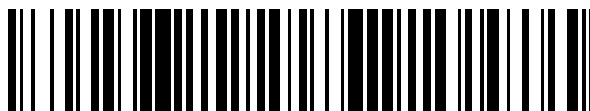


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 398**

51 Int. Cl.:

H04L 5/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.09.2007 PCT/US2007/020091**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2008 WO08033547**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2007 E 07838315 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 2062062**

54 Título: **Método y aparato para la robustez de canales de comunicación diferenciados en un transceptor multitono**

30 Prioridad:

15.09.2006 US 844880 P

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

31.07.2019

73 Titular/es:

**IKANOS COMMUNICATIONS, INC. (100.0%)
47669 Fremont Boulevard
Fremont, CA 94538, US**

72 Inventor/es:

**SHRIDHAR, AVADHANI;
HEIDARI, SAM;
TOUMANI, ROUBEN y
WU, YING**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 721 398 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para la robustez de canales de comunicación diferenciados en un transceptor multitono

Antecedentes de la invención

1. Campo de la invención.

5 El campo de la presente invención se refiere a transceptores multitono.

2. Descripción de la técnica relacionada.

10 En los sistemas DSL basados en multitono digital (DMT) (como ADSL, ADSL2, ADSL2+, VDSL1, VDSL2), los módems en cualquiera de los extremos de una línea telefónica pasan por una fase de adaptación que determina la velocidad de transmisión de datos que se enviará a través de la línea tanto en dirección ascendente como descendente. En cada dirección, la parte de transmisión del módem envía un patrón de referencia conocido en la línea que es utilizado por la parte de receptor del módem en el otro extremo de la línea, para estimar la relación señal-ruido (SNR) en cada uno de los tonos. Sobre la base de la SNR de un tono, se determina el tamaño de la constelación que se puede cargar. Esta carga de bits se realiza normalmente con un margen de ruido, por ejemplo, "M" db, de manera que el ruido puede aumentar en esta cantidad de margen de ruido de M db, sin aumentar la tasa de bits erróneos (BER) más allá de la tasa de error objetivo. La información de la tabla de bits que consiste en el tamaño de la constelación y la ganancia en cada uno de los tonos se intercambia entre los módems y es establecida. La suma de los bits cargados en cada tono son los bits por símbolo en esa dirección, indicado por "L_s" en esa dirección. El rendimiento del módem en una dirección, conocida como velocidad de línea, se calcula multiplicando "L_s" con la velocidad de símbolo.

20 Al final de la inicialización, los módems pasan al modo "tiempo de emisión", donde los módems comienzan a transmitir los datos de carga útil del usuario. Los datos de carga útil se colocan en una estructura de entramado DSL que define una "trama" que consta de bytes de datos de carga útil de usuario, así como bytes suplementarios y bytes de paridad de corrección de errores (como los bytes de paridad Reed-Solomon). Los bytes suplementarios se utilizan para intercambiar mensajes para el funcionamiento y administración de los módems. Los bytes provenientes del entramado se envían a través de un intercalador para mejorar la inmunidad al ruido al ruido de impulso. Los bytes de salida del intercalador se modulan luego en los tonos según las tablas de bits y ganancia establecidas durante la inicialización.

30 Un cambio en la carga de bits también puede tener lugar durante esta fase de tiempo de emisión, cuando, por ejemplo, aumenta el ruido, por ejemplo, debido a la aparición de líneas adicionales en un aglutinador. Los estándares DSL han definido un procedimiento conocido como Adaptación de Velocidad Constante (SRA) para permitir la adaptación de la velocidad durante el tiempo de emisión. En el método SRA, los módems verifican la SNR actual, y si el ruido ha cambiado, se realiza una carga de bits basada en la SNR actual, y si el ruido ha aumentado, entonces la velocidad de línea puede reducirse con la nueva carga de bits y, al contrario. Los módems efectúan este cambio mediante el uso de bytes suplementarios para intercambiar la nueva información de la tabla de bits, y luego cambian a la nueva tabla de bits, cambiando de este modo la velocidad de línea para que coincida con las nuevas condiciones de ruido.

40 Sin embargo, la SRA es susceptible a aumentos de ruido lo suficientemente grandes como para corromper los bytes de datos, ya que dichos aumentos de ruido también corrompen los bytes suplementarios que contengan un mensaje SRA. Cuando el intercambio de mensajes no pasa a través de los módems, abandona la línea y comienza a readaptarse a las nuevas condiciones de ruido. Esta readaptación puede tardar de 10 a 30 segundos lo que no es aceptable para muchos tipos de datos, como vídeo o audio.

45 El documento US 2005/271129 A1 divulga un esquema del estado de la técnica para señalar una transición desde el modo de baja potencia al modo de alta potencia que ofrece una latencia mínima junto con una alta robustez en presencia de ruido e interferencias. El transmisor señala la transición transmitiendo una secuencia de transición de señales en un grupo de tonos de supervisión sobre una serie de símbolos sucesivos. El grupo puede comprender un solo tono, pero el uso de una pluralidad de tonos de supervisión en el grupo proporciona una diversidad de frecuencia inherente. Mientras que la secuencia de transición se transmite en los tonos de supervisión, la transmisión de bits de datos útiles continúa de manera constante utilizando los tonos restantes que contienen datos. Lo que se necesita es una adaptación mejorada de la velocidad.

50 Resumen de la invención

Se divulga un transceptor multitono para comunicaciones multitono. El transceptor multitono admite canales de comunicación con diferentes grados de robustez. El más robusto de los canales de comunicaciones puede utilizarse para el transporte de información suplementaria y de control entre transceptores opuestos, mientras que el canal menos robusto puede usarse para datos de usuario, incluyendo audio, vídeo y texto.

5 En un modo de realización de la invención, el transceptor multitono incluye: un controlador de canal y una pluralidad de componentes que forman una ruta de transmisión y una ruta de recepción. El controlador de canal está configurado para determinar la carga de bits para cada conjunto de tonos o símbolos sucesivos en función de un 1^{er} objetivo de margen de ruido para un primer subconjunto de tonos en cada conjunto de tonos dedicado al transporte de un canal de comunicaciones robusto (RCC) y basado en un 2^o objetivo de margen de ruido menor que el 1^{er} objetivo de margen de ruido para los tonos restantes en cada conjunto de tonos dedicado a un canal de comunicaciones estándar (SCC). La pluralidad de componentes que forman las rutas de transmisión y recepción responden al controlador de canal para datos modulados en un tono determinado al menos una de las constelaciones más pequeñas y niveles de escala de ganancia más altos cuando el tono determinado corresponde a un tono del RCC en comparación con un tono del SCC, por lo que el primer conjunto de tonos dedicado al RCC muestra una mayor inmunidad a las variaciones de ruido que los tonos restantes dedicados al SCC.

10 En otro modo de realización de la invención, se divulga un método para hacer funcionar un transceptor multitono que comprende:

15 dedicar un subconjunto fijo de tonos en cada símbolo sucesivo a al menos un canal de comunicación robusto (RCC) y los tonos restantes a un canal de comunicación estándar (SCC);

asignar un primer objetivo de margen de ruido para los datos transportados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y un segundo objetivo de margen de ruido más bajo que el primer margen de ruido para los datos transportados en los tonos restantes dedicados al SCC; y

20 determinar la carga de bits para el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y los tonos restantes dedicados al SCC en función del primer y segundo objetivos de margen de ruido, respectivamente, por lo que el primer conjunto de tonos dedicado al RCC muestra una mayor inmunidad a las variaciones de ruido que los tonos restantes dedicados al SCC.

En otro modo de realización de la invención, se divulga un método para hacer funcionar un par de transceptores multitono conectados entre sí a través de un medio de comunicación que comprende:

25 dedicar un subconjunto fijo de tonos en cada símbolo sucesivo a al menos un canal de comunicación robusto (RCC) y los tonos restantes a un canal de comunicación estándar (SCC);

asignar un primer objetivo de margen de ruido para los datos transportados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y un segundo objetivo de margen de ruido más bajo que el primer margen de ruido para los datos transportados en los tonos restantes dedicados al SCC; y

30 transmitir la información de dedicación de tonos del RCC y SCC y primer y segundo objetivos márgenes de ruido a uno opuesto del par de transceptores.

En otro modo de realización de la invención, se divulga un medio para hacer funcionar un transceptor multitono que comprende:

35 medios para dedicar un subconjunto fijo de tonos en cada símbolo sucesivo a al menos un canal de comunicación robusto (RCC) y los tonos restantes a un canal de comunicación estándar (SCC);

medios para asignar un primer objetivo de margen de ruido para los datos transportados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y un segundo objetivo de margen de ruido más bajo que el primer margen de ruido para los datos transportados en los tonos restantes dedicados al SCC; y

40 medios para determinar la carga de bits para el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y los tonos restantes dedicados al SCC en función del primer y segundo objetivos de margen de ruido respectivamente, por lo que el primer conjunto de tonos dedicado al RCC muestra una mayor inmunidad a las variaciones de ruido que los tonos restantes dedicados al SCC.

Breve descripción de los dibujos

45 Estas y otras características y ventajas de la presente invención se harán más evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es un diagrama de sistema de un modo de realización de la invención en el que los transceptores comprenden módems conectados entre sí a través de una línea de abonado.

Las figuras 2A, 2B, 2C son gráficos de margen de ruido, carga de bits y relaciones de señal a ruido, respectivamente, para módems multitono que admiten canales de comunicaciones estándar y robustos.

50 La figura 3 es un diagrama de bloques de hardware detallado de uno de los módems que se muestra en la figura 1 de acuerdo con un modo de realización de la invención.

ES 2 721 398 T3

La figura 4A es un diagrama de procesamiento de señales de un enfoque del estado de la técnica para cargar datos de entramado en cada subcanal o tono de un símbolo multitono o conjunto de tonos.

La figura 4B es un diagrama de procesamiento de señales de un modo de realización de la invención dirigido a cargar datos de entramado en cada subcanal o tono de un símbolo multitono o conjunto de tonos.

- 5 La figura 5 es un gráfico de velocidad y ruido a lo largo del tiempo que muestra un modo de realización de la invención para adaptar la velocidad de bits en respuesta a las variaciones en los niveles de ruido en el medio de comunicación que conecta los módems mostrados en la figura 1.

La figura 6 es un diagrama de flujo de proceso de procesamiento de transmisión y recepción de canales de comunicación tanto robustos como estándar de acuerdo con un modo de realización de la invención.

10 Descripción detallada de los modos de realización

Se divulga un transceptor multitono para comunicaciones multitono. El transceptor multitono admite canales de comunicación con diferentes grados de robustez para protocolos multitono que incluyen: línea de abonado digital asimétrica (ADSL); Línea de abonado digital de velocidad de bits muy alta (VDSL) y otros planes de multiplexación por división de frecuencias ortogonales (OFDM) que incluyen, pero no se limitan a los siguientes:

15 Tabla 1

Nombre del estándar	Nombre común	Velocidad Descendente	Velocidad Ascendente
ANSI T1.413-1998 Issue 2	ADSL	8Mbit/s	1,0Mbit/s
ITU G.992.1	ADSL (G.DMT)	8Mbit/s	1,0Mbit/s
ITU G.992.1 Annex A	ADSL sobre POTS	8Mbit/s	1,0Mbit/s
ITU G.992.1 Annex B	ADSL sobre ISDN	8Mbit/s	1,0Mbit/s
ITU G.992.2	ADSL Lite (G.Lite)	1,5Mbit/s	0,5Mbit/s
ITU G.992.3/4	ADSL2	12Mbit/s	1,0Mbit/s
ITU G.992.3/4 Annex J	ADSL2	12Mbit/s	3,5Mbit/s
ITU G.992.3/4 Annex L	RE-ADSL2	5Mbit/s	0,8Mbit/s
ITU G.992.5	ADSL2+	24Mbit/s	1,0Mbit/s
ITU G.992.5 Annex L ^[1]	RE-ADSL2+	24Mbit/s	1,0Mbit/s

ITU G.992.5 Annex M	ADSL2+M	24Mbit/s	3,5Mbit/s
ITU G.993.1	VDSL		
ITU G.993.2	VDSL 2		
IEEE 802.16e	WiMax		
IEEE 802.20	Acceso Inalámbrico de Banda Ancha Móvil	1Mbit/s	1Mbit/s

El más robusto de los canales de comunicaciones puede utilizarse para el transporte de información suplementaria y de control entre transceptores opuestos, mientras que el canal menos robusto puede usarse para datos de usuario, incluyendo audio, vídeo y texto.

5 La figura 1 es un diagrama de sistema de un modo de realización de la invención en el que los transceptores comprenden módems conectados entre sí a través de una línea de abonado. Los módems 100 y 102 se muestran conectados entre sí a través de una línea 104 de abonado. En modos de realización alternativos de la invención, el medio de comunicación puede comprender un medio de comunicación inalámbrico.

10 Las figuras 2A, 2B, 2C son gráficos de margen de ruido, carga de bits y relaciones de señal a ruido, respectivamente, para módems multitono que admiten canales de comunicaciones estándar y robustos. En la figura 2A se muestran un canal 202A de comunicación robusto (RCC) y un canal 200A de comunicación estándar (SCC). La robustez del RCC surge en parte al objetivo con mayor margen de ruido asignado a los tonos asociados con ese canal, lo que hace que ese canal sea más resistente a las variaciones de ruido en el medio de comunicación que el canal SCC.

15 Las figuras 2B y 2C muestran una de las direcciones de comunicación entre los módems, es decir, en sentido ascendente o descendente. Gráficos similares que cubren una porción diferente del espectro se aplicarían a la dirección opuesta de la comunicación. En la figura 2B se muestra una porción de los subcanales también denominados tonos asociados con el espectro ascendente entre los dos módems mostrados en la figura 1. Un conjunto fijo de tonos, por ejemplo, 202B, 202C, 202D, 202E en cada conjunto de tonos sucesivos, también
 20 denominado símbolo, está dedicado al transporte ascendente de los datos asociados con el canal RCC. Los tonos restantes están dedicados al transporte ascendente de los datos asociados con el canal SCC. Como se muestra en la figura 2B la carga de bits para una SNR determinada de los tonos dedicados con el canal RCC es menor que la carga de bits de los tonos dedicados al canal SCC. Los tonos/subcanales dedicados al transporte del RCC también pueden mostrar una escala de ganancia mayor que los tonos dedicados al transporte del SCC. Estas características
 25 se deben al objetivo con margen de ruido relativamente mayor asignado al canal RCC en comparación con el canal SCC durante las determinaciones de carga de bits.

La figura 2C muestra las relaciones de señal a ruido (SNR) para los tonos/subcanales asociados al RCC, por ejemplo, 202F, 202G, 202H, 202I y los tonos o subcanales restantes asociados con el SCC. Generalmente, la combinación de un mayor margen de ruido y, posiblemente, una mayor escala de ganancia da como resultado una
 30 SNR más alta para los tonos dedicados al transporte del RCC en comparación con los tonos restantes dedicados al transporte del SCC.

La figura 3 es un diagrama de bloques de hardware detallado de uno de los módems 100 que se muestra en la figura 1 de acuerdo con un modo de realización de la invención. El módem incluye una pluralidad de componentes que forman la ruta 362 de transmisión y la ruta 304 de recepción, así como un controlador 340 de canal.

35 La ruta 304 de recepción se acopla a la línea 104 de abonado a través de la frontal 302 de entrada híbrida. La señal analógica recibida está sujeta a filtración analógica en el filtro 306 y amplificación en el amplificador 308. La señal analógica recibida se convierte a una señal digital en el convertidor 310 de señal analógica a digital. Luego, después de que cualquier conversión descendente requerida se realice digitalmente, los prefijos o sufijos cíclicos se eliminan en el módulo 312 de eliminación cíclica. A continuación, la señal digital recibida se transforma del dominio temporal al de la frecuencia en un módulo 314 de transformada de Fourier discreta y cada conjunto resultante de tonos está
 40 sujeto a la ecualización del dominio de la frecuencia (FREC) en la FREC 316. Este último proceso normaliza las

5 variaciones de ganancia de señal dependientes de la frecuencia en los tonos recibidos. El número complejo correspondiente a la fase y la amplitud en cada subcanal o tono se descodifica luego en bits correspondientes en el descodificador 320 de constelación. La descodificación de corrección de errores hacia adelante (FEC), por ejemplo, la descodificación de Viterbi, también se puede realizar en este momento. En un modo de realización de la invención, la descodificación de Viterbi se limita a los tonos asignados a los tonos asociados con el SCC, ya que los tonos del RCC en un modo de realización de la invención no están sujetos a FEC. Luego, en el reordenador de tonos, los tonos son desmapeados por el desmapeador 324 y se dividen en datos del RCC y SCC en el divisor 326. Las variaciones en el ruido en la línea de abonado pueden ocasionar errores de bit durante la descodificación y desmapeado. El objetivo de margen de ruido relativamente mayor asignado al subconjunto de tonos dedicados al transporte del RCC aumenta la inmunidad de los datos del RCC a estas fluctuaciones de ruido. Esta inmunidad se hace evidente por una tasa de error de bits (BER) reducida para los datos del RCC en comparación con los datos del SCC transportados en los tonos restantes dedicados al SCC. Los datos 332 del RCC resultantes se pasan al controlador 340 de canal y los datos del SCC resultantes se pasan al desentramador 328 para el desentramado y cualquier desintercalado requerido y descodificación adicional. Los datos 330 del SCC desentramados, emitidos por el desentramador, se pasan a la red o dispositivo al que está acoplado el módem.

10 La ruta 362 de transmisión incluye un entramador 366 cuya entrada son los datos 364 del SCC de la red o dispositivo al que está conectado el módem. El entramador realiza cualquier intercalado y Reed-Solomon u otro FEC que se solicite en los datos del SCC. Los datos 360 del RCC entran en la ruta de transmisión en el ordenador 368 de tonos, donde se combinan mediante el combinador 370 con los datos del SCC entramados. Tanto los datos del SCC como del RCC son entonces mapeados por el mapeador 372 a los tonos correspondientes dedicados a cada uno de los canales. A continuación, los bits de datos en cada tono o subcanal son convertidos por el codificador 374 de constelación en un número de valor complejo correspondiente representativo de una combinación de fase y amplitud para los bits en la constelación asociada como se identifica en la tabla de asignación de bits recibida del módem opuesto. Cualquier FEC requerido, por ejemplo, codificación Trellis también se realiza en este momento. En un modo de realización de la invención, la codificación Trellis solo se realiza en los tonos restantes dedicados al transporte de datos del SCC y no en el subconjunto de tonos dedicados al transporte de datos del RCC. A continuación, el cambiador 378 de escala de ganancia realiza un cambio de escala de ganancia en los niveles identificados en las tablas BAT y PAT recibidas del módem opuesto para los datos del RCC y SCC. La robustez del RCC puede proceder en parte de una escala de ganancia comparativamente más alta de sus tonos asociados en comparación con los tonos restantes dedicados al SCC. Luego, se realiza una transformación del dominio de la frecuencia al dominio temporal en todos los tonos o subcanales mediante el módulo 380 de la transformada de Fourier discreta inversa (IDFT). El símbolo resultante está sujeto a cualquier extensión cíclica requerida, por ejemplo, prefijo o sufijo, en el sumador 382 cíclico. Después de cualquier conversión ascendente requerida, se realiza una conversión digital a analógica (CDA) en el CDA 384. La salida del CDA se amplifica en el amplificador 386 y se filtra en el filtro 388 antes de pasar a la línea 104 de abonado a través de la FEH 302.

15 El controlador 340 de canal incluye un módulo 342 de comunicación y una memoria 352. La memoria contiene registros de canal, como el historial 354 de señal a ruido y nivel de ruido y tablas 356 de bit (BAT) y de asignación de potencia (PAT). El módulo de comunicación incluye un controlador 344, un supervisor 346 de ruido, un generador 348 de margen de ruido y un asignador 350 de bits.

20 El controlador de canal determina qué tonos se asignarán al transporte de datos del RCC y SCC y luego el generador 348 de margen establece los objetivos de margen de ruido para el RCC más altos que los del SCC. Estas asignaciones se pasan al módem opuesto durante la fase de adaptación del funcionamiento del módem. En un modo de realización de la invención, el generador de margen usa los registros 354 de SNR y de historial de ruido almacenados en la memoria 352 para ajustar de manera inteligente los márgenes de ruido para el RCC y el SCC. Si, por ejemplo, el historial de ruido indica que el ruido ya ha aumentado desde la adaptación en 15dbm/Hz, la probabilidad de que se produzca un ruido de interferencia adicional debido a otros perturbadores es menor, en cuyo caso los márgenes de ruido en el SCC podrían reducirse.

25 Al tiempo que el monitor 346 de ruido recopila información sobre la tasa de error de bits (BER) y las relaciones señal-ruido (SNR) de los datos recibidos, los registra en la memoria 352. Una vez que el monitor de ruido ha identificado estos parámetros para todos los tonos recibidos, el control es pasado al asignador de bits. El asignador 350 de bits determina la carga de bits para el RCC y el SCC sujeta a los objetivos de margen de ruido del generador de margen y la SNR medida por el supervisor de ruido. El asignador de bits genera tablas de asignación de bits (BAT) y de aplicación de potencia (PAT) para el transporte al módem opuesto, que luego reconfigura su ruta de transmisión en consecuencia. Una vez que se establece el RCC, se utiliza para transportar información de control, como operaciones integradas, tablas BAT y PAT, etc. al módem opuesto. El transporte de esta información fundamental en el margen de ruido más alto del RCC aumenta la estabilidad del módem durante las fluctuaciones de ruido en la línea de abonado. Esta estabilidad aumentada se debe tanto a la capacidad de los módems para mantener las comunicaciones durante las fluctuaciones de ruido como a su capacidad para adaptar dinámicamente sus rutas de transmisión y recepción a estas fluctuaciones una vez que se ha recopilado e intercambiado la información de control adecuada entre los módems en su enlace del RCC.

30 Hay muchos algoritmos de carga de bits que intentan maximizar el rendimiento a través de un enlace multitonos mediante la asignación del tamaño de la constelación y el nivel de ganancia a cada subcanal. Las determinaciones

de carga de bits se realizan normalmente no solo durante la fase de adaptación del funcionamiento del transceptor, sino también durante la fase de tiempo de emisión para hacer frente a las variaciones en los niveles de ruido en el medio de comunicación, por ejemplo, en la línea de abonado. Los transceptores adaptan dinámicamente la carga de bits cuando las variaciones en los niveles de ruido en la línea de abonado elevan las tasas de error de bits (BER) a niveles inaceptables. En respuesta al cambio en los niveles de ruido, los transceptores vuelven a determinar la carga de bits y la asignación de potencia para cada subcanal para hacer el uso más eficiente del espectro. Estos cambios no deben elevar la potencia general de la señal más allá del nivel de potencia proporcionado por un estándar correspondiente o en el caso de cada tono o subcanal más allá del nivel de una máscara de potencia correspondiente. La determinación de carga de bits realizada por uno de los transceptores receptores da como resultado la generación y el transporte de las tablas de asignación de bits (BAT) y de asignación de potencia (PAT) a uno de los módems opuestos junto con un sello de tiempo que indica cuándo las tablas se vuelven válidas. Al recibir estas tablas, el módem opuesto realiza los ajustes correspondientes a sus transmisiones en el momento indicado, normalmente delimitado en función de un contador de tramas.

Los diferentes objetivos de margen de ruido para el RCC y el SCC pueden comprender valores fijos sobre los cuales el algoritmo de carga de bits maximiza las velocidades de bits. De manera alternativa, los diferentes objetivos de margen de ruido para el RCC y el SCC pueden comprender límites inferiores fijos que se maximizan mediante el algoritmo de carga de bits sujeto a la restricción de una velocidad de bits objetivo.

Las siguientes ecuaciones identifican procesos detallados realizados en los módulos de comunicación, el supervisor 346 de ruido y los módulos del asignador 350 de bits.

La ecuación 1 identifica la variación del ruido en el subcanal k_{th} :

Ecuación 1:

$$\hat{\sigma}_k^2 = \frac{1}{M} \sum_{m=1}^M |E_{m,k}|^2$$

donde m es el índice de símbolo para los símbolos M sobre los cuales se promedia el ruido, $E_{m,k}$ es el error en el tono k_{th} en el símbolo m_{th} .

La ecuación 2 es una expresión para la carga de bits en un subcanal o tono determinado para una probabilidad de error determinada P_e :

Ecuación 2:

$$b_k = \log_2 \left(\frac{SNR_k * \gamma_c}{\Gamma(P_e) * \gamma_{m_{canal}}} + 1 \right)$$

donde SNR_k es la relación señal-ruido para el tono k_{th} , γ_c (gamma sub-c) es la ganancia de codificación debida a la corrección de errores hacia adelante, $\Gamma(P_e)$ es el Margen de Shannon y $\gamma_{m_{canal}}$ (subcanal gamma sub-m) es el margen de ruido para todos los tonos asociados con un canal correspondiente de los canales de comunicación robustos (RCC) o estándar (SCC).

La ecuación 3 expresa la relación señal-ruido en el tono o subcanal k_{th} :

Ecuación 3:

$$SNR_k = \frac{\epsilon_k |H_k|^2}{2\sigma_k^2}$$

donde ϵ_k es la energía de señal de entrada promedio por sub-símbolo QAM bidimensional, H_k es la ganancia del subcanal k_{th} y σ_k^2 es la variación de ruido recibida por dimensión en el tono o subcanal k_{th} . Para un tono dedicado al establecimiento del RCC el margen de ruido objetivo, $\gamma_{m_{RCC}}$ será mayor y, por lo tanto, para una SNR determinada, como se puede apreciar en la Ecuación 2, el margen de ruido objetivo se logrará reduciendo la carga de bits. Como alternativa, el margen de ruido más alto para los tonos del RCC se puede lograr solicitando al transmisor que

aumente la ganancia para ese tono lo que aumentará la energía de la señal y resultará en un aumento en la SNR para ese tono.

El RCC no tiene por qué limitarse al transporte de información de control. En un modo de realización de la invención, también se puede utilizar para transportar datos de usuario, por ejemplo, audio o video que requiera una alta calidad del servicio (QOS). En este modo de realización de la invención, los datos 358 de usuario externos identificados para el transporte del RCC se pasan al controlador 344, donde se combinan con los datos 360 del RCC existentes para su transporte al módem opuesto. De manera similar, los datos 344 del usuario recibidos en el RCC son enviados por el controlador 344.

En modos de realización alternativos de la presente invención, la velocidad y la precisión de la adaptación de la velocidad pueden mejorarse aún más mediante medidas como: determinación de la relación señal/ruido (SNR) en forma corta y larga y tablas de asignación de potencia y bits en forma corta y larga. Normalmente, las determinaciones de SNR se realizan sobre un número extendido de símbolos o conjuntos de tonos y, por lo tanto, puede requerirse una cantidad considerable de tiempo para detectar aumentos en los márgenes de ruido que requieren adaptación de velocidad. Este intervalo de detección se puede acortar mediante el seguimiento de la SNR a corto y largo plazo con el fin de activar una adaptación de velocidad. Normalmente, las determinaciones de carga de bits requieren un procesamiento extendido debido a la gran cantidad de tonos asociados con algunos de los estándares multitonos más recientes, como VDSL. La determinación de la carga de bits puede modificarse para incluir algoritmos de determinación en forma corta y larga. Se puede realizar una carga de bits en forma corta agrupando subconjuntos de tonos adyacentes en grupos y determinando las variaciones relativas de carga de bits de manera uniforme en todo el grupo. Por ejemplo, si el grupo se reduce en 2 bits: un tono con 8 bits se reducirá a 6 y el tono con 4 se reducirá a 2. La forma corta resultante BAT y PAT se pasan al módem opuesto para una rápida adaptación de la velocidad. La determinación de carga de bits en forma larga utiliza un promedio de SNR en forma larga (término) y calcula cada tono de carga de bits individualmente y genera BAT y PAT en forma larga que luego se pasan al módem opuesto para una adaptación de velocidad más específica. En un modo de realización de la invención, la determinación de la SNR en forma corta y BAT y PAT en forma corta se pasan al módem opuesto durante la primera etapa de la adaptación de velocidad, seguido de un cálculo de la SNR en forma larga más detallado y el transporte en BAT y PAT en forma larga resultante al módem opuesto durante una segunda etapa de adaptación de velocidad. Este enfoque, es decir, forma corta seguida en forma larga, permite el tipo de adaptación de velocidad escalonada que se muestra en la línea 502 de la figura 5, donde r_1 corresponde a la velocidad adaptada en forma corta y r_2 a la velocidad adaptada en forma larga.

La figura 4A es un diagrama de procesamiento de señales de un enfoque del estado de la técnica para cargar datos de trama en cada subcanal o tono de un símbolo multitonos o conjunto de tonos. Una sucesión de tramas, por ejemplo, 400 y 406 se muestran cada una con una porción de datos asociada, por ejemplo, 402 y 408, así como una porción 404, 410 y 412 suplementaria asociada. La porción suplementaria contiene un canal suplementario integrado que se utiliza para pasar información de control del módem durante la adaptación y el tiempo de emisión. La porción de datos contiene datos de usuario, por ejemplo, audio, video o texto. La longitud de cada trama L_f es uniforme y normalmente no es igual a la longitud de cada símbolo L_s o conjunto de tonos. Se muestran los símbolos 420, 424 y 428 sucesivos. Como resultado de la disparidad en la longitud entre tramas y símbolos, los datos suplementarios aparecen en diferentes tonos 422, 426 y 430 en los símbolos, 420, 424 y 428 sucesivos, respectivamente. La información de control se transporta de este modo con la misma inmunidad al ruido que el resto de los datos. Por lo tanto, las fluctuaciones en los niveles de ruido que son lo suficientemente graves como para degradar la fiabilidad del transporte de los datos del usuario, también degradarán la información de control, lo que hará que el enlace caiga hasta que se complete la readaptación. En este esquema del estado de la técnica, cada byte en la trama, ya sean datos suplementarios o del usuario tienen la misma probabilidad de corromperse cuando hay un aumento de ruido.

La presente invención resuelve este problema al subdividir el espectro ascendente y descendente en subcanales o tonos dedicados para un RCC al que se aplican márgenes de ruido relativamente más altos en comparación con los subcanales restantes dedicados al SCC, como se muestra a continuación en la figura 4B.

La figura 4B es un diagrama de procesamiento de señales de un modo de realización de la invención dirigido a cargar datos de tramas en cada subcanal o tono de un símbolo multitonos o conjunto de tonos. Se muestra una sucesión de tramas 450 y 452, cada una con una longitud L_f y cada una conteniendo solo datos de usuario, por ejemplo, audio, video, texto. Los datos en estas tramas se mapean a los tonos asociados con el SCC, mientras que los datos 474, 480, 486 suplementarios, por ejemplo, BAT y PAT, se introducen en un conjunto fijo dedicado de tonos 476, 482, 488 en cada símbolo 470, 478, 484, respectivamente. Los tonos dedicados al RCC pueden ser adyacentes entre sí como se muestra en la figura 4B o separados entre sí como se muestra en las figuras 2B y 2C. La creación de un conjunto dedicado de tonos para el transporte de la información suplementaria en combinación con los márgenes de ruido relativamente más altos asignados a los mismos, mejora la inmunidad al ruido de todo el enlace, al permitir el transporte fiable de tablas de carga de bits adaptativas y otra información de control durante las fluctuaciones en el ruido de la línea, evitando de este modo la readaptación.

La figura 5 es un gráfico 500 de frecuencia y ruido a lo largo del tiempo que muestra un modo de realización de la invención para adaptar la velocidad de bits en respuesta a las variaciones en los niveles de ruido en el medio de

comunicación que conecta los módems mostrados en la figura 1. En la figura 5, la línea 502 continua muestra el cambio de velocidad de un módem con un RCC, y la línea 504 de puntos y trazos muestra el cambio de velocidad de un módem sin RCC. La línea 510 discontinua muestra un aumento de ruido representativo desde n_1 a n_3 en la línea de abonado justo antes del tiempo t_2 .

5 Para el caso del RCC, el margen 516 de ruido se asigna al RCC y el margen 512 de ruido se asigna al SCC. El ruido 510 nunca se eleva por encima del límite 518 superior de la inmunidad del RCC, aunque sí lo hace por encima del límite 514 superior de la inmunidad del SCC. El tiempo $\Delta(t_2-t_3)$ es el tiempo para detectar el aumento de ruido y para reducir la velocidad a una velocidad segura, por ejemplo, una reducción de velocidad a través del intercambio de tabla de bits subóptimos comprimidos, y $\Delta(t_3-t_4)$ es el tiempo para alcanzar la velocidad convergente, por ejemplo, incremento de la velocidad a través del intercambio de tablas de bits óptimos completos después de un largo promedio para obtener la SNR óptima. Además, r_4 es la velocidad inicial, r_1 es la velocidad segura, por ejemplo, la velocidad después de la reducción de la velocidad y r_2 es la velocidad convergente, por ejemplo, la velocidad tras un aumento de velocidad. Hay que señalar que $\Delta(t_2-t_3)$ es el tiempo durante el cual el tráfico puede potencialmente tener errores de verificación por redundancia cíclica (CRC) y se denomina período de error de tráfico, y suponiendo que no haya más aumento de ruido, no debería haber errores de CRC en el tiempo mientras se está funcionando a la velocidad segura o velocidad convergente.

La línea 504 muestra lo que sucede con los módems que funcionan sin un RCC. Cuando el ruido aumenta más allá del límite 514 superior asociado con el margen 512, la información de control, por ejemplo, los propios mensajes tienen errores y, por lo tanto, no se puede realizar el cambio de velocidad, lo que hace que el módem pierda el enlace y se readapte. Después de pasar por la readaptación (generalmente de 20 a 30 segundos), la velocidad vuelve a r_2 , pero mientras tanto, el usuario no tiene un servicio durante este tiempo de readaptación.

La figura 6 es un diagrama de flujo de proceso de procesamiento de transmisión y recepción de canales de comunicación tanto robustos como estándar de acuerdo con un modo de realización de la invención. En la fase de inicio, los módems intercambian capacidades, incluyendo soporte para el RCC. Si el RCC es compatible con ambos módems, se intercambian el primer y segundo márgenes de ruido objetivo. Después del inicio 600, el proceso de recepción comienza en el proceso 610 en el que los tonos recibidos se dividen en un subconjunto fijo dedicado al RCC y los tonos restantes asignados al SCC. Luego, en el proceso 612 el ruido se mide en función de uno o más de los siguientes: SNR de término/forma corta y larga, borrado de símbolos, niveles de error de Reed Solomon, verificaciones de redundancia cíclica, etc. Las determinaciones de nivel de ruido resultantes se actualizan para los tonos o subcanales del SCC y RCC. Los tonos del SCC están sujetos a desentramado y a cualquier Reed Solomon asociado u otra descodificación y desintercalado en el proceso 620. El procesamiento para los tonos del SCC vuelve entonces al proceso 610.

Si los datos recibidos en los tonos del RCC contienen nuevas tablas de carga de bits (BAT) o de aplicación de potencia (PAT) entonces en el proceso de decisión 630 se pasa el control al proceso 632. En el proceso 632, el controlador 340 de canal (véase figura 3) conmuta los componentes del ordenador de rutas de transmisión de tonos y del cambiador de escala de ganancia a los nuevos valores de carga de bits y cambio de escala de ganancia respectivamente.

A continuación, en el proceso 634 de decisión, se determina si se requiere un cambio en la carga de bits. Si el ruido permanece dentro del rango de sin cambio, entonces el control vuelve al proceso 610. Si no, el control pasa al proceso 636 en el que se asignan los objetivos de margen de ruido 1° y 2° para el RCC y el SCC.

Posteriormente, en el proceso 638 de decisión, se determina si el ruido ha caído por debajo de un umbral mínimo, o ha aumentado por encima de un umbral máximo. Cuando el ruido ha aumentado por encima del umbral máximo, el control pasa al proceso 640. En el proceso 640 se realizan cálculos de carga de bits en forma corta y se generan los correspondientes BAT y PAT en forma corta. Los cálculos de carga de bits en forma corta se realizan al consolidar los tonos adyacentes en grupos y realizar la carga de bits en cada grupo en lugar de en cada tono. Este enfoque en forma corta también se puede combinar con una determinación de la SNR abreviada, con un rango retrospectivo muy corto. Luego, en el proceso 642, las BAT y PAT en forma corta se transmiten al módem opuesto en los tonos del RCC.

Si de manera alternativa en el proceso 638 de decisión se toma una determinación de que los niveles de ruido han caído por debajo de un umbral mínimo, entonces el control pasa al proceso 644. En el proceso 644 se completa una determinación de carga de bits en forma larga, tono por tono y luego en el proceso 646, las BAT y PAT en forma larga correspondientes se transmiten posteriormente al módem opuesto en los tonos del RCC.

Cuando se realiza una adaptación de carga de bits en forma corta, por lo general no es óptima y, posteriormente, normalmente seguirá una adaptación en forma larga. Este cálculo de carga de bits adaptable paso a paso da como resultado la adaptación escalonada de la carga de bits mostrada en la línea 502 de la figura 5.

El procesamiento de la ruta de transmisión comienza en el proceso 650, en el que un subconjunto fijo del conjunto de tonos o símbolo transmitido está dedicado al RCC y los tonos restantes al SCC. El procesamiento del SCC comprende en el proceso 654 el envío de datos del SCC a través del entramador para el entramado y cualquier

5 codificación o intercalado asociado, seguido de la introducción en un mapeador en el proceso 656 que mapea los bits del SCC a los tonos del SCC dedicados apropiados. El procesamiento de los datos del RCC, por ejemplo, los datos de mensaje, suplementarios y de control, y en un modo de realización de la invención, los datos del usuario con un requisito de alta calidad de servicio (QOS) se realizan en el proceso 652. Los datos del RCC se introducen directamente en el mapeador y los bits del RCC se mapean a los tonos del RCC dedicados apropiados.

A continuación, en el proceso 660, tanto los tonos del SCC como del RCC están sujetos a un cambio de escala de ganancia, como se requiere en la PAT con cualquier cambio de escala de ganancia mayor requerido aplicándose por consiguiente a los tonos del RCC. Los datos se transmiten entonces al módem opuesto.

REIVINDICACIONES

1. Un método para hacer funcionar un transceptor multitono que comprende:

dedicar un subconjunto fijo de tonos en cada símbolo sucesivo a al menos un canal de comunicación robusto, RCC, y los tonos restantes a un canal de comunicación estándar, SCC;

5 asignar un primer objetivo de margen de ruido para los datos transportados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y un segundo objetivo de margen de ruido más bajo que el primer margen de ruido para los datos transportados en los tonos restantes dedicados al SCC; y

10 determinar la carga de bits mediante un controlador de canal, para el primer conjunto de tonos dedicado al RCC y los tonos restantes dedicados al SCC en función del primer y segundo objetivos de margen de ruido respectivamente, por lo que el primer conjunto de tonos dedicado al RCC exhibe una mayor inmunidad a las variaciones de ruido que los tonos restantes dedicados al SCC.

2. El método para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 1, en donde el acto de dedicación comprende, además:

15 transmitir información que identifica el subconjunto fijo de tonos dedicados al RCC y los tonos restantes dedicados al SCC.

3. El método para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 1, en donde el acto determinante comprende, además:

20 seleccionar datos modulados en un tono determinado de al menos una de las constelaciones más pequeñas y niveles de cambio de escala de ganancia más altos cuando el tono determinado corresponde a un tono del RCC en comparación con un tono SCC.

4. El método para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 1, en donde el acto determinante comprende, además:

25 transmitir a través del primer conjunto de tonos dedicado al RCC, tanto las tablas de cambio de escala de ganancia como de carga de bits mostrando al menos una de las constelaciones más pequeñas y los niveles de cambio de escala de ganancia más altos para los datos modulados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC que para los datos modulados en los tonos restantes dedicados al SCC.

5. El método para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 1, en donde el acto determinante comprende, además:

30 supervisar los niveles de ruido para datos recibidos en el RCC y SCC;
detectar niveles de ruido por encima de un nivel de umbral;

volver a determinar la carga de bits para al menos los tonos restantes dedicados al SCC en función del segundo objetivo de margen de ruido; y

volver a transmitir en el primer conjunto de tonos dedicado al RCC las tablas actualizadas de carga de bits y de cambio de escala de ganancia para al menos los tonos restantes dedicados al SCC.

35 6. El método para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 1, en donde el acto determinante comprende, además:

supervisar los niveles de ruido para datos recibidos en el RCC y SCC;
detectar niveles de ruido por encima de un nivel de umbral;

40 volver a determinar la carga de bits para al menos los tonos restantes dedicados al SCC en función del segundo objetivo de margen de ruido y también en función de los tonos adyacentes combinados en grupos para cada uno de los cuales aplica una única variación de carga de bits, simplificando de ese modo la redeterminación de carga de bits; y

volver a transmitir en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC las tablas actualizadas de carga de bits y de cambio de escala de ganancia para al menos los tonos restantes dedicados al SCC.

45 7. El método para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 1, que comprende, además:

realizar la corrección de errores hacia adelante, FEC, exclusivamente en datos transmitidos en los tonos restantes dedicados al SCC, evitando de ese modo FEC en datos transmitidos en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC.

8. Los medios para hacer funcionar un transceptor multitono que comprenden:

medios para dedicar un subconjunto fijo de tonos en cada símbolo sucesivo a al menos un canal de comunicación robusto, RCC, y los tonos restantes a un canal de comunicación estándar, SCC;

5 medios para asignar un primer objetivo de margen de ruido para los datos transportados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC y un segundo objetivo de margen de ruido más bajo que el primer margen de ruido para los datos transportados en los tonos restantes dedicados al SCC; y

10 medios para determinar la carga de bits utilizando un controlador de canal, para el primer conjunto de tonos dedicado al RCC y los tonos restantes dedicados al SCC en función del primer y segundo objetivos de margen de ruido respectivamente, por lo que el primer conjunto de tonos dedicado al RCC muestra mayor inmunidad a las variaciones de ruido que los tonos restantes dedicados al SCC.

9. Los medios para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 8, en donde los medios para dedicar comprenden, además:

medios para transmitir información que identifique el subconjunto fijo de tonos dedicados al RCC y los tonos restantes dedicados al SCC.

15 10. Los medios para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 8, en donde los medios para determinar además comprenden:

medios para seleccionar datos modulados en un tono determinado de al menos una de las constelaciones más pequeñas y niveles de cambio de escala de ganancia más altos cuando el tono determinado corresponde a un tono del RCC en comparación con un tono del SCC.

20 11. Los medios para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 8, en donde los medios para determinar además comprenden:

25 medios para transmitir a través del primer conjunto de tonos dedicados al RCC, tanto las tablas de cambio de escala de ganancia como de carga de bits mostrando al menos una de las constelaciones más pequeñas y los niveles de cambio de escala de ganancia más altos para los datos modulados en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC que para los datos modulado en los restantes dedicados al SCC.

12. Los medios para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 8, en donde los medios para el acto determinante comprenden, además:

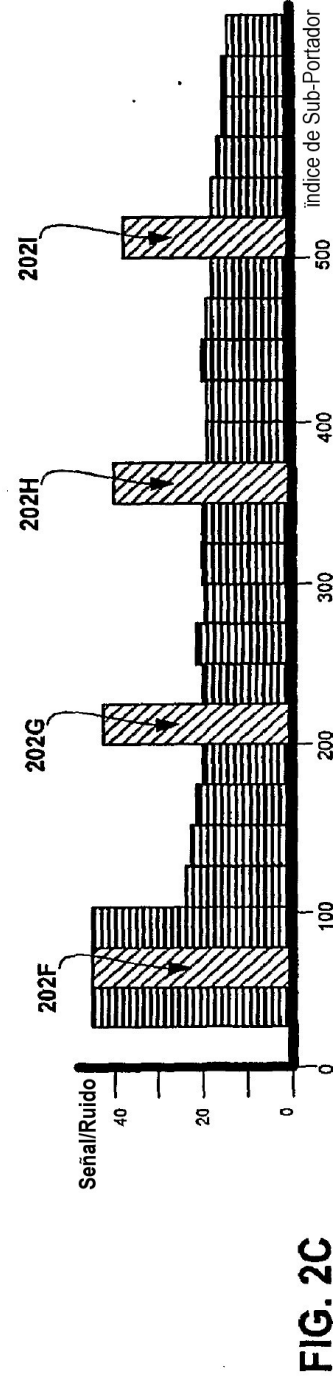
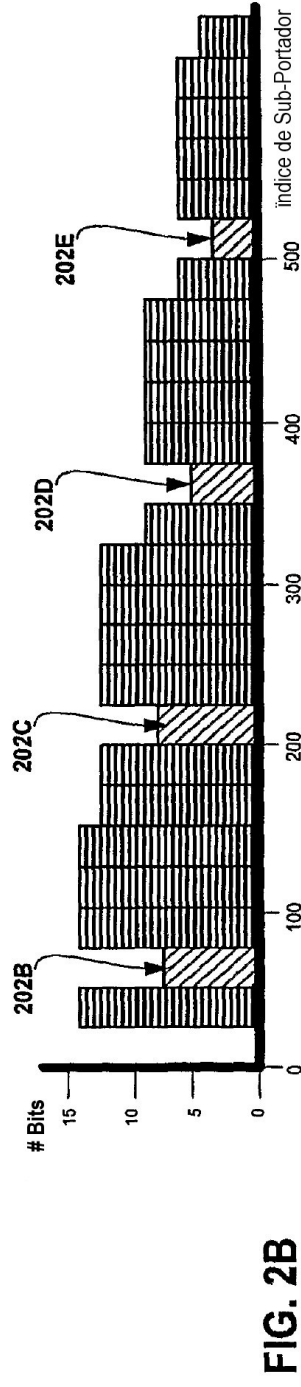
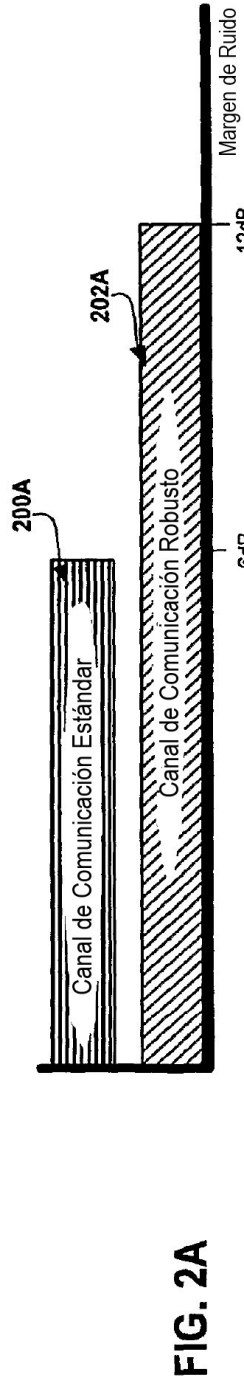
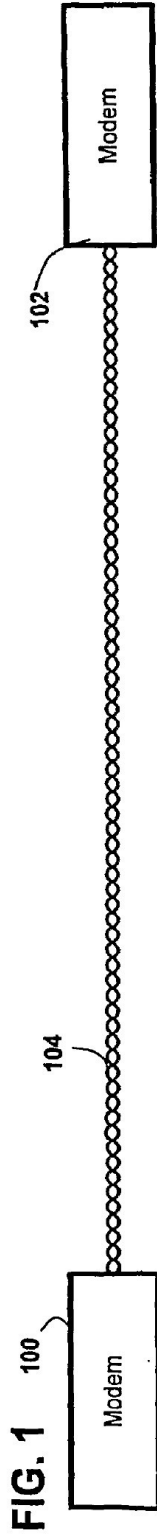
medios para supervisar los niveles de ruido de los datos recibidos en el RCC y SCC; medios para detectar niveles de ruido por encima de un nivel de umbral;

30 medios para volver a determinar la carga de bits para al menos los tonos restantes dedicados al SCC en función del segundo objetivo de margen de ruido; y

medios para volver a transmitir en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC las tablas actualizadas de carga de bits y de cambio de escala de ganancia para al menos los tonos restantes dedicados al SCC.

13. Los medios para hacer funcionar un transceptor multitono de la reivindicación 8, que además comprenden:

35 medios para realizar la corrección de errores hacia adelante, FEC, exclusivamente en datos transmitidos en los tonos restantes dedicados al SCC, evitando así FEC en datos transmitidos en el primer conjunto de tonos dedicados al RCC.



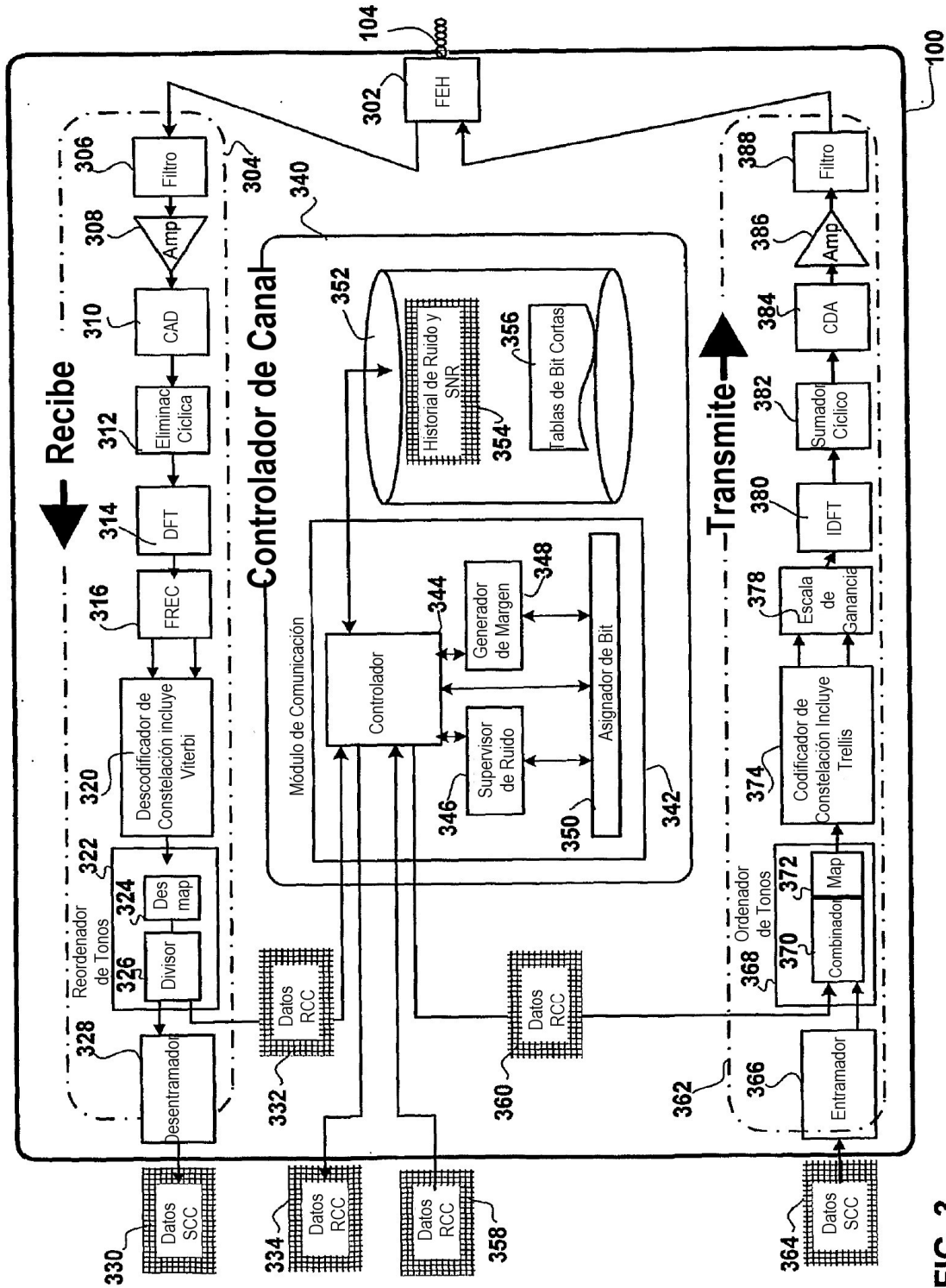
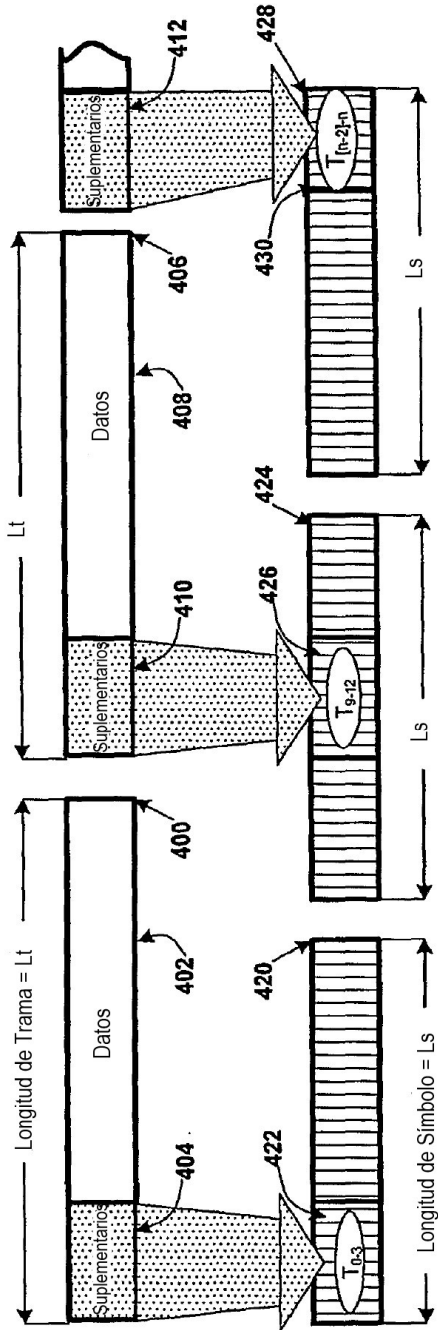


FIG. 3



Estado de la Técnica

FIG. 4A Asignaciones de Tono Variable para EOC

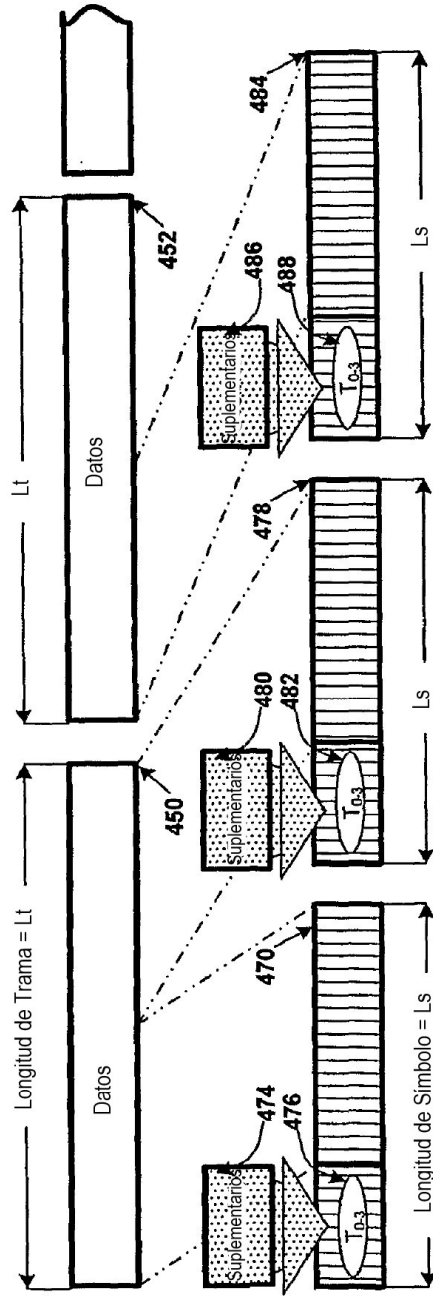


FIG. 4B Asignaciones de Tono Fijo para RCC

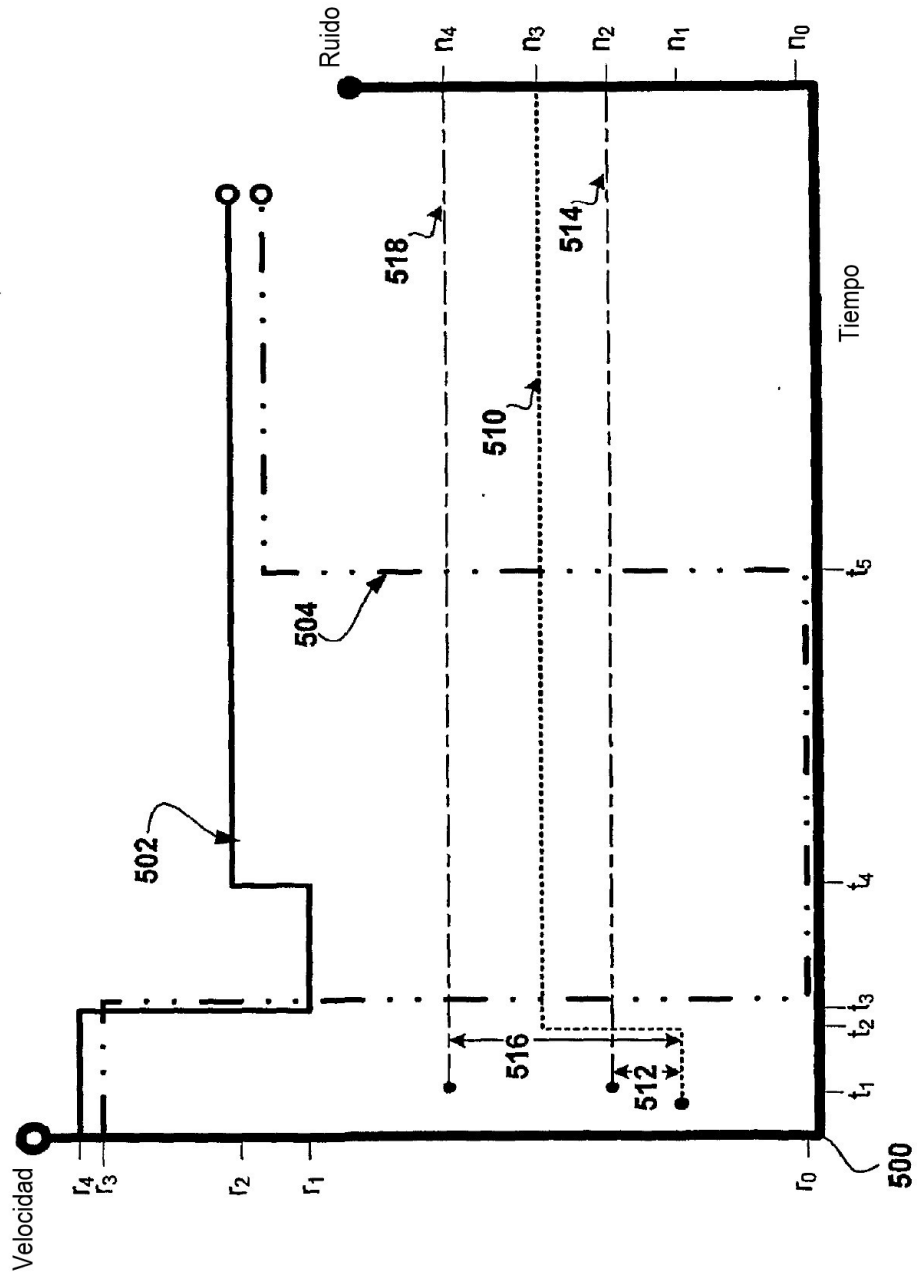


FIG. 5

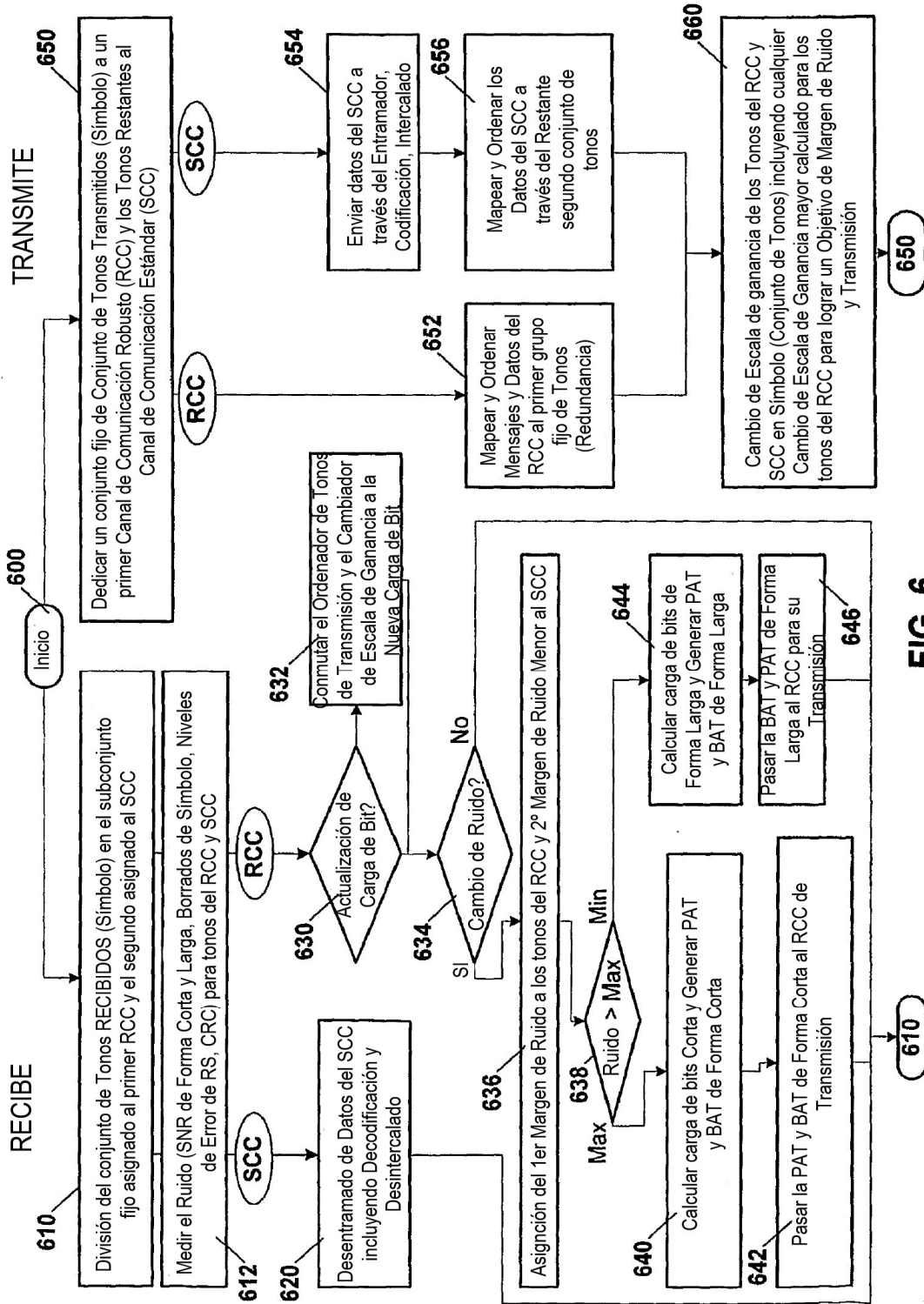


FIG. 6