejemplo, para otros tipos de fallos. Si se encuentra una rúbrica para un fallo de línea, el ordenador 46 identifica que se ha detectado un fallo (paso 80). La identificación puede conllevar
55 realizar un acto de notificación. El acto de notificación puede incluir la cumplimentación de una entrada en un fichero que enumere los fallos en las líneas de abonados 12-14, mostrando un aviso en la pantalla del operador 47 o en una pantalla de un técnico del servicio (no mostrada), o informando a un programa que identifica las líneas de abonados 12-14. Si no se encuentran rúbricas para fallos de línea, el ordenador 46 identifica la ausencia de fallos de línea asociados con rúbricas para la línea seleccionada 12-14, por ejemplo, al realizar un acto de notificación (paso 82).

60 La Fig. 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método 90 para una verificación que determina si las líneas de abonados 12-14 de la Fig. 1 son aptas o no aptas para un servicio de datos de alta velocidad. Para comenzar una comprobación, un operador o el ordenador 46 selecciona una línea de abonado 12-14 (paso 92). El operador u
65 ordenador 46 también selecciona el tipo de servicio de datos para el que la línea de abonado seleccionada 12-14 va a ser probada (paso 94). Por ejemplo, los tipos de servicio pueden ser RDSI o ADSL. Después de seleccionar la línea 12-14 y el tipo de servicio, la unidad de medición 40 realiza mediciones eléctricas en un extremo para detectar tipos preseleccionados de fallos en la línea seleccionada 12-14 (paso 96). Las mediciones en un extremo incluyen verificaciones en conformidad con el método 70 de la Fig. 7 para detectar pares separados.

ES 2 272 095 T3

Los otros tipos de fallos y condiciones de línea, que están seleccionados para la comprobación, dependen de los tipos y velocidades de los servicios de datos, las propiedades de la centralita 15, y el tipo de *módem* a ser utilizado. Frecuentemente, las verificaciones comprueban si hay grandes atenuaciones de señal, desequilibrios resistivos, y la presencia de bobinas de carga, fallos metálicos, o ramas múltiples, porque estas condiciones y fallos pueden descalificar a una línea para el servicio de datos de alta velocidad. Pero, las comprobaciones de aptitud pueden también comprobar los desequilibrios capacitivos, y los niveles de ruido por encima del umbral, porque estas condiciones también pueden afectar los resultados de la calificación. Los métodos y aparatos para detectar algunas de estas condiciones y fallos están descritos en las solicitudes de patentes en tramitación con la presente.

Una solicitud semejante es la solicitud de patente U.K. n° 9914702,7, titulada “Calificando Líneas Telefónicas para Transmisión de Datos” (“Qualifying Telephone Lines for Data Transmission”), por Roger Faulkner, presentada el 23 de junio de 1999, que se incorpora en este documento mediante referencia, en su integridad. Otras solicitudes semejantes en tramitación con la presente incluyen las solicitudes de patentes '954 y '563 mencionadas anteriormente.

Si se detecta uno de los tipos preseleccionados de fallos o condiciones de línea, el ordenador 46 notifica que la línea de abonado seleccionada 12-14 no es apta para las transmisiones de datos seleccionadas (paso 98). De lo contrario, el ordenador 46 notifica que la línea seleccionada 12-14 es apta para el servicio de datos seleccionado (paso 100).

Para notificar el estado de la línea probada, el ordenador 46 realiza una entrada en una lista almacenada en el dispositivo de almacenaje 49. La lista identifica la línea, servicio de datos, y el estado de apto o no apto. El ordenador 46 también puede notificar el estado de la línea mostrando una señal de no apto o apto en la pantalla 47 siendo visible para un operador.

La Fig. 9 es un diagrama de flujo para un método 101 utilizado por una TELCO para proporcionar un servicio de datos de alta velocidad, por ejemplo, RDSI o ADSL, a los abonados telefónicos. Las TELCO programan el ordenador 46 de la Fig. 1 para seleccionar automáticamente líneas de abonados individuales 12-14 conectadas a la centralita local 15 (paso 102). Como respuesta al seleccionar la línea 12-14, el acceso de voz para pruebas 44 conecta la línea seleccionada 12-14 a la unidad de medición 40 para probarla (paso 104). La unidad de medición 40 conecta la línea seleccionada 12-14 a un dispositivo de medición 41 y también puede conectar la línea seleccionada 12-14 a otros dispositivos de medición internos (no mostrados). El ordenador 46 y la unidad de medición 40 determinan si la línea seleccionada 12-14 tiene un par separado y es apta para el servicio de datos en conformidad con los métodos 70, 90 de las Figuras 7 y 8 (paso 106). A continuación, el ordenador 46 actualiza una lista grabando las identidades de las líneas 12-14 que son aptas y de las líneas 12-14 que tienen pares separados (paso 108). El ordenador 46 espera un tiempo preseleccionado y reinicia las comprobaciones para otra de las líneas 12-14 en el paso 102.

La TELCO comprueba regularmente la lista para determinar si cualquiera de las líneas 12-14 tienen pares separados (paso 110). Si una línea tiene un par separado, la TELCO realiza una acción de negocio basada en la presencia del fallo de par separado (paso 112). La acción de negocio puede incluir mandar a un trabajador a reparar o sustituir la línea afectada 12-14, designar la línea afectada 12-14 como incapaz para transmitir datos, o fijar una facturación reducida debida a la presencia del fallo.

La TELCO también comprueba regularmente la lista para determinar si cualquiera de las líneas 12-14 son aptas para los servicios de datos de alta velocidad (paso 114). Como respuesta al encontrar que una o más de las líneas 12-14 son aptas, la TELCO realiza una acción de negocio en relación a la aptitud de la línea (paso 116). Por ejemplo, la TELCO puede ofrecer un servicio de datos de alta velocidad a abonados que tienen líneas 12-14 aptas para el servicio de datos y que actualmente no estén abonados al servicio de datos.

Estructura física específica de las líneas de abonados

Haciendo referencia de nuevo a la Fig. 1, las líneas de abonados 12-14 pueden tener gran diferencia de estructuras físicas. Se describe a la estructura física de una línea específica por las propiedades tales como la longitud de la línea, calibre o calibres, y el contenido de las ramas múltiples. Las interpretaciones de las medidas eléctricas para obtener las propiedades de transmisión de la línea tales como la atenuación de señal dependen de la estructura física específica de la línea. Por lo tanto, conocer la estructura física específica de una línea de abonado ayuda al predecir cuán bien la línea 12-14 soportará los servicios de datos digitales de alta velocidad, por ejemplo, para predecir las velocidades de datos máximas.

Las Figuras 10A-E ilustran parámetros que describen los parámetros de mezcla de calibres a través de líneas ejemplares 121-125 en las que las anchuras dibujadas representan los calibres de los hilos. Las líneas 121, 122 tienen estructuras uniformes descritas por diferentes calibres de hilo. Las líneas 124, 125 tienen estructuras segmentadas en las que segmentos adyacentes tienen diferentes calibres de hilo, o sea, mezcla de calibres. La composición del calibre de estas líneas 124, 125 se describe por longitudes de segmentos y calibres de segmentos. Las estructuras también están descritas por la disposición en serie de los segmentos. La línea 123 tiene diferentes hilos positivo (*tip*) y negativo (*ring*) T₄, R₄ y está descrita por el calibre de los hilos T₄, R₄.

Haciendo referencia ahora a la Fig. 11, una línea de abonado 127 tiene un par de hilos trenzados extra 128 empalmados en la línea 127. Nos referimos al par de hilos empalmados 128 como una rama múltiple. La existencia o

ES 2 272 095 T3

ausencia de ramas múltiples es un parámetro que también influencia cuán bien la línea de abonado 127 soportará servicios de datos digitales de alta velocidad.

En los Estados Unidos de América, muchas líneas de abonados tienen ramas múltiples debido a la forma en la que las líneas telefónicas se tendieron en las subdivisiones de las viviendas. Las líneas telefónicas que tendieron antes de determinar la posición exacta de las casas o de las subdivisiones. Las líneas discurrían cerca de posiciones planificadas de varias casas. Cuando más tarde se construyeron las casas, el constructor conectó las unidades telefónicas al punto más cercano en una de las líneas telefónicas tendidas originalmente. Las partes sin conectar de las líneas originales produjeron ramas múltiples.

La rama múltiple 128 refleja señales de la terminación 129. Luego las señales reflejadas vuelven por la línea de abonado 127 e interfieren con las señales de la línea de abonado 127. La interferencia más perjudicial se da cuando la señal reflejada está desfasada con la señal entrante. En dicho caso, la señal reflejada interfiere destructivamente con la señal entrante de la línea de abonado 127.

La longitud de la rama múltiple 128 determina la diferencia de fase entre las señales original y reflejada. Para señales digitales de alta velocidad cuyas frecuencias llegan hasta aproximadamente 1 mega Hercio (MHz), por ejemplo, señales de ADSL, puede darse una cancelación sustancial si la rama múltiple 128 tiene una longitud de entre aproximadamente 60 y 200 metros. En los Estados Unidos de América, las ramas múltiples restantes de la construcción de muchas subdivisiones de las viviendas tienen longitudes en este intervalo. Así, la capacidad para detectar y eliminar la rama múltiple 128 es útil para las TELCO's que quieren ofrecer servicios de datos digitales de alta velocidad a sus abonados.

Las Figuras 12A-12E ilustran parámetros de estructura que describen las ramas múltiples 130, 134 a través de líneas de abonados ejemplares 135-139. Las líneas 135, 136 tienen ramas múltiples 130, 131 descritas por diferentes longitudes físicas. Las líneas 137-138 tienen ramas múltiples 132, 133 descritas por diferentes ubicaciones a lo largo de las líneas 137, 138. La línea 139 tiene una rama múltiple 134, que está al menos parcialmente descrito por su ubicación a lo largo de un segmento particular de la línea 139. Finalmente, las líneas 136, 139 tienen ramas múltiples 131, 134 descritas por diferentes calibres.

Para determinar las estructuras físicas específicas de líneas de abonados desconocidas, se puede utilizar un conjunto de referencia de líneas modélicas. Un conjunto de referencia es un conjunto de líneas modélicas con estructuras físicas específicas diferentes y conocidas. Para determinar la estructura física específica de una línea de abonado desconocida, se comparan las propiedades medidas de la línea desconocida a las mismas propiedades de líneas modélicas. Si se encuentra una semejante, la línea desconocida tiene la misma estructura física específica que la línea modélica semejante.

Se pueden compilar datos de referencia de la estructura física específica de las líneas modélicas en un fichero de datos de referencia o en un conjunto de ecuaciones de referencia. Tanto el fichero de datos de referencia como el conjunto de ecuaciones de referencia ponen un índice a las líneas modélicas individuales por valores de un conjunto preseleccionado de propiedades eléctricas mensurables. En algunos ejemplos de realización, las propiedades eléctricas preseleccionadas son las admitancias dependientes de la frecuencia mensurables con el dispositivo 43 de la Fig. 2C.

El contenido de las líneas modélicas en el conjunto de referencia puede estar hecho a la medida de las estructuras predichas de las líneas de abonados desconocidas. Por ejemplo, si las líneas desconocidas no tienen ramas múltiples, el conjunto de referencia puede no tener líneas modélicas con ramas múltiples. Por otra parte, si las líneas desconocidas pueden tener ramas múltiples, el conjunto de referencia incluye algunas líneas modélicas con ramas múltiples. El conocimiento del sistema utilizado para tender las líneas de abonados que han de ser verificadas puede ayudar a determinar el mejor contenido de las líneas modélicas para el conjunto de referencia. Para distintas poblaciones de líneas de abonados, los conjuntos de referencia pueden estar seleccionados empíricamente o basados en conocimientos humanos.

Típicamente, el conjunto de referencia incluye líneas modélicas que tienen valores uniformemente variables de los parámetros descritos con respecto a las Figuras 10A-10E y 12A-12E. Las líneas modélicas tienen una distribución de longitudes y pueden incluir uno, dos o tres segmentos con cero, una o dos ramas múltiples, y una distribución de terminadores de carga de abonado. Los segmentos y las ramas múltiples pueden tener longitudes, ubicaciones y calibres variables.

La Fig. 13 es un diagrama de flujo de un método 140 para determinar la estructura física específica de línea de las líneas de abonados 12-14 de la Fig. 1 a partir de un conjunto de referencia de líneas modélicas. Para empezar, un operador o el ordenador 46 selecciona una línea de abonado (sl) para probarla (paso 142). El ordenador 46 manda a la unidad de medición 40 que realice las mediciones eléctricas en un extremo preseleccionadas en la línea de abonado seleccionada en un intervalo de frecuencias (paso 144).

En un ejemplo de realización, las mediciones eléctricas son tomadas en un extremo y llevadas a cabo por el dispositivo 43, mostrado en la Fig. 2C. Durante las mediciones, la fuente de voltaje 54 alimenta los hilos positivo (*tip*) y/o negativo (*ring*) de la línea de abonado seleccionada 12-14 con fuentes de voltaje V_1 , V_2 . La frecuencia de alimentación barre un intervalo, por ejemplo, desde aproximadamente 100 Hercios hasta aproximadamente 20.000 a

ES 2 272 095 T3

40.000 Hercios, y se mide una o más de las admitancias Y_{tg} , Y_{tr} , Y_{rg} para varias frecuencias de alimentación. Las mediciones proporcionan admitancias de entrada complejas, o sea, amplitudes y fases para un conjunto de frecuencias preseleccionado “f”.

5 Después de realizar las mediciones, el ordenador 46 busca la “mejor” correspondencia entre las líneas modélicas que pertenecen al conjunto de referencia y a la línea de abonado seleccionada (paso 146). La búsqueda para las correspondencias consta de comparar propiedades eléctricas preseleccionadas de la línea de abonado seleccionada con las mismas propiedades de las líneas modélicas. Para la línea de abonado seleccionada, los valores de las propiedades eléctricas preseleccionadas se obtienen a partir de mediciones eléctricas en un extremo. Para las líneas modélicas, los valores de esas mismas propiedades eléctricas se miran en un fichero del dispositivo de almacenaje de datos 49 o se calculan a partir de un conjunto de ecuaciones de referencia. La comparación determina qué línea modélica es la que “más” se asemeja a la línea de abonado seleccionada.

15 El ordenador 46 identifica una estructura física específica de línea para una línea de abonado seleccionada 12-14 que tiene la misma forma que una estructura física específica de línea de la línea modélica “más” semejante (paso 148). Identificar la estructura física específica de la línea puede incluir notificar acerca de la estructura, por ejemplo, mostrar los valores de parámetros para la estructura física específica a un operador, escribir los valores a un fichero, o proporcionar los valores a una aplicación de *software*. Por ejemplo, la aplicación de *software* puede usar la información sobre la correlación para calificar a descalificar a la línea seleccionada 12-14. Los parámetros pueden proporcionar mezclas de calibre y ubicaciones y posiciones de ramas.

25 Para las líneas modélicas, las estructuras físicas específicas están almacenadas en el mismo fichero enumerando las propiedades eléctricas de las líneas modélicas o determinadas a partir de las ecuaciones de referencia. Los valores concretos de las propiedades eléctricas y los parámetros estructurales de las líneas modélicas se obtienen antes de probar la línea de abonado mediante cálculos analíticos o experimentación.

30 En un ejemplo de realización preferido, el ordenador 46 encuentra la línea modélica que “más” se asemeja calculando una función de error para cada línea modélica (ml). La función de error tiene una de dos formas E o E’ dadas por:

$$E = \sum_f W(f) | M_{ml}(f) - M_{sl}(f) | \quad \text{y} \quad E' = \sum_f W(f) | M_{ml}(f) - M_{sl}(f) |^{2Q}.$$

35 $M_{ml}(f)$ y $M_{sl}(f)$ son los valores de las propiedades eléctricas dependientes de la frecuencia preseleccionadas de la línea modélica (ml) y de la línea de abonado seleccionada (sl), respectivamente. Q y W(f) definen la forma de las funciones de error, o sea, E o E’. Q es un entero fijo, por ejemplo, 1 o 2. W(f) es una función de peso definitivo positivo, por ejemplo, una función de la frecuencia “f” o una constante.

40 En algunos ejemplos de realización, las propiedades eléctricas preseleccionadas $M_{ml}(f)$, $M_{sl}(f)$ son las fases de una o más admitancias complejas de las líneas sl, ml. Varios ejemplos de realización emplean la fase de la admitancia positivo (*tip*)-a-tierra Y_{tg} , la fase de la admitancia negativo (*ring*)-a-tierra Y_{rg} , y/o la fase de la admitancia positivo (*tip*)-a-negativo (*ring*) Y_{tr} . Si se utilizan las admitancias positivo (*tip*)-a-tierra o negativo (*ring*)-a-tierra Y_{tg} , Y_{rg} , no se ven muchos efectos de terminación debidos a las unidades de abonado 16-18 de la Fig. 1. La fase de estas admitancias es normalmente pequeña, por ejemplo, 4° o menos, e iguala aproximadamente la relación de las partes imaginaria y real de la admitancia. En tal caso y Q = 1, la función de error E’ es:

$$E' = \sum_f W [\text{Im}(\text{admitancia})_{ml} / \text{Re}(\text{admitancia})_{ml} - \text{mi}(\text{admitancia})_{sl} / \text{Re}(\text{admitancia})_{sl}]^2$$

50 En otro ejemplo de realización, las propiedades eléctricas preseleccionadas $M_{ml}(f)$, $M_{sl}(f)$ son las admitancias complejas completas de las líneas sl, ml, o sea, Y_{tg} , Y_{rg} y/o Y_{tr} . Utilizando las propias admitancias complejas puede reducir los tiempos de cálculo.

55 Finalmente, en algunos ejemplos de realización, la mejor correlación con la línea de abonado seleccionada 12-14 puede incluir varias líneas modélicas diferentes, por ejemplo, líneas modélicas que están generando errores con un valor por debajo del umbral. En estos ejemplos de realización, el ordenador 46 identifica a la línea de abonado seleccionada 12-14 como que tiene una o más características de todas las líneas con “mejor correlación”. Por ejemplo, el ordenador 46 puede identificar a la estructura física específica de una línea de abonado seleccionada 12-14 como que tiene una rama múltiple si todos las líneas modélicas más semejantes tienen una rama múltiple. Entonces, el ordenador 60 46 puede usar la presencia de una rama múltiple en combinación con otras mediciones para calificar o descalificar a la línea 12-14.

65 La Fig. 14 ilustra un método 150 para determinar las “más” semejantes utilizando las fases descritas anteriormente. El ordenador 46 determina la longitud de la línea de abonado seleccionada utilizando mediciones de baja frecuencia para la capacitancia de la línea llevadas a cabo por la unidad de medición 40 y el dispositivo 43 (paso 152). A continuación, el ordenador 46 selecciona una línea modélica que tiene la misma longitud que la línea de abonado seleccionada (paso 154).

ES 2 272 095 T3

El ordenador 46 restringe las comparaciones a líneas modélicas de la misma longitud que la línea de abonado, porque la longitud física de la línea afecta a los valores de las fases de admitancias. Limitando las comparaciones a este subconjunto del conjunto de referencia elimina similitudes falsas con líneas modélicas cuyas longitudes difieren de la longitud de la línea de abonado seleccionada.

El ordenador 46 calcula la función de error E', basada en la fase de las admitancias preseleccionadas, para la línea modélica seleccionada (155). El ordenador 46 comprueba si quedan otras líneas modélicas con la misma longitud (paso 156). Si quedan otras líneas, el ordenador 46 determina E' de nuevo para otra línea modélica seleccionada (paso 157). Si no quedan otras líneas, el ordenador 46 notifica la línea modélica que tiene el menor valor para la función de error E' como la "más" semejante a la línea de abonado seleccionada (paso 158).

Dado que el conjunto de referencia puede contener tantas como 10.000 a 100.000 líneas modélicas, el método 150 puede buscar en el conjunto de referencia de manera jerárquica para reducir el número total de búsquedas. En un esquema jerárquico, una primera búsqueda divide el conjunto de referencia en grupos no solapados de líneas modélicas. Cada grupo tiene gran cantidad de líneas con estructuras físicas específicas similares y define una línea modélica como representativa del grupo. La primera búsqueda utiliza el método 150 para determinar el "más" semejante entre las líneas de abonados seleccionada y una de las líneas modélicas representativas. Una segunda búsqueda utiliza un método 150 con las líneas modélicas del grupo asociado con la línea modélica representativa más semejante encontrada en la primera búsqueda.

La Fig. 15 es un diagrama de flujo que ilustra un método 160 de calificar a las líneas de abonados, por ejemplo, líneas 12-14 de la Fig. 1, para un servicio de datos de alta velocidad, por ejemplo, RDSI o ADSL. Después de seleccionar una línea de abonado para probar, el ordenador 46 busca un conjunto de referencia de líneas modélicas para la mejor correlación con la línea de abonado seleccionada utilizando los métodos 140, 150 de las Figuras 13 y 14 (paso 162). El ordenador 46 identifica que la línea de abonado seleccionada tiene una rama múltiple o mezcla de calibres en respuesta a que la línea modélica de "mejor" correlación tiene una rama múltiple o una mezcla de calibres, respectivamente (paso 163). El ordenador 46 califica o descalifica a la línea de abonado seleccionada para el servicio de datos, al menos en parte, basándose en si la línea de abonado tiene una rama múltiple o mezcla de calibres (paso 164).

En algunos ejemplos de realización, el ordenador 46 utiliza la atenuación de señal para calificar o descalificar a la línea de abonado seleccionada en conformidad con un método descrito en la solicitud de patente U.S. n° 08/294.563 ('563), en tramitación con la presente. En esos ejemplos de realización, el ordenador 46 calcula la atenuación de señal mediante los métodos descritos en la solicitud '563. Luego, el ordenador 46 ajusta el valor calculado de la atenuación de señal hacia arriba o hacia abajo dependiendo de un factor de calidad. El factor de calidad depende de la estructura física específica de la línea, por ejemplo, si en la línea de abonado tiene o carece de una rama múltiple y/o una mezcla de calibres.

En conformidad con el valor del factor de calidad, el ordenador 46 ajusta una atenuación de señal calculada hacia arriba o hacia abajo en cantidades preseleccionadas. Por ejemplo, la atenuación puede ser disminuida, no cambiarse, o incrementada en respuesta a que el factor de calidad sea bueno, medio o pobre, respectivamente. Entonces, el ordenador utiliza la atenuación de señal ajustada para determinar si la línea de abonado es apta o no apta para el servicio de datos en conformidad con los métodos descritos en la solicitud '563.

En otros ejemplos de realización, el ordenador 46 descalifica a algunas estructuras físicas específicas de línea. Por ejemplo, si los métodos descritos anteriormente conllevan a la detección de una rama múltiple, el ordenador 46 puede descalificar a la línea para el servicio de datos.

La Fig. 16 es un diagrama de flujo que ilustra un método de trabajo 165, utilizado por una TELCO para proporcionar un servicio de datos de alta velocidad a sus abonados. La TELCO determina qué línea de abonado 12-14 de la Fig. 1 es apta y/o no apta para el servicio de datos en conformidad con el método 160 de la Fig. 15 (paso 166).

Utilizando el método 160, el ordenador 46 determina si se encuentran presentes estructuras de línea, por ejemplo, ramas múltiples y/o mezclas de calibres seleccionados. Entonces se utiliza la estructura física específica para ajustar las predicciones de las propiedades eléctricas de la línea de abonado, por ejemplo, una atenuación de señal. Si los valores ajustados de las propiedades eléctricas están por fuera de los límites para el servicio de datos la línea no es apta.

Entre los abonados con líneas aptas 12-14, la TELCO determina qué abonados que tienen líneas aptas no están abonados al servicio de datos (paso 167). La TELCO ofrece el servicio de datos a los abonados que tengan líneas aptas y no estén abonados al servicio en ese momento (paso 168).

Como respuesta al encontrar abonados con líneas no aptas 12-14, la TELCO repara o sustituye esas líneas 12-14 (paso 169).

65 *Detección reiterativa de ramas múltiples*

Haciendo referencia de nuevo a la Fig. 1, las comprobaciones para las ramas múltiples se llevan a cabo preferiblemente con mediciones eléctricas en un extremo que se realizan sobre líneas de abonados 12-14 mediante el acceso

ES 2 272 095 T3

“normal” de voz para pruebas 44. El acceso de voz para pruebas 44 actúa como un filtro de paso bajo, que elimina las frecuencias por encima de 20 a 100 KHz. Así, las mediciones eléctricas están normalmente restringidas a frecuencias bajas entre aproximadamente 20 Hz y 100 KHz.

5 Las ramas múltiples manifiestan su presencia por medio de picos en la atenuación de señal a altas frecuencias, por ejemplo, entre aproximadamente 200 KHz y 1.000 KHz. Son difíciles y es propenso a errores el predecir y las características de la atenuación de señal de alta frecuencia a partir de las mediciones de baja energía, que están disponibles a través del acceso de voz para pruebas 44. Los métodos actuales predicen equivocadamente la presencia o ausencia de ramas múltiples en aproximadamente el 40% de los casos. Las predicciones equivocadas son costosas para los abonados y TELCO's, porque pueden ser oportunidades perdidas de servicios de datos de alta velocidad y pueden también tener como resultado que se invierta en equipos de transmisión que las líneas no soportan.

15 La precisión de las comprobaciones para las condiciones de línea y fallos, por ejemplo, ramas múltiples, se pueden mejorar con métodos reiterativos de generalización que utilicen múltiples capas de clasificación. Los clasificadores determinan los valores de las variables auxiliares, que son las etiquetas que ellos asignan para clasificar a las líneas de abonados 12-14. Las variables auxiliares se generan como salidas de clasificadores. Las variables auxiliares por lo tanto, están relacionadas indirectamente con las mediciones eléctricas en las líneas 12-14 a través de las relaciones probabilísticas englobadas en los clasificadores. Los clasificadores reiterativos pueden ser árboles de decisiones, redes neurales, razonadores empíricos, o clasificadores de base estadística. Las antiguas propiedades eléctricas y las nuevas variables auxiliares pueden combinarse en clasificadores que proporcionan fuertes correlaciones entre valores de estas cantidades y la presencia o ausencia de fallos y condiciones de línea, tales como ramas múltiples y mezclas de calibres.

25 La Fig. 17 es un diagrama de flujo que ilustra un método 170 para utilizar clasificadores reiterativos para detectar condiciones o fallos de una línea seleccionada a partir de mediciones eléctricas llevadas a cabo con el sistema 11 de la Fig. 1. El sistema 11 realiza preferiblemente mediciones eléctricas en un extremo en una línea de abonado seleccionada 12-14 utilizando la configuración 52 o la configuración 60, mostradas en las Figuras 2A-2C, 3 (paso 172). A estas mediciones, el ordenador 46 aplica un conjunto de reglas que definen un conjunto preseleccionado de propiedades eléctricas derivadas para la línea seleccionada 12-14 (paso 173). Las relaciones algebraicas relacionan a las propiedades derivadas con las mediciones. Se enumeran las propiedades eléctricas medidas y derivadas en el Apéndice A.

35 Las propiedades medidas y derivadas forman conjuntamente las propiedades de entrada para clasificadores reiterativos. Estas propiedades de entrada pueden incluir un valor preliminar de la atenuación de señal, la longitud de línea, las impedancias de línea, y relaciones de impedancias de línea. La selección de las propiedades de entrada de línea para el conjunto reiterativo pueden ser cambiadas para acomodar diferentes composiciones predichas de las líneas de abonados 12-14 que estén siendo probadas.

40 En cada capa U, V de los clasificadores, mostrados en la Fig. 17, el ordenador 46 determina valores de una o más variables auxiliares para la línea seleccionada 12-14. Las variables auxiliares pueden ser variables de tipo lógico que indican que la línea 12-14 está etiquetada por una característica. Las variables auxiliares pueden también ser variables de tipo probabilística, indicando cada una la probabilidad de que la línea 12-14 esté etiquetada por una de una pluralidad de características.

45 En la primera capa U de la pila, el ordenador 46 aplica un primer clasificador a las mediciones eléctricas de entrada y propiedades para determinar una primera variable auxiliar (paso 175). La primera variable auxiliar caracteriza a la línea 12-14 con una etiqueta “nominal” o una etiqueta “no nominal”.

50 En una línea nominal, las propiedades a baja frecuencia proporcionan una buena predicción de la atenuación de señal a altas frecuencias donde las ramas múltiples afectan mucho a la atenuación. Así, conocer el valor de una variable auxiliar que etiqueta a una línea como nominal o no nominal puede mejorar la precisión de las predicciones acerca de la presencia de fallos de línea como las ramas múltiples.

55 También en la primera capa U, el ordenador 46 aplica uno o más segundos clasificadores a las propiedades eléctricas de entrada para determinar una o más de las otras variables auxiliares (paso 176). Estas variables auxiliares proporcionan una predicción preliminar de si la línea seleccionada 12-14 es apta o no apta para uno o más servicios de datos de alta velocidad. En algunos ejemplos de realización, los valores de las variables auxiliares, encontrados en el paso 176, indican si la línea de abonado 12-14 es apta para servicios de datos de RDSI, ADSL o para ninguno.

60 Las descalificaciones para los servicios de datos de alta velocidad se correlacionan con la presencia de una rama múltiple, porque una rama múltiple resta a la capacidad de una línea a llevar señales de alta frecuencia. Por lo tanto, conocer un valor de una variable auxiliar que etiqueta preliminarmente a una línea como apta o no apta para transmisiones de datos puede mejorar la precisión de las predicciones acerca de la presencia o ausencia de ramas múltiples.

65 Los pasos 175 y 176 pueden ser llevados a cabo en paralelo o de manera secuencial. Si estos pasos 175 y 176 son secuenciales, el valor de la salida de variable auxiliar por un paso previo puede ser utilizado en un paso posterior. Si el paso 175 es anterior, el clasificador del paso 176 puede utilizar la variable auxiliar que etiqueta a la línea 12-14 como nominal o no nominal, como una entrada. Si el paso 176 es anterior, el clasificador del paso 175 puede utilizar

ES 2 272 095 T3

las variables auxiliares proporcionando una calificación o descalificación previa para transmisiones de datos como entradas.

5 En la segunda capa V de la pila, el ordenador 46 aplica un clasificador a las variables auxiliares de los pasos 175 y 176 y a las mediciones eléctricas y propiedades de los pasos 172 y 173. Este clasificador determina si la línea de abonado seleccionada 12-14 tiene un tipo preseleccionado de fallo o condición de línea (paso 177). Por ejemplo, el fallo o condición puede ser la existencia de una rama múltiple o una mezcla de calibres.

10 La pila en capas U, V puede predecir la presencia o ausencia de ramas múltiples con una precisión sustancialmente mejorada. La pila en dos capas de la Fig. 17 puede predecir la presencia de ramas múltiples con una precisión de entre el 75% y el 85% y la ausencia de ramas múltiples con una precisión de más de aproximadamente el 97%.

15 En los pasos 175, 176 y 177, los clasificadores analizan los datos de entrada para determinar los valores de datos de salida. En lo sucesivo nos referimos a los datos de entrada, que incluyen mediciones en un extremo, propiedades derivadas de mediciones llevadas a cabo en un extremo, y/o variables auxiliares, como características de línea. A los datos de salida, que son valores de variables auxiliares, nos referimos como etiquetas clasificadoras.

20 Sus características de línea y etiquetas pueden describir a los clasificadores de los pasos 175, 176 y 177. El clasificador en el paso 175 utiliza las propiedades eléctricas medidas y derivadas seleccionadas de la línea seleccionada 12-14 como características para formar clases con las etiquetas "nominal" y "no nominal". El clasificador del paso 176 utiliza las mismas características para formar clases con las etiquetas "apta para RDSI", "apta para ADSL" o "no apta para servicio de datos" en un ejemplo de realización. El clasificador del paso 177 utiliza las mismas características y valores de las etiquetas de caracterización de los pasos 175, 176 para formar clases con las etiquetas "presencia de rama múltiple" y "ausencia de rama múltiple".

25 La etiqueta "nominal" describe un tipo de atenuación de señal a lo largo de un intervalo que incluye tanto las mediciones de bajas frecuencias y servicio de datos de altas frecuencias. Para una línea nominal, la diferencia entre las atenuaciones de señal real y la predicha AA (f) y PA (f) tiene una dependencia sencilla de la frecuencia "f". La atenuación de señal real AA es la atenuación de la línea determinada directamente por mediciones eléctricas en ambos extremos. La atenuación de señal predicha PA es la atenuación obtenida de las mediciones eléctricas en un extremo, por ejemplo, utilizando el sistema 11 de la Fig. 1.

30 La atenuación de señal predicha PA (f) puede obtenerse a partir de la capacitancia de la línea de abonado, por ejemplo, la capacitancia $C_{30\text{Hz}}^{\text{lg}}$ entre el hilo positivo (*tip*) y tierra medida a 30 Hz. Una de las formas para la atenuación de señal predicha PA (f) es:

$$\text{PA (f)} = \text{K (f)} C_{30\text{Hz}}^{\text{lg}}.$$

40 En esta fórmula, K (f) = -,1729, -,2074, -,2395, -,2627 y -,2881 dB/nano Faradios para las frecuencias respectivas f iguales a 100, 200, 300, 400 y 500 KHz.

Se describe otra forma para la atenuación predicha PA (f) en la solicitud de patente U.K. 9914702,7, en tramitación con la presente.

45 Para una línea nominal, la diferencia, DFF (f), entre las atenuaciones de señal real y predicha AA (f), PA (f) tiene una de estas formas siguientes:

- 1) $\text{DFF (f)} < 3,5 \text{ dB}$ para $100 \text{ KHz} < f < 500 \text{ KHz}$;
- 50 2) $3,5 \text{ dB} \leq \text{DFF (f)} < 10,0 \text{ dB}$ para $100 \text{ KHz} < f < 500 \text{ KHz}$; o
- 3) $\text{DFF (f)} \geq 10,0 \text{ dB}$ para $100 \text{ KHz} < f < 500 \text{ KHz}$.

55 Si la diferencia dependiente de la frecuencia DFF (f), o sea, $|\text{AA (f)} - \text{PA (f)}|$, no tiene la forma 1, 2 o 3, la línea 12-14 se clasifica como una línea no nominal. Por lo tanto, una determinación directa de si una línea particular 12-14 es nominal requiere tanto mediciones en un extremo como en ambos extremos para obtener la PA (f) y la AA (f).

60 La Fig. 18A muestra las atenuaciones predicha y real de líneas nominales ejemplares A, B y C. Para la línea A, las atenuaciones predicha y real PA_A y AA_A difieren en menos de 3,5 dB para el intervalo completo de frecuencias entre 100 y 500 KHz. La línea A tiene una DFF (f) de la forma 1. Para la línea B, las atenuaciones predicha y real PA_B , AA_B difieren entre 4 y 9 dB a lo largo del intervalo de frecuencias entre 100 KHz y 500 KHz. La línea B tiene una DFF (f) de la forma 2. Para la línea C, las atenuaciones predicha y real PA_C , AA_C difieren en más de 10,0 dB a lo largo del intervalo de frecuencias entre 100 KHz y 500 KHz. La línea C tiene una DFF (f) de la forma 3.

65 La Fig. 18B muestra las atenuaciones predicha y real de las líneas no nominales ejemplares D y E. Para la línea D, las atenuaciones de señal predicha y real PA_D y AA_D difieren en aproximadamente 8 dB a 200 y 400 KHz y son iguales a 150 y 300 KHz. Esta forma de PA_D y AA_D no se corresponde con una DFF (f) de forma 1, 2 o 3. Para la línea

ES 2 272 095 T3

E, las atenuaciones de señal predicha y real PA_E , AA_E difieren en menos de 3,5 dB a frecuencias entre 100 y 200 KHz y en más de 8 dB a frecuencias entre 400 y 500 KHz. Esta forma para PA_E y AA_E tampoco se corresponde a una DFF (f) de forma 1, 2 o 3.

5 En las líneas no nominales D y E se dan amplias fluctuaciones en la DFF (f). Estas fluctuaciones hacen que un desplazamiento constante de las atenuaciones predichas PA (f) sea una pobre aproximación a la atenuación real AA (f) a lo largo del intervalo completo de frecuencias, tanto altas como bajas.

10 La Fig. 18C muestra las atenuaciones de señal predicha y real PA_F , AA_F para otra línea de abonado nominal F. También se muestra una atenuación predicha desplazada SPA_F , que ha sido obtenida a través de desplazar la atenuación predicha PA_F por una constante. Para la línea nominal F, la atenuación predicha desplazada SPA_F proporciona una mejor aproximación a la atenuación real AA_F que la atenuación predicha PA_F a lo largo del intervalo completo entre 100 KHz y 500 KHz.

15 Las atenuaciones de señal real y predicha AA (f), PA (f) de líneas nominales están relacionadas aproximadamente mediante un cambio constante a lo largo de un amplio intervalo de frecuencias. El amplio intervalo de frecuencias incluye tanto a las mediciones de frecuencias bajas como a las frecuencias altas donde los efectos de las ramas múltiples son observables directamente.

20 En el paso 176 de la Fig. 17, las etiquetas de “apta para RDSI”, “apta para ADSL”, y no apta para servicio de datos se definen por el valor de la atenuación de señal real a 100 KHz y 300 KHz. Las etiquetas de línea apta para datos de alta velocidad y línea no apta para datos de alta velocidad satisfacen:

Etiqueta de clase	100 KHz	300 KHz
Apta para ADSL	Atenuación > -47 dB	Atenuación > -40
Apta para RDSI	Atenuación > -47 dB	Atenuación ≤ -40
No apta	Atenuación ≤ -47 dB	Atenuación ≤ -40

Por lo tanto, la aptitud o no aptitud de una línea 12-14 para ADSL y RDSI se define por el valor de la atenuación de señal real a dos altas frecuencias, o sea, 100 KHz y 300 KHz.

35 La Fig. 19 ilustra un árbol de decisiones 180 que determina una etiqueta clasificadora, por ejemplo, una variable auxiliar, generada en los pasos 175-177 de la Fig. 17. Un clasificador aparte, por ejemplo, un árbol de decisiones, se utiliza para determinar cada etiqueta semejante.

40 El árbol de decisiones 180 tiene una disposición jerárquica de las pruebas de ramificación 1, 1.1-1.2; 1.1.1-2.2.2, . . . , que están agrupadas en niveles descendientes 1, 2, 3. . . Cada prueba asigna datos característicos recibidos desde un nivel superior para separar los subconjuntos del siguiente nivel inferior. Los subconjuntos del nivel inferior se ubican en extremos de las flechas que comienzan con las pruebas. Por ejemplo, la prueba 1.1 asigna datos característicos a los subconjuntos 1.1 y 1.2, que están ubicadas al final de las flechas 6 y 7, ver Fig. 20. En el nivel inferior, otro conjunto de pruebas puede actuar sobre los datos característicos.

45 La Fig. 20 ilustra cómo las pruebas 1, 1.1, 1.2, . . . de los distintos niveles del árbol de decisiones 180 de la Fig. 19 actúan sobre un conjunto de datos característicos asociados con las líneas de abonados 12-14. Cada prueba sucesiva divide el conjunto al utilizar los valores de las características seleccionadas, hasta subconjuntos de salida crecientemente disjuntos. Por ejemplo, la prueba 1 divide los datos característicos iniciales en un subconjunto 1 y un subconjunto 2. El extremo más distante de cada rama del árbol de decisiones 180 asigna una línea de abonado a un subconjunto final en el que las líneas están asociadas principalmente con un valor de la etiqueta clasificadora del árbol 180. Algunos árboles de decisiones 180 determinan la probabilidad de que la línea de abonado 12-14 tenga el valor de la etiqueta del subconjunto final al que se ha asignado.

55 La Fig. 21 es un diagrama de flujo de un método 190 para crear árboles de decisiones para su uso como los clasificadores de los pasos 175, 176 y 177 de la Fig. 17. El método 190 utiliza métodos de aprendizaje de máquina.

60 Para emplear el aprendizaje de máquina, se crea un conjunto de entrenamiento datos de líneas de abonados (paso 192). El contenido del conjunto de entrenamiento incluye líneas modélicas con distintos valores de etiquetas utilizadas por el árbol de decisiones para clasificar las líneas. Si el árbol de decisiones clasifica líneas con la etiqueta “presencia de rama múltiple” y “ausencia de rama múltiple”, entonces algunas de las líneas de los conjuntos de entrenamiento tendrán ramas múltiples y otras de las líneas no tendrán ramas múltiples. Similarmente, en una pila de árboles que clasifica a las líneas con una etiqueta particular, cada árbol del mismo está construido a partir de un conjunto de
65 entrenamiento que tiene líneas con distintos valores de una etiqueta particular.

Para cada línea del conjunto de entrenamiento, un ordenador y/u operador determina el valor de un conjunto de características potenciales y las etiquetas clasificadoras (paso 194).

ES 2 272 095 T3

Las características potenciales incluyen propiedades eléctricas medidas en un extremo y derivadas que pueden ser utilizadas en las comprobaciones del árbol de decisiones. Las propiedades eléctricas potenciales de un ejemplo de realización están enumeradas en el Apéndice A. Las características potenciales también incluyen valores de cualquier variable auxiliar que pueda ser utilizada en las comprobaciones del árbol de decisiones. Por ejemplo, un árbol de decisiones utilizado en el paso 177 de la Fig. 17 también incluiría, como características potenciales, variables auxiliares que determinasen si una línea es nominal y apta preliminarmente para servicios de datos preseleccionados.

Las etiquetas clasificadoras son los valores de la salida del árbol de decisiones de las variables auxiliares. Los valores de estas salidas de variables auxiliares pueden, por ejemplo, incluir una determinación de si la línea es nominal, apta o si tiene una rama múltiple.

Las determinaciones de los valores de las etiquetas clasificadoras para las líneas del conjunto de entrenamiento pueden utilizar tanto mediciones eléctricas en un extremo como en ambos extremos. Por ejemplo, para clasificar una línea del conjunto de entrenamiento como nominal o no nominal se necesita una medición en ambos extremos de la atenuación real y una medición en un extremo de la atenuación predicha. Similarmente, para determinar la etiqueta clasificadora asociada con la aptitud para los servicios de datos, se utilizan mediciones en ambos extremos de la atenuación real. Sin embargo, las mediciones en ambos extremos no se utilizan como entradas en la construcción de árboles de decisiones.

A partir de los valores de las características potenciales y de las etiquetas clasificadoras de cada línea en el conjunto de entrenamiento, el ordenador 46 determina de manera recursiva las pruebas de ramificación del árbol de decisiones (paso 196).

La Fig. 22 es un diagrama de flujo de un método 200 para determinar las pruebas de ramificación del árbol de decisiones 180 mostrado en las Figuras 19-20. Para cada característica potencial, el ordenador 46 construye una prueba y divide el conjunto de entrenamiento en grupos de subconjuntos disjuntos (paso 202). La prueba asociada con una característica asigna a cada línea del conjunto de entrenamiento a subconjuntos de acuerdo a un valor de esa característica para la línea.

El ordenador 46 evalúa el criterio de la relación de ganancia para la división del conjunto de entrenamiento producido por cada característica potencial (paso 204). El criterio del cociente de ganancia mide los aumentos en la consistencia de la adecuación de la línea para diferentes valores de la etiqueta de clasificación en cada subconjunto. El ordenador 46 utiliza el criterio de la relación de ganancia para hallar la mejor prueba y define que la prueba 1 del árbol de decisiones 180 es la mejor prueba (paso 206).

El ordenador retoma el bucle para realizar los pasos 202, 204 y 206 para cada subconjunto producido por la prueba 1 para determinar las pruebas de nivel 2 del árbol de decisiones 180 (bucle 208). En estas determinaciones, los subconjuntos producidos por la mejor prueba de nivel 1 se convierten en conjuntos de entrenamiento para hallar las pruebas de nivel 2. Después de llevar a cabo los pasos 202, 204 y 206 para los subconjuntos 1 y 2, el ordenador 46 ha determinado las pruebas 1.1 y 1.2 del nivel 2 (bucle 208). El ordenador 46 lleva a cabo bucle 208 hasta que ramificaciones posteriores producen errores de clasificación de línea por debajo del límite preseleccionado o hasta que no queden características.

Existen varios métodos para definir las mejores pruebas de ramificación en cada nivel del árbol de decisiones 180 de la Fig. 19. El método C4.5 define las mejores pruebas como pruebas que producen los valores más altos del criterio de la relación de ganancia. El método C4.5* escoge de manera aleatoria las mejores pruebas de entre las pruebas cuyos valores del criterio de la relación de ganancia están entre un porcentaje de selección preseleccionado del valor más alto.

El algoritmo C4.5* predice las probabilidades de que una línea con características "d" será dividido en cada uno de los subconjuntos finales del árbol de decisiones. La probabilidad de que la línea estará en el subconjunto final de la mayoría L es de:

$$P_L(d) = 1 - (\sum_{j \text{ no en } L} N_j + 1) / (\sum_{i \text{ en } L} N_i + 2).$$

Aquí, N_i es el número de líneas en el subconjunto "i". La probabilidad de que la línea estará en el subconjunto "i" es de:

$$P_i(d) = [1 - P_L(d)](N_i / \sum_{j \text{ en } L} N_j).$$

En los ejemplos de realización que utilizan el algoritmo C4.5*, las probabilidades descritas anteriormente son las variables auxiliares utilizadas en los pasos 175-177 de la Fig. 17.

Varios ejemplos de realización combinan los métodos de detectar fallos de línea (70, 90), determinando las estructuras de línea (140, 160), y de detección reiterativa de fallos (170), mostrados en las Figuras 7, 8, 13, 15, 17. Al combinar los métodos mencionados anteriormente, estos ejemplos de realización pueden clasificar mejor a las líneas

ES 2 272 095 T3

de abonados de acuerdo a una variedad de criterios. Estos criterios incluyen la presencia de condiciones y fallos de línea, la velocidad de línea, y el estado de calificación.

Apéndice A

5

Mediciones directas a 30Hz:

Ytr (30) - Admitancia *tip-a-ring* medida a 30 Hz

10

Ytg (30) - Admitancia *tip-a-tierra* medida a 30 Hz

Yrg (30) - Admitancia *ring-a-tierra* medida a 30 Hz

15

Mediciones derivadas a 30Hz:

30Gtr - Conductancia *tip-a-ring* medida a 30 Hz = real (Ytr(30))

20

30Str - Susceptancia *tip-a-ring* medida a 30 Hz = imag (Ytr(30))

30Gtg - Conductancia *tip-a-tierra* medida a 30 Hz = real (Ytg(30))

30Stg - Susceptancia *tip-a-tierra* medida a 30 Hz = imag (Ytg(30))

25

30Ctr - Capacitancia *tip-a-ring* medida a 30 Hz = Str(30) / (2 * pi * 30)

30Ctg - Capacitancia *tip-a-tierra* medida a 30 Hz = Stg(30) / (2 * pi * 30)

30

Lmeas - Longitud en miles de pies medida a 30 Hz = 30Ctg / 17,47

Mediciones directas a 150Hz-20KHz:

35

Ytr (f) - Admitancia *tip-a-ring*, donde f = 150Hz, 600Hz, 1050Hz, 1500Hz... 19950Hz

Ytg (f) - Admitancia *tip-a-tierra*, donde f = 150Hz, 600Hz, 1050Hz, 1500Hz... 19950Hz

Yrg (f) - Admitancia *ring-a-tierra*, donde f = 150Hz, 600Hz, 1050Hz, 1500Hz... 19950Hz

40

Mediciones derivadas a 150Hz-20KHz:

150Gtr - Conductancia *tip-a-ring* medida a 150 Hz = real (Ytr(150))

45

600Gtr - Conductancia *tip-a-ring* medida a 600 Hz = real (Ytr(600))

19950Gtr - Conductancia *tip-a-ring* medida a 19950 Hz = real (Ytr(19950))

150Str - Susceptancia *tip-a-ring* medida a 150 Hz = imag (Ytr(150))

50

600Str - Susceptancia *tip-a-ring* medida a 600 Hz = imag (Ytr(600))

19950Str - Susceptancia *tip-a-ring* medida a 19950 Hz = imag (Ytr(19950))

55

150Gtg - Conductancia *tip-a-tierra* medida a 150 Hz = real (Ytg(150))

600Gtg - Conductancia *tip-a-tierra* medida a 600 Hz = real (Ytg(600))

19950Gtg - Conductancia *tip-a-tierra* medida a 19950 Hz = real (Ytg(19950))

60

150Stg - Susceptancia *tip-a-tierra* medida a 150 Hz = imag (Ytg(150))

600Stg - Susceptancia *tip-a-tierra* medida a 600 Hz = imag (Ytg(600))

65

19950Stg - Susceptancia *tip-a-tierra* medida a 19950 Hz = imag (Ytg(19950))

150Ctr - Capacitancia *tip-a-ring* medida a 150 Hz = 150Str / (2 * pi * 150)

ES 2 272 095 T3

600Ctr - Capacitancia *tip-a-ring* medida a 600 Hz = $600Str / (2 * pi * 600)$

19950Ctr - Capacitancia *tip-a-ring* medida a 19950 Hz = $19950Str / (2 * pi * 19950)$

5 150Ctg - Capacitancia *tip-a-tierra* medida a 150 Hz = $150Stg / (2 * pi * 150)$

600Ctg - Capacitancia *tip-a-tierra* medida a 600 Hz = $600Stg / (2 * pi * 600)$

10 19950Ctg - Capacitancia *tip-a-tierra* medida a 19950 Hz = $19950Stg / (2 * pi * 19950)$

Mediciones derivadas secundarias a 150Hz-20KHz:

15 C30/C4K - Cociente de la capacitancia *tip-a-tierra* entre 30 Hz y 4200 Hz

C4K/C10K - Cociente de la capacitancia *tip-a-tierra* entre 4200 Hz y 10050 Hz

Cslope - Pendiente del cociente de la capacitancia = $(C4K/C10K) / (C30/C4K)$

20 C30-C4K - Diferencia en la capacitancia *tip-a-tierra* entre 30 Hz y 4200 Hz

C4K-C10K - Diferencia en la capacitancia *tip-a-tierra* entre 4200 Hz y 10050 Hz

25 Cdelta - Delta diferencial en la capacitancia *tip-a-tierra* = $(C4K-C10K) / (C30-C4K)$

G4K/G30 - Cociente de la conductancia *tip-a-tierra* entre 4200 Hz y 30 Hz

G10K/G4K - Cociente de la conductancia *tip-a-tierra* entre 10050 Hz y 4200 Hz

30 Gslope - Pendiente del cociente de la conductancia = $(G10K/G4K) / (G4K/G30)$

G4K-G30 - Diferencia en la conductancia *tip-a-tierra* entre 30 Hz y 4200 Hz

35 C10K-G4K - Diferencia en la conductancia *tip-a-tierra* entre 4200 Hz y 10050 Hz

Gdelta - Delta diferencial en la conductancia *tip-a-tierra* = $(G10K-G4K) / (G4K-G30)$

C30/G30 - Cociente entre la capacitancia y la conductancia *tip-a-tierra* a 30 Hz

40 C30/G4K - Cociente entre la capacitancia *tip-a-tierra* a 30 Hz y la conductancia homóloga a 4200 Hz

C4K/G4K - Cociente entre la capacitancia y la conductancia *tip-a-tierra* a 4200 Hz

45 Gtr_dmax - Pendiente positiva máxima de $Gtr(f) = \max(\text{derivada}(Gtr(f)/df))$

Gtr_fmax - Frecuencia en la que se da Gtr_dmax

Gtr_dmin - Pendiente negativa máxima de $Gtr(f) = \min(\text{derivada}(Gtr(f)/df))$

50 Gtr_fmin - Frecuencia en la que se da Gtr_dmin

Gtr_fpk - Frecuencia del primer pico (máximo local) en $Gtr(f)$

Gtr_fval - Frecuencia del primer valle (mínimo local) en $Gtr(f)$

55 Gtr_d_delta - Diferencia de la derivada $Gtr \text{ Max/Min} = Gtr_dmax - Gtr_dmin$

Gtr_pk_delta - Diferencia de frecuencia $Gtr \text{ Pico/Valle} = Gtr_fval - Gtr_fpk$

60 Gtr_pk - Valor de $Gtr(f)$ a la frecuencia Gtr_fpk

Gtr_val - Valor de $Gtr(f)$ a la frecuencia Gtr_fval

Gtr_delta - Diferencia $Gtr \text{ pico/valle} = Gtr_pk - Gtr_val$

65 Gtg_dmax - Pendiente positiva máxima de $Gtg(f) = \max(\text{derivada}(Gtg(f)/df))$

Gtg_fmax - Frecuencia en la que se da Gtg_dmax

ES 2 272 095 T3

- Gtg_dmin - Pendiente negativa máxima de $Gtg(f) = \min(\text{derivada}(Gtg(f)/df))$
- Gtg_fmin - Frecuencia en la que se da Gtg_dmin
- 5 Gtg_d_delta - Diferencia de la derivada Gtg Max/Min = $Gtg_{dmax} - Gtg_{dmin}$
- Ctr_dmax - Pendiente positiva máxima de $Ctr(f) = \max(\text{derivada}(Ctr(f)/df))$
- 10 Ctr_fmax - Frecuencia en la que se da Ctr_dmax
- Ctr_dmin - Pendiente negativa máxima de $Ctr(f) = \min(\text{derivada}(Ctr(f)/df))$
- Ctr_fmin - Frecuencia en la que se da Ctr_dmin
- 15 Ctr_fpk - Frecuencia del primer pico (máximo local) en Ctr(f)
- Ctr_fval - Frecuencia del primer valle (mínimo local) en Ctr(f)
- 20 Ctr_d_delta - Diferencia de la derivada Ctr Max/Min = $Ctr_{dmax} - Ctr_{dmin}$
- Ctr_pk_delta - Diferencia de frecuencia Ctr Pico/Valle = $Ctr_{fval} - Ctr_{fpk}$
- Ctr_val - Valor de Ctr(f) a la frecuencia Ctr_fval
- 25 Ctg_dmax - Pendiente positiva máxima de $Ctg(f) = \max(\text{derivada}(Ctg(f)/df))$
- Ctg_fmax - Frecuencia en la que se da Ctg_dmax
- 30 Ctg_dmin - Pendiente negativa máxima de $Ctg(f) = \min(\text{derivada}(Ctg(f)/df))$
- Ctg_fmin - Frecuencia en la que se da Ctg_dmin
- Ctg_d_delta - Diferencia de la derivada Ctg Max/Min = $Ctg_{dmax} - Ctg_{dmin}$
- 35 Str_dmax - Pendiente positiva máxima de $Str(f) = \max(\text{derivada}(Str(f)/df))$
- Str_fmax - Frecuencia en la que se da Str_dmax
- 40 Str_dmin - Pendiente negativa máxima de $Str(f) = \min(\text{derivada}(Str(f)/df))$
- Str_fmin - Frecuencia en la que se da Str_dmin
- Str_fpk - Frecuencia del primer pico (máximo local) en Str(f)
- 45 Str_fval - Frecuencia del primer valle (mínimo local) en Str(f)
- Str_d_delta - Diferencia de la derivada Str Max/Min = $Str_{dmax} - Str_{dmin}$
- 50 Str_pk_delta - Diferencia de frecuencia Str Pico/Valle = $Str_{fval} - Str_{fpk}$
- Str_pk - Valor de Str(f) a la frecuencia Str_fpk
- Str_val - Valor de Str(f) a la frecuencia Str_fval
- 55 Str_delta - Diferencia Str pico/valle = $Str_{pk} - Str_{val}$
- Stg_dmax - Pendiente positiva máxima de $Stg(f) = \max(\text{derivada}(Stg(f)/df))$
- 60 Stg_fmax - Frecuencia en la que se da Stg_dmax
- Stg_dmin - Pendiente negativa máxima de $Stg(f) = \min(\text{derivada}(Stg(f)/df))$
- Stg_fmin - Frecuencia en la que se da Stg_dmin
- 65 Stg_fpk - Frecuencia del primer pico (máximo local) en Stg(f)
- Stg_fval - Frecuencia del primer valle (mínimo local) en Stg(f)

ES 2 272 095 T3

Stg_d_delta - Diferencia de la derivada Stg Max/Min = Stg_dmax - Stg_dmin

Stg_pk_delta - Diferencia de frecuencia Stg Pico/Valle = Stg_fval - Stg_fpk

5

Gtg20k/Gtg8K - Cociente de Gtg a 19950 Hz y 8250 Hz

Gtg20k/Gtg4K - Cociente de Gtg a 19950 Hz y 4200 Hz

10

Ctg30/Ctg20K - Cociente de Ctg a 30 Hz y 19950 Hz

Ctg30/Ctg8K - Cociente de Ctg a 30 Hz y 8250 Hz.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método para detectar un fallo en una línea de abonado (12) que tiene dos hilos (T, R) con impedancias de entrada distintas, que incluye alimentar la línea de abonado desde un extremo con una señal de voltaje alterno (54), llevando a cabo mediciones eléctricas en un extremo de la línea alimentada, determinando una cantidad a partir de las mediciones e identificando un fallo como respuesta a esa cantidad;

Caracterizado porque el método incluye:

determinar a partir de las mediciones la diferencia de fase (68) de las dos impedancias de entrada como una función de la frecuencia; e identificar un fallo de par separado (28, 29) si la diferencia de fase medida tiene una magnitud mayor que un límite preseleccionado y no tiene picos en una extensión de intervalo de frecuencia de 5 KHz que se extiende entre 100 y 30 KHz, estando el límite preseleccionado entre 0,5° y 1,5° por encima de ese intervalo de frecuencia.

2. El método de la Reivindicación 1, donde el acto de alimentar incluye aplicar la señal de voltaje alterno a los dos hilos en un modo de configuración común.

3. El método de la Reivindicación 1 o Reivindicación 2, donde el acto de alimentar incluye el acoplamiento del voltaje de alimentación a la línea de abonado a través de una centralita telefónica o un dispositivo multiplexor de acceso al bucle de abonado digital.

4. El método de cualesquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el acto de alimentar incluye el acoplamiento del voltaje de alimentación a la línea de abonado a través de un acceso de pruebas de una centralita telefónica o un dispositivo multiplexor de acceso al bucle de abonado digital.

5. Un método para determinar si una línea de abonado puede soportar un servicio de datos, incluyendo el método de detectar un fallo en conformidad con cualesquiera de las reivindicaciones precedentes; y descalificando a la línea para el servicio de datos como respuesta a que la línea sea identificada como que tiene el fallo.

6. El método de la Reivindicación 5, donde las mediciones se llevan a cabo a frecuencias por debajo del intervalo de frecuencias en el que el servicio de datos transmite los datos.

7. El método de la Reivindicación 6, donde las mediciones se llevan a cabo a frecuencias por debajo de aproximadamente 30 KHz y el servicio de datos transmite datos a frecuencias por encima de aproximadamente 100 KHz.

8. Un método para proporcionar servicios de datos digitales, que consiste en:

monitorizar una pluralidad de líneas de abonados llevando a cabo regularmente mediciones eléctricas en un extremo de las líneas en conformidad con cualesquiera de las Reivindicaciones 1 a 4, y determinar a partir de las mediciones si una de las líneas de abonados tiene un par separado.

9. Un método para detectar un fallo en una línea de abonado (12) que tiene dos hilos (T, R) con impedancias de entrada distintas, que incluye alimentar la línea de abonado desde un extremo con una señal de voltaje alterno (54), llevando a cabo mediciones eléctricas en un extremo de la línea alimentada, determinando una cantidad a partir de las mediciones e identificando un fallo como respuesta a esa cantidad;

Caracterizado porque el método incluye:

determinar a partir de las mediciones la diferencia de fase (69) de las dos impedancias de entrada como una función de la frecuencia; e

identificar que la línea tiene un desequilibrio resistivo (25) si la diferencia de fase medida como una función de la frecuencia tiene un pico entre unos pocos cientos de Hz y 2 KHz, teniendo el pico una altura mayor de 5°.

10. El método de la Reivindicación 9, donde el acto de alimentar incluye aplicar la señal de voltaje alterno a los dos hilos en un modo de configuración común.

11. El método de la Reivindicación 9 o Reivindicación 10, donde el acto de alimentar incluye el acoplamiento del voltaje de alimentación a la línea de abonado a través de una centralita telefónica y un dispositivo multiplexor de acceso al bucle de abonado digital.

12. El método de cualesquiera de las Reivindicaciones 9 a 11, donde el acto de alimentar incluye el acoplamiento del voltaje de alimentación a la línea de abonado a través de un acceso de pruebas de una centralita telefónica y un dispositivo multiplexor de acceso al bucle de abonado digital.

ES 2 272 095 T3

13. Un método para determinar si una línea de abonado puede soportar un servicio de datos, incluyendo un método para detectar un fallo en conformidad con cualesquiera de las Reivindicaciones 9 a 12, incluyendo la descalificación de la línea para un servicio de datos como respuesta a que la línea sea identificada como que tiene el fallo.

5 14. El método de la Reivindicación 13, donde las mediciones se llevan a cabo a frecuencias por debajo de un intervalo de frecuencias en el que el servicio de datos transmite los datos.

10 15. El método de la Reivindicación 14, donde las mediciones se llevan a cabo a frecuencias por debajo de aproximadamente 30 Hz y el servicio de datos transmite los datos a frecuencias por encima de aproximadamente 100 KHz.

16. Un método para proporcionar servicios de datos digitales, que consiste en:

15 monitorizar una pluralidad de líneas de abonados mediante la realización de mediciones eléctricas en un extremo de las líneas en conformidad con cualesquiera de las Reivindicaciones 9 a 12, y

determinar a partir de los valores si una de las líneas de abonados tiene un fallo resistivo.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

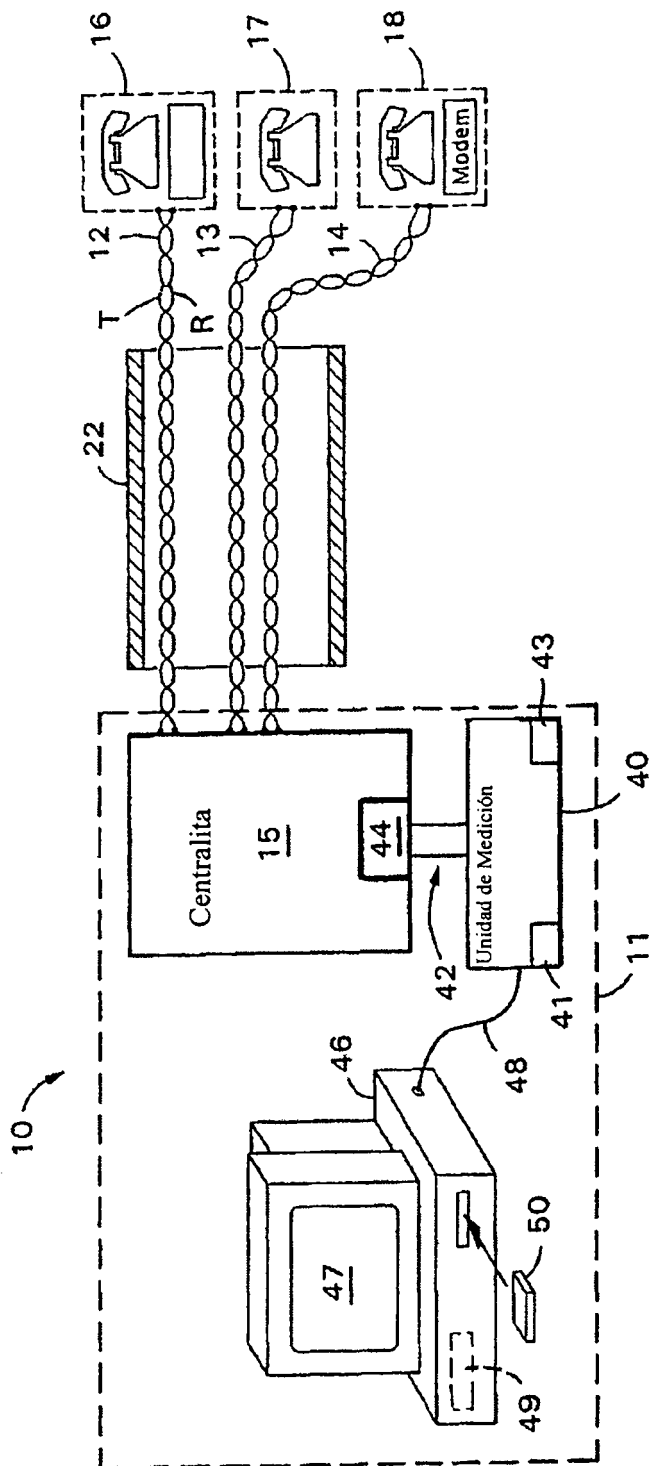


FIG. 1

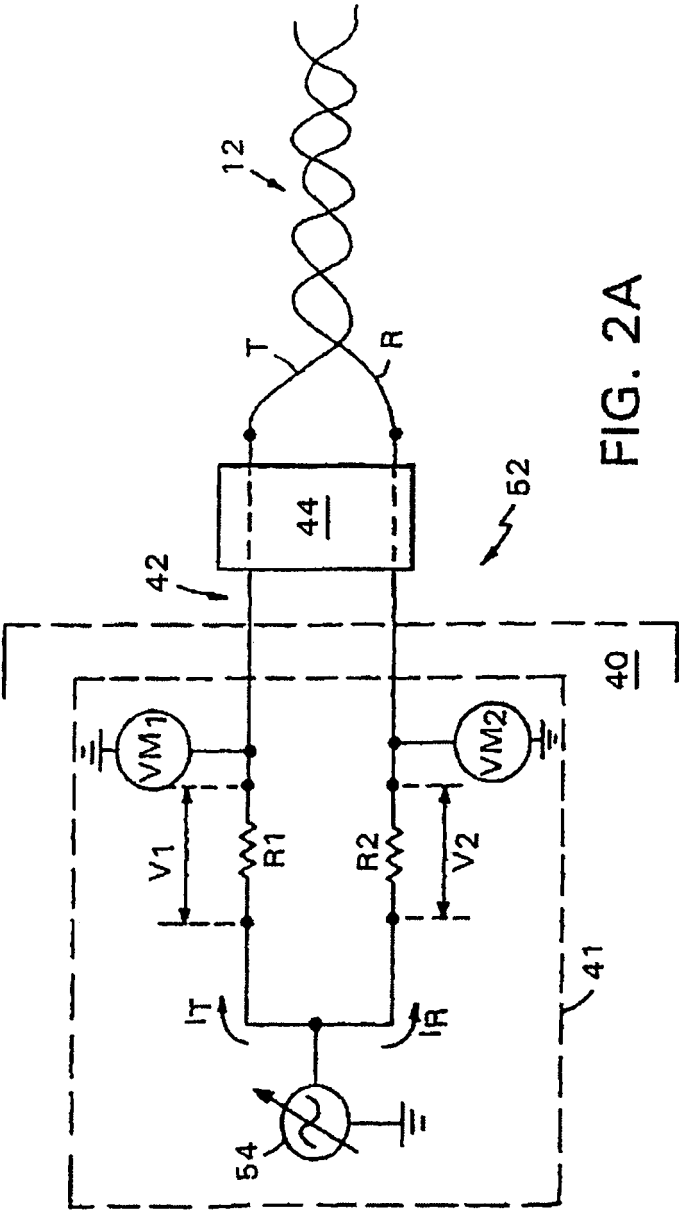


FIG. 2A

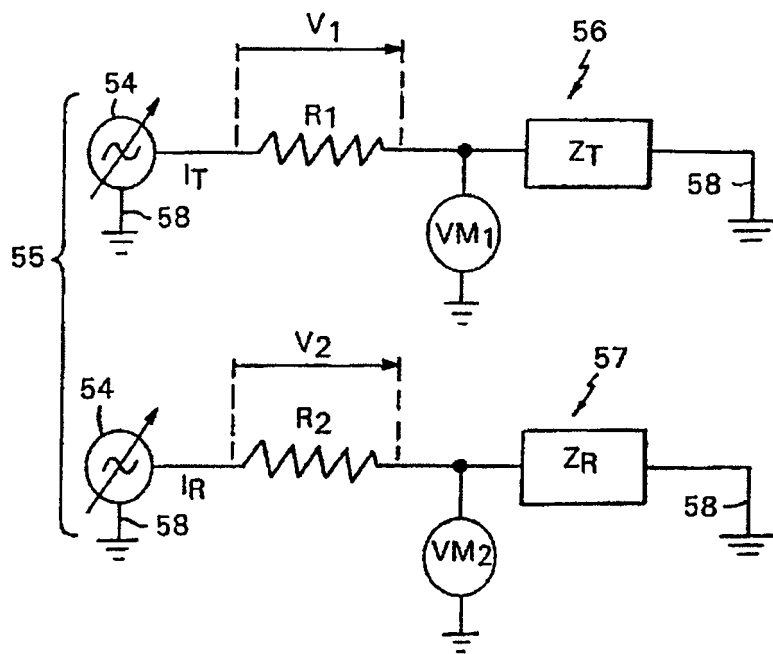


FIG. 2B

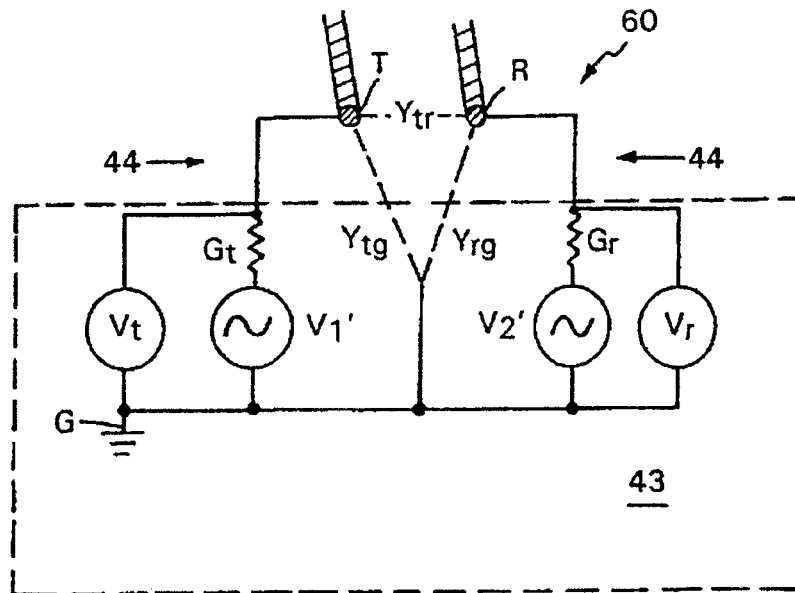
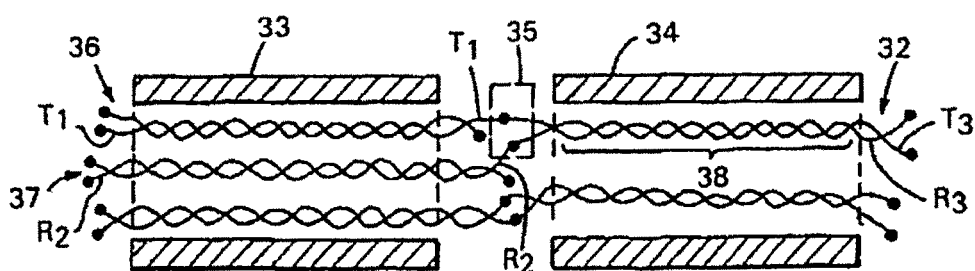
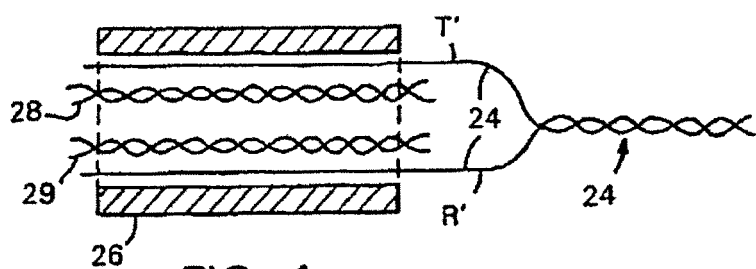
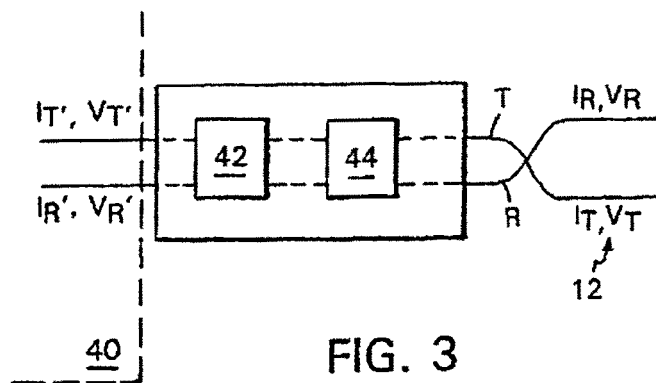


FIG. 2C



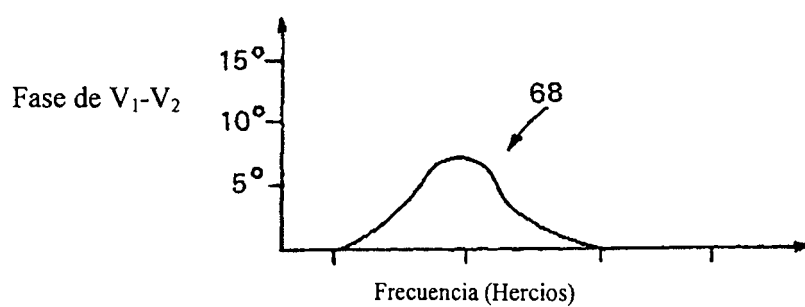


FIG. 6A

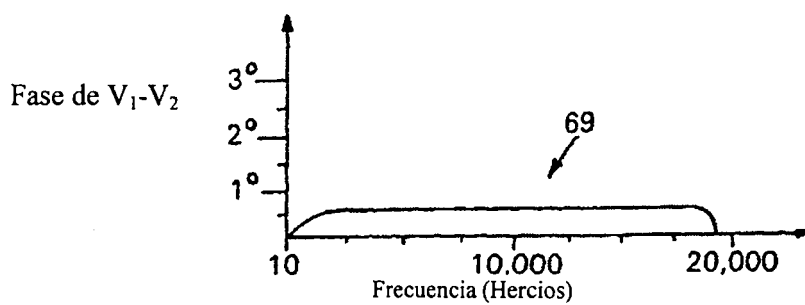


FIG. 6B

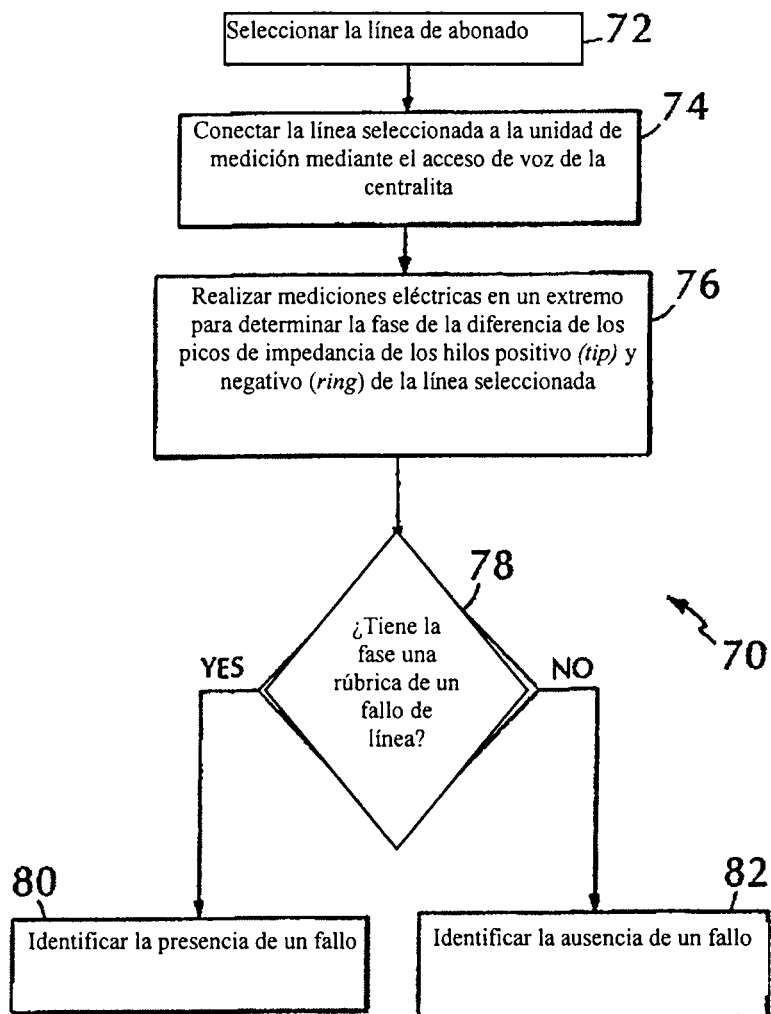


FIG. 7

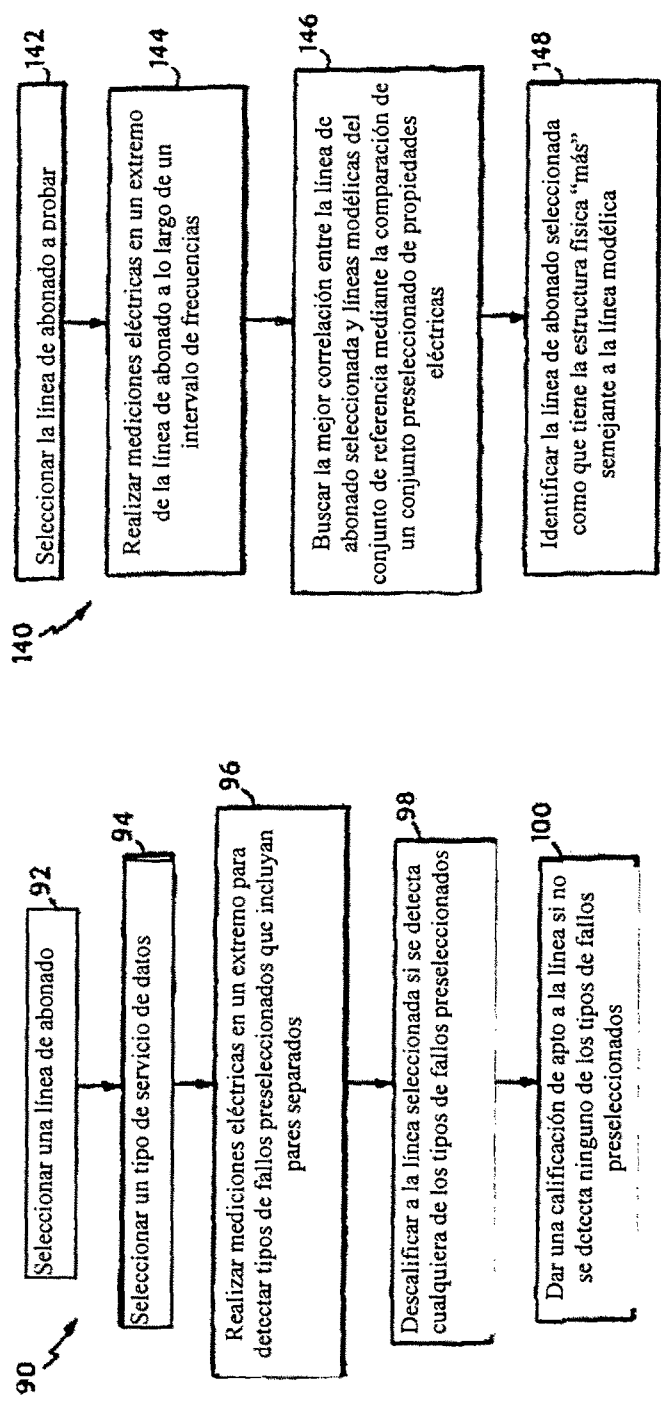


FIG. 8

FIG. 13

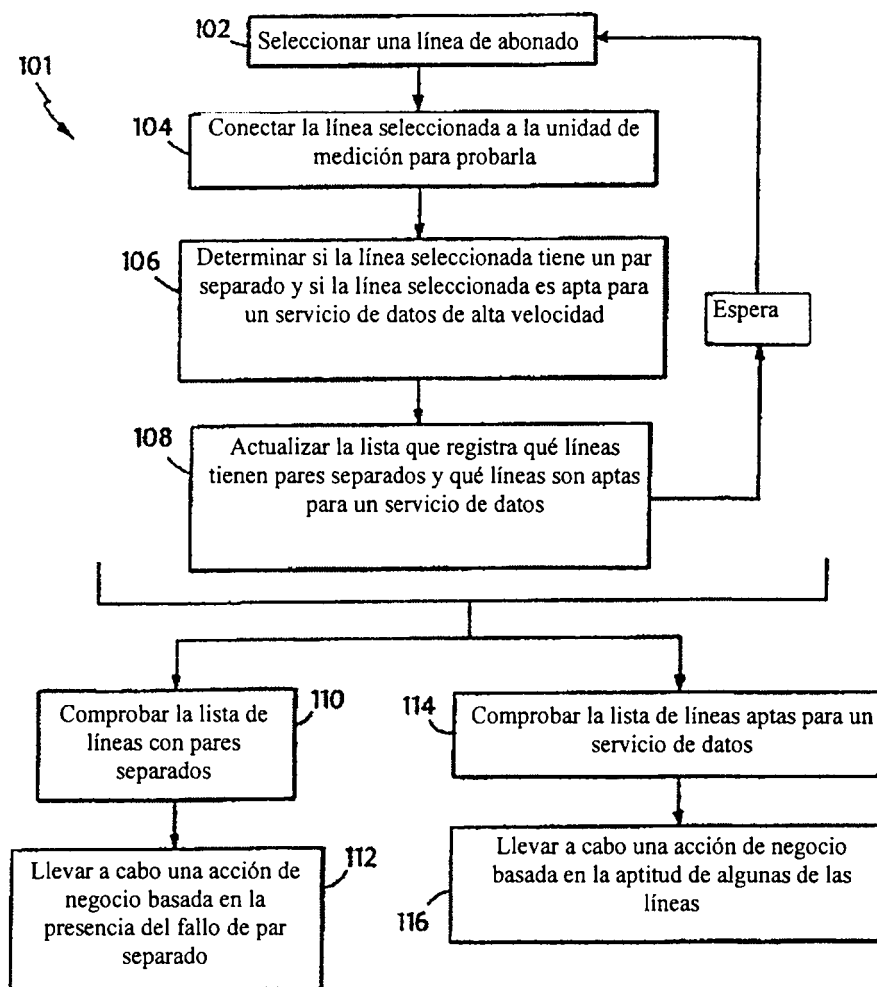


FIG. 9

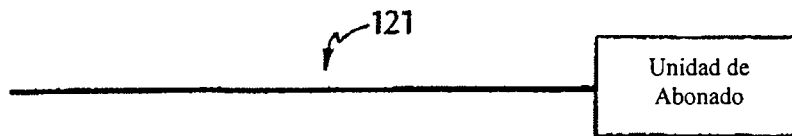


FIG. 10A

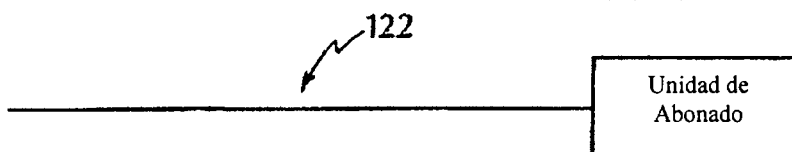


FIG. 10B

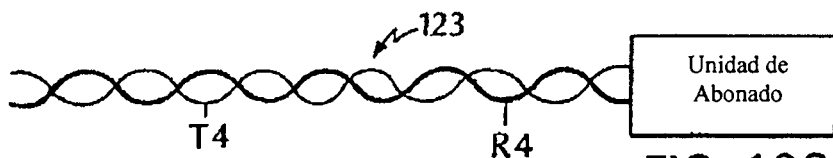


FIG. 10C

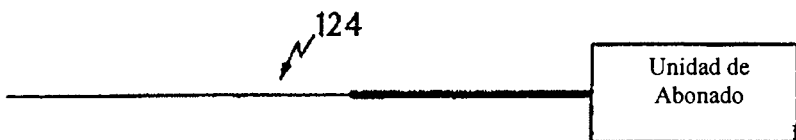


FIG. 10D

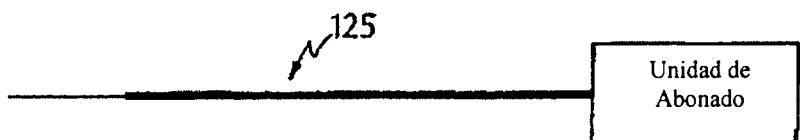


FIG. 10E

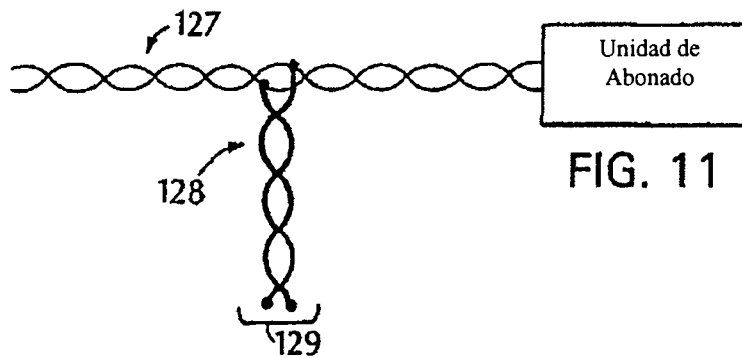


FIG. 11

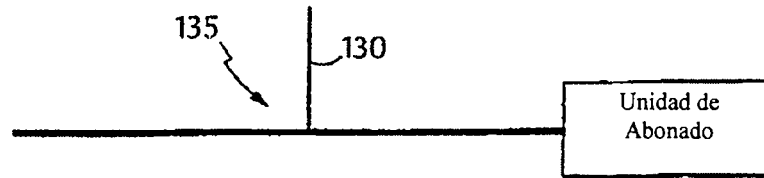


FIG. 12A

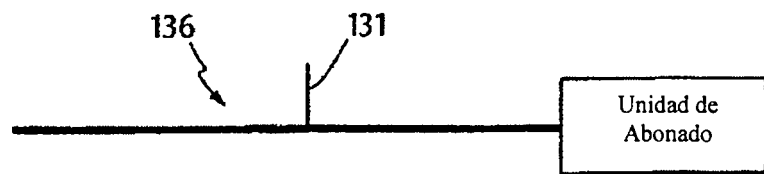


FIG. 12B

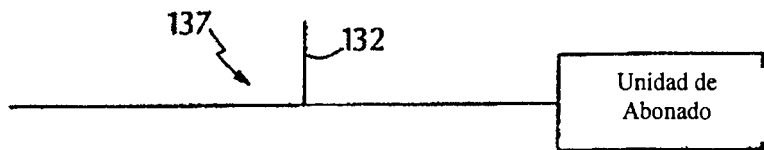


FIG. 12C

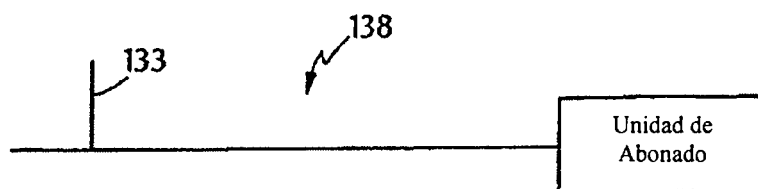


FIG. 12D

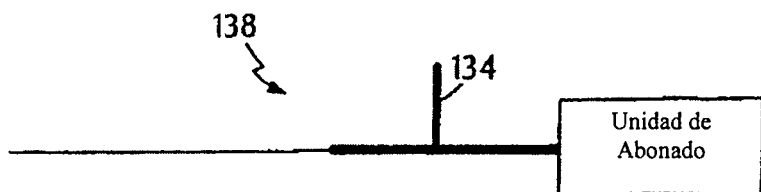


FIG. 12E

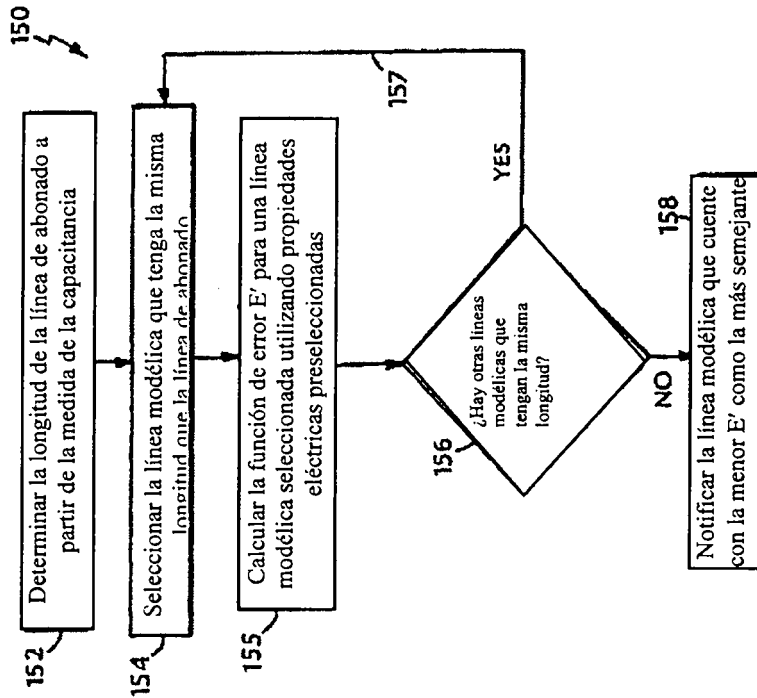


FIG. 14

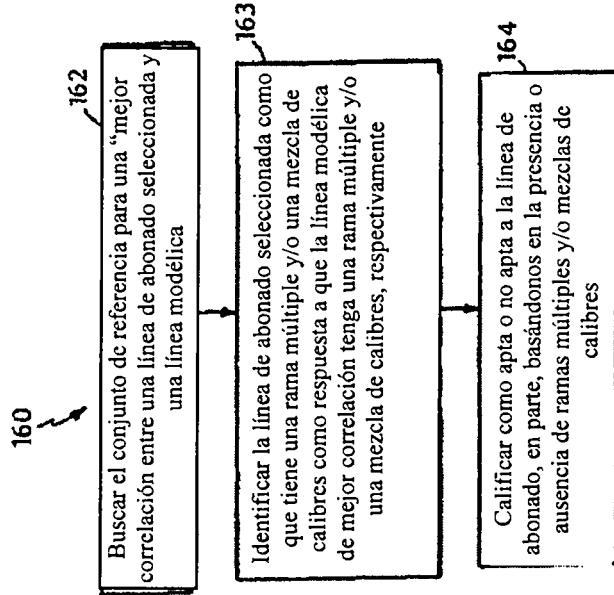


FIG. 15

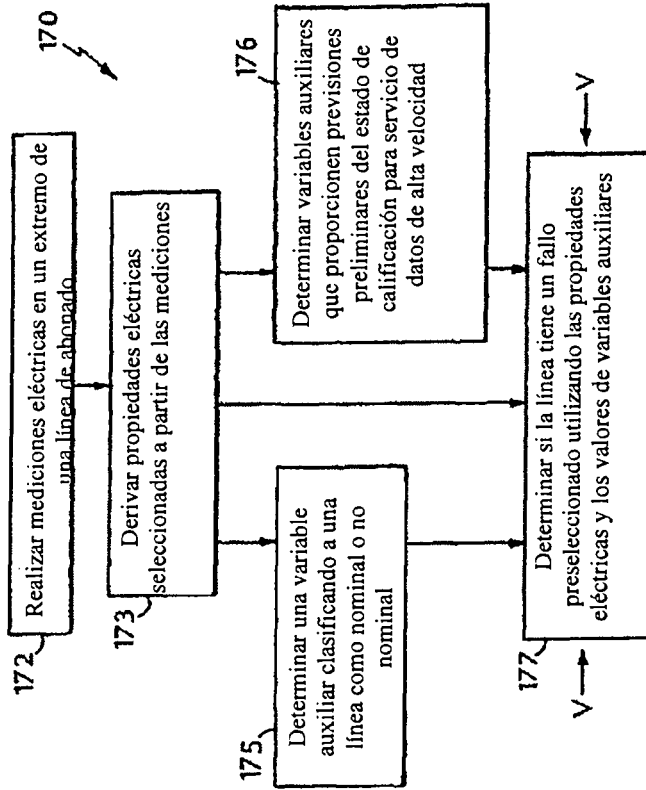


FIG. 17

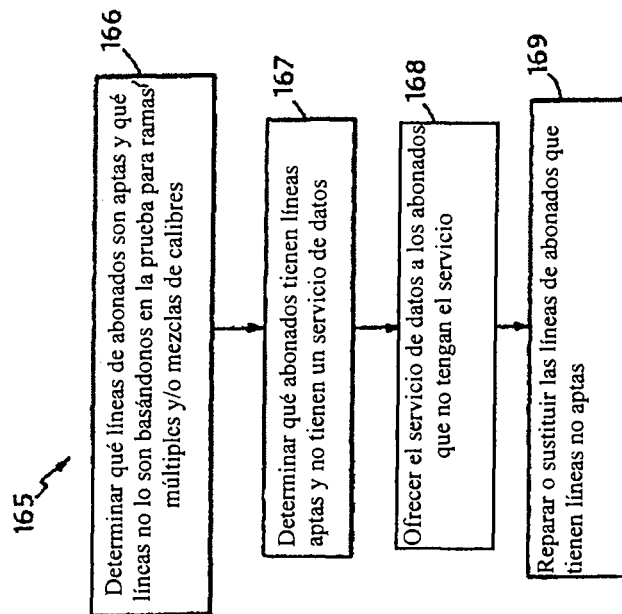


FIG. 16

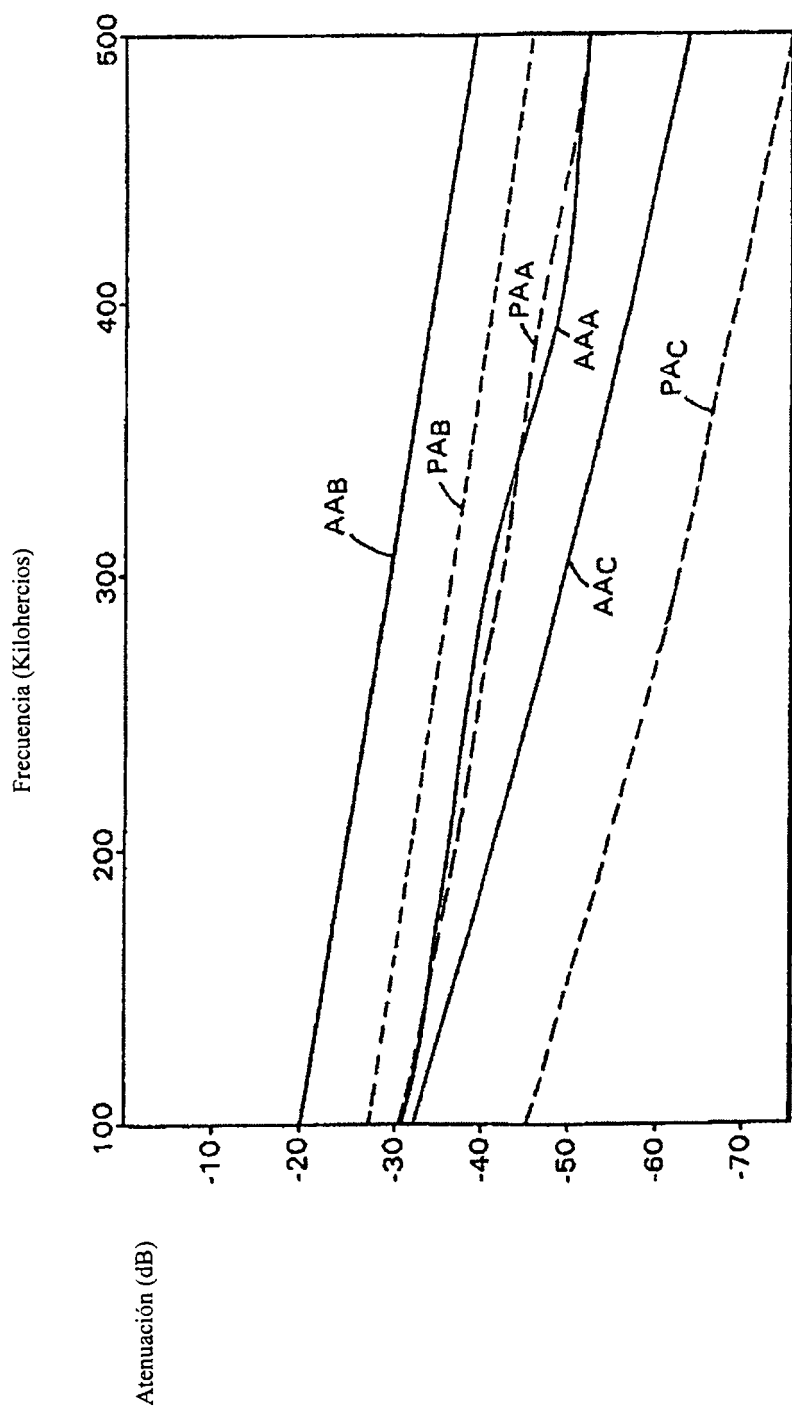


FIG. 18A

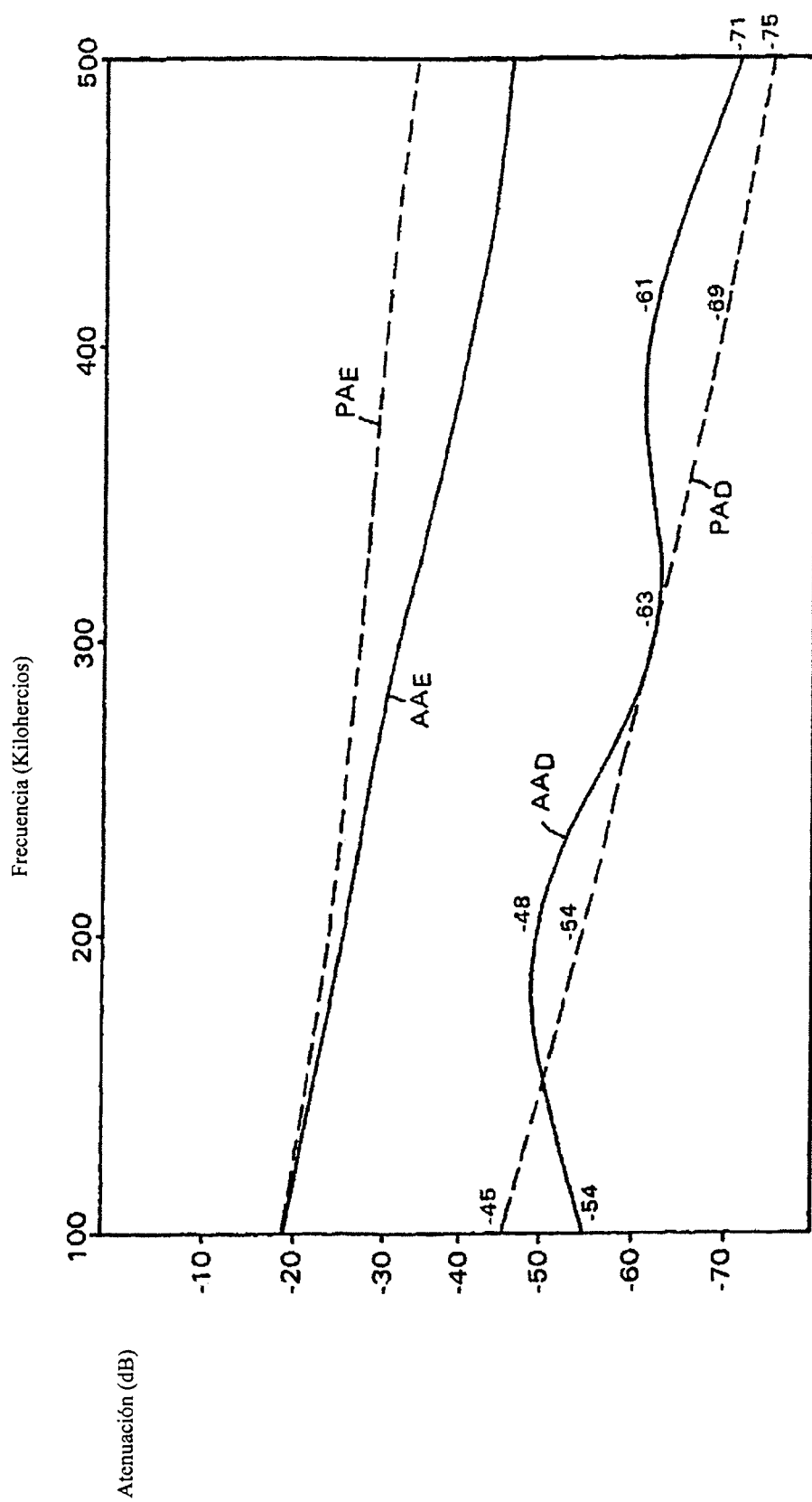


FIG. 18B

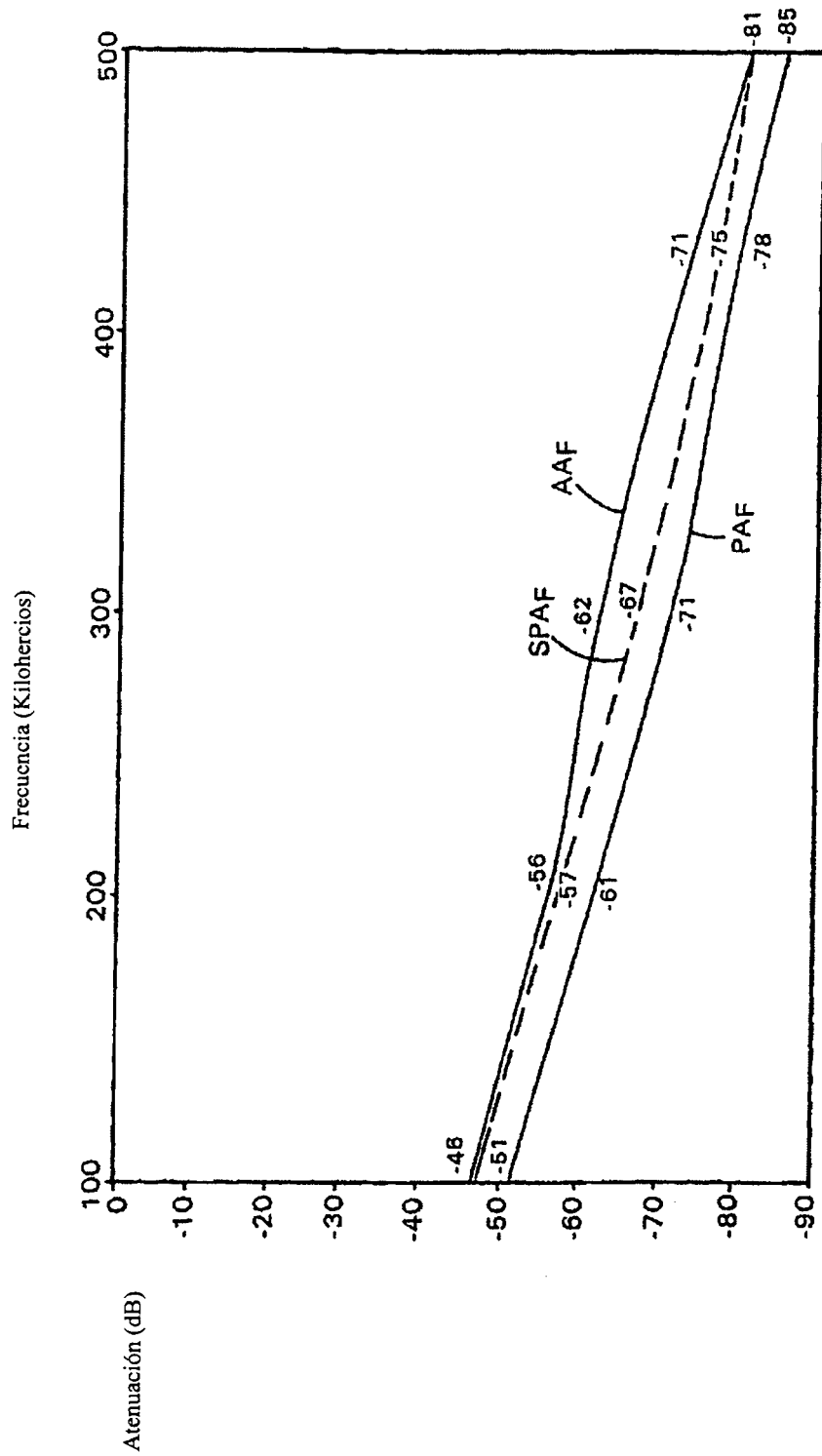
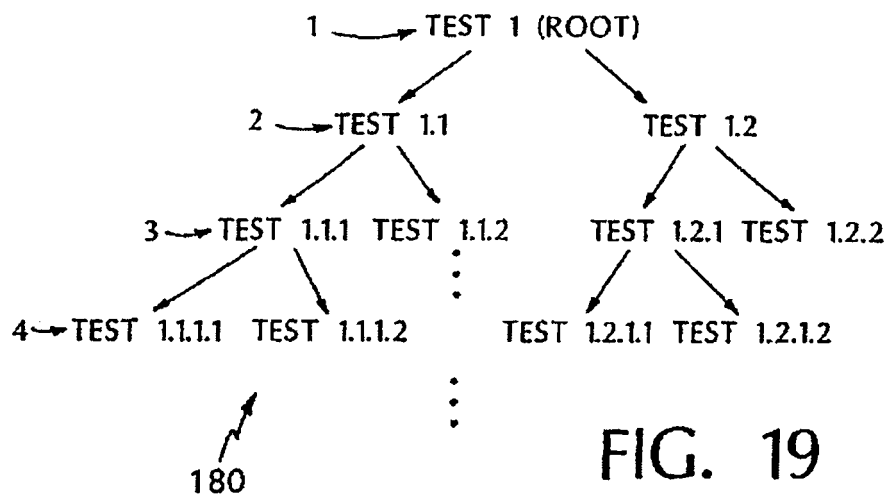


FIG. 18C



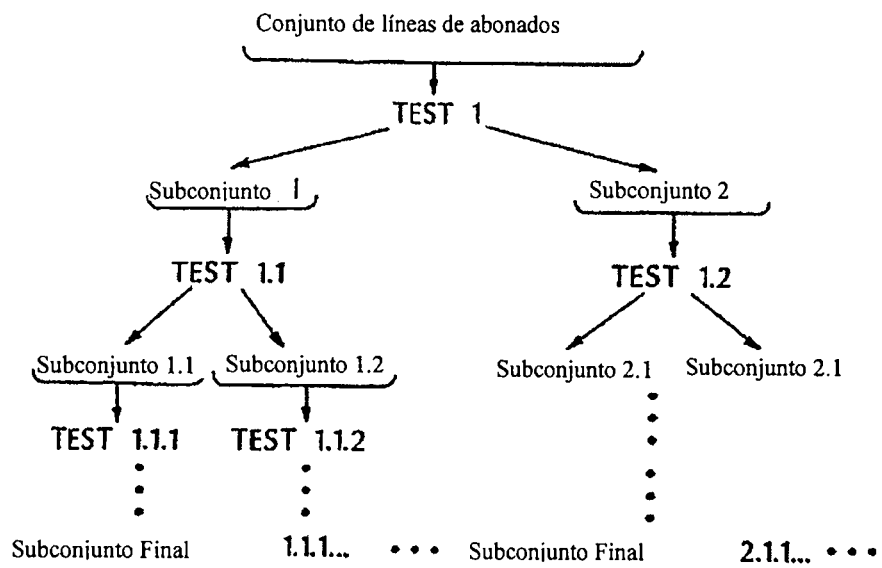


FIG. 20

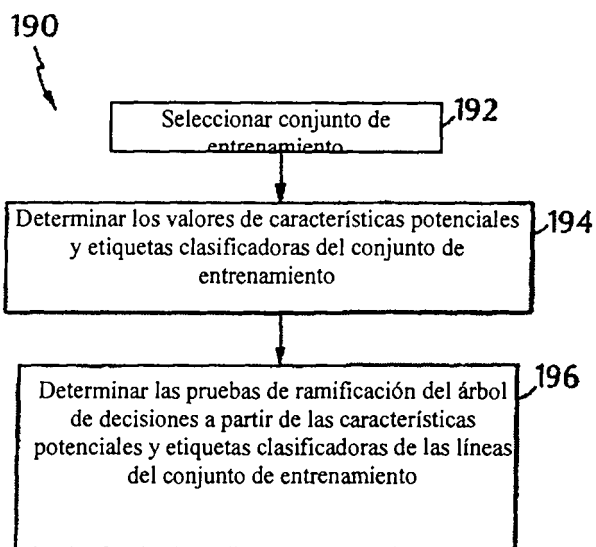


FIG. 21

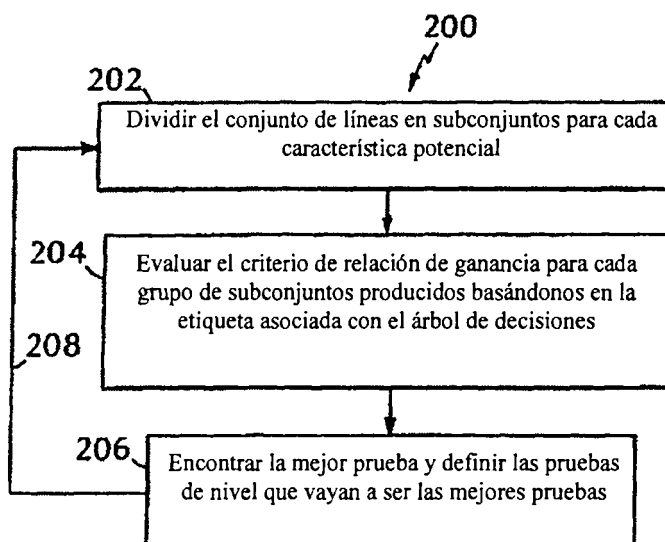


FIG. 22