

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 526**

51 Int. Cl.:

H04B 10/54 (2013.01)

H04L 27/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2016** **E 16200537 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** **EP 3328012**

54 Título: **Métodos de conversión o reconversión de una señal de datos y método y sistema de transmisión y/o recepción de datos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.04.2020

73 Titular/es:
TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN (100.0%)
Arcisstrasse 21
80333 München, DE

72 Inventor/es:
BÖCHERER, GEORG;
SCHULTE, PATRICK y
STEINER, FABIAN

74 Agente/Representante:
DÍAZ NUÑEZ, Joaquín

ES 2 755 526 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

Métodos de conversión o reconversión de una señal de datos y método y sistema de transmisión y/o recepción de datos

5 [0001] La presente invención se refiere a métodos para convertir o reconvertir una señal de datos y a un método y un sistema para la transmisión y/o recepción de datos.

[0002] En el campo de la conversión, transmisión y/o recepción de señales de datos a través de ciertos tipos de canales para comunicar secuencias de símbolos, un cierto grado de consumo de energía va acompañado de los procesos subyacentes.

10 [0003] La publicación "Bandwidth efficient and rate-matched low-density parity-check coded modulation" "*Ancho de banda eficiente y modulación codificada de verificación de paridad de baja densidad*" (IEEE transactions on communications, *IEEE transacciones en comunicaciones*, volumen 63, número 12, pags. 4651 a 4665) describe un esquema de modulación codificado, en el que, en el lado del transmisor, una concatenación de un emparejador de distribución y un codificador binario sistemático realizan una conformación de señal probabilística y codificación de canal.

15 [0004] La publicación "Reducing the peak and average power for OFDM systems using QAM by constellation shaping" "*Reducción de la potencia máxima y media para sistemas OFDM que utilizan QAM mediante la configuración de constelaciones*" (European transactions on telecommunications, *Transacciones europeas en telecomunicaciones*, volumen 21, páginas 35 a 49, 2010) se refiere a un esquema para reducir el pico y la potencia media de las señales de multiplexación por división de frecuencia ortogonal utilizando modulación de amplitud en cuadratura mediante conformación de constelación.

20 [0005] La publicación "Advanced modulation techniques for V.Fast" "*Técnicas avanzadas de modulación para V.Fast*" (European transactions on telecommunications and related technologies, *Transacciones Europeas en telecomunicaciones y tecnologías relacionadas*, volumen 4, número 3, pags. 243 a 255) muestra una técnica de modulación que incluye la operación de ancho de banda adaptable para la selección automática de una banda de transmisión, la modulación multidimensional codificada en retícula para una mayor ganancia de codificación, la conformación de constelaciones para una mayor ganancia de conformación, la pre-codificación y pre-énfasis en la ecualización avanzada, así como la deformación para la resistencia contra los impedimentos dependientes de la señal.

25 [0006] Es un objeto subyacente a la presente invención presentar métodos de convertir o reconvertir señales de datos y métodos y sistemas para transmisión de datos y/o recepción de datos con una mayor confiabilidad de los procesos subyacentes bajo consumo de energía reducido o al menos eficiencia energética mejorada.

30 [0007] El objeto subyacente a la presente invención se obtiene mediante un método para convertir una señal de datos según la reivindicación independiente 1 o, alternativamente, mediante un método según la reivindicación independiente 5, mediante un método para la transmisión y recepción de datos según la reivindicación independiente 12 y mediante un sistema de transmisión y recepción de datos según la reivindicación independiente 14. Los modos de realización preferidos se definen en las reivindicaciones dependientes respectivas.

[0008] Según un primer aspecto de la presente invención, se proporciona un método para convertir una señal de datos que comprende procesos de

40 - proporcionar un flujo de símbolos de entrada de símbolos de entrada, siendo el flujo de símbolos de entrada representativo de la señal de datos que se va a convertir, y

- aplicando a secuencias consecutivas de símbolos de entrada parciales disyuntivas de un número de símbolos de entrada consecutivos p que cubren dicho flujo de símbolos de entrada, siendo p un número natural fijo, un proceso de correspondencia de distribución con el fin de generar y emitir un flujo de símbolos de salida final o una preforma del mismo.

45 [0009] De acuerdo con la presente invención, el proceso de correspondencia de distribución está formado por un proceso de mapeo de la capa precedente y un proceso de mapeo de amplitud subsiguiente. Dicho proceso de mapeo de la capa se configura para formar y dar salida a dicho proceso de mapeo de amplitud para cada una de dichas secuencias consecutivas de símbolos de entrada parcial una secuencia de un número de índices de capa q , siendo q un número natural fijo. Dicho proceso de mapeo de amplitud está configurado para asignar a cada índice de la capa una tupla de valores de amplitud. Además, dichos valores de amplitud o una secuencia de los mismos se suministran a un proceso probabilístico de conformación de amplitud para generar y emitir puntos de constelación o

una secuencia de los mismos, respectivamente, como un flujo final de símbolos de salida que es representativo de la señal convertida y en un error de avance de la forma corregida.

5 [0010] Por lo tanto, es un aspecto clave de la presente invención combinar dentro de un proceso de correspondencia de distribución un proceso de mapeo de la capa seguido de un proceso de mapeo de amplitud para derivar de un flujo de símbolos de entrada un flujo de índices de capa primero y derivar de ahí un flujo de valores de amplitud. Con tal combinación de procesos es posible diseñar los índices de la capa de una manera que cumpla con ciertos requisitos de eficiencia y potencia, por un lado, donde la provisión del flujo de pares de valores de amplitud permite una combinación simple y eficiente con los procesos de corrección de errores de avance.

10 [0011] El proceso de mapeo de la capa puede configurarse para producir índices de capa a partir de un conjunto de índices asignado. En otras palabras, el proceso de mapeo de la capa, el valor de cada índice de la capa, una función de mapeo de la capa subyacente y/o una función de ponderación de la capa subyacente pueden definirse en relación con un conjunto de índices asignados subyacente al proceso de mapeo de la capa.

15 [0012] En un modo de realización preferible del método para convertir una señal de datos de acuerdo con la presente invención para una constelación subyacente M-QAM con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, dicho conjunto de índices puede cumplir la siguiente relación (1)

$$S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\} \quad (1)$$

con S que indica el conjunto de índices y con $s_{\max} = M/4$.

[0013] En una constelación M-QAM de cuatro dimensiones - por ejemplo, con un esquema QAM de doble polarización - se tendría $s_{\max} = M/16$ para el conjunto de índices subyacente S.

20 [0014] De acuerdo con otro modo de realización ventajoso del método para convertir una señal de datos, dicho proceso de mapeo de amplitud y cada valor de amplitud puede ser definido por una función asignada de mapeo de amplitud configurada para mapear un respectivo índice de la capa s a una tupla de valores de amplitud, en donde los valores de amplitud son en particular escogidos de acuerdo a una constelación de 2^m -ASK. Esto permite la definición y selección de ciertos requisitos de eficiencia y/o potencia para un proceso de transmisión/recepción.

25 [0015] En tales circunstancias es particularmente ventajoso si para una constelación M-QAM subyacente con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, los pares de amplitud de puntos de la constelación M-QAM son indexados por dichas secuencias parciales de símbolos de entrada.

30 [0016] Además, la indexación de los puntos de la constelación se puede realizar utilizando entradas adicionales, por ejemplo, en forma de - en particular - dos - símbolos o bits, como símbolos de signos o bits para definir el signo de dichos valores de amplitud para indexar el punto de la constelación. Los símbolos o bits de los signos pueden derivarse del símbolo o del flujo de bits de la fuente y/o de los símbolos o bits de paridad después de la codificación cuando se utiliza la conformación probabilística de la amplitud, en los siguientes casos también abreviados con PAS. Para un número de índices s de la 'shell' de q y una dimensión t de las tuplas se realiza un número t-q de símbolos de signo o bits de signo que corresponden a un número t-q de amplitudes.

35 [0017] Para definir ciertos requisitos de eficiencia y potencia, la función de ponderación de la capa subyacente puede diseñarse en consecuencia. Por ejemplo y según un modo de realización preferido del método para convertir una señal de dato, la función de ponderación de dicha capa puede ser configurada para permitir - en particular por medio de la función de dicho mapeo de la capa como función de correspondencia de distribución - selección de las amplitudes de punto de constelación para ser indexadas por dichas secuencias de símbolo de entrada parcial que
40 tienen o para las cuales los valores de amplitud respectivos tienen un valor de ponderación menor, en particular debajo de un valor de umbral predefinido dado.

[0018] La ventaja particular de la presente invención es que el método para convertir una señal de datos según la presente invención puede ser utilizada para la conformación de amplitud y combinada con corrección de error hacia adelante con la conformación de amplitud probabilística o esquemas PAS.

45 [0019] Por lo tanto, dichos valores de amplitud o una secuencia de los mismos pueden ser suministrados a un proceso de conformación probabilística de amplitud o PAS con el fin de generar y emitir puntos de constelación o una secuencia de los mismos, respectivamente, como una corriente de símbolo de salida final que sea representativa de la señal convertida, en particular en forma corregida de error de avance y/o mediante el etiquetado de dichos valores de amplitud basados en un esquema de cadena binaria.

50 [0020] De acuerdo con un aspecto adicional o alternativo de la presente invención, se presenta un método para reconvertir una señal de datos -en particular ya convertida-, que comprende procesos de

- proporcionar un flujo de símbolos de entrada, siendo el flujo de símbolos de entrada, directa o indirectamente, representativo de una secuencia de amplitud de la señal de datos subyacente -en particular convertida- que deba reconvertirse o de una derivada de la misma, y

5 - aplicando a dicho flujo de símbolos de entrada o a un derivado del mismo un proceso de correspondencia de distribución inversa con el fin de generar y emitir un flujo de símbolos de salida final.

10 [0021] El proceso de correspondencia de distribución inversa está formado por un proceso de mapeo de amplitud inversa anterior y un proceso de mapeo de la capa inversa posterior. Dicho proceso de mapeo de amplitud inversa está configurado para asignar a tuplas de valores de amplitud transmitidos por o derivados de dicho flujo de símbolos de entrada un índice de la capa, dando así salida al proceso de mapeo de la capa inversa una secuencia de índices de la capa. Dicho proceso de mapeo de la capa inversa se configura para formar y producir para cada una de las secuencias parciales consecutivas disyuntivas de un número de índices de la capa consecutivos que cubren dicha secuencia de índices de la capa, siendo q un número natural fijo, una secuencia de símbolos de salida parcial de un número de símbolos de salida final p , siendo p un número natural fijo, formando de este modo y emitiendo la señal (re) convertida.

15 [0022] Dicho proceso de mapeo de la capa inverso y el valor de cada índice de la capa pueden ser definidos por un conjunto de índices asignados subyacente al proceso de mapeo de la capa inverso y en particular un proceso de mapeo de la capa subyacente.

[0023] En tales circunstancias, para una constelación M-QAM subyacente con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, dicho conjunto de índices puede cumplir la siguiente relación (1')

20
$$S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\} \quad (1')$$

con S que denota dicho conjunto de índices y con $s_{\max} = M/4$.

[0024] En una constelación M-QAM de cuatro dimensiones - por ejemplo, con un esquema QAM de doble polarización - se tendría $s_{\max} = M/16$ para el conjunto de índices subyacentes S .

25 [0025] Dicho proceso de mapeo de amplitud inversa y cada valor de índice de la capa puede ser definido por un proceso de mapeo de amplitud subyacente asignado, en particular en conexión con su función de mapeo de amplitud subyacente configurada para mapear invertiblemente un índice de la capa respectivo s a una tupla de valores de amplitud, en donde los valores de amplitud se eligen en particular de acuerdo con una constelación de $2m$ -ASK.

30 [0026] Una vez más, para una constelación subyacente de M-QAM con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, una indexación subyacente de las amplitudes de los puntos de la constelación de dicha constelación de M-QAM se restablece mediante secuencias consecutivas disyuntivas de símbolos de salida parcial de p símbolos de salida final consecutivos con p siendo un número natural fijo.

35 [0027] La indexación del punto de la constelación se puede realizar utilizando -en particular- dos símbolos o bits como símbolos de signo o bits para definir el signo de dichos valores de amplitud y utilizando los símbolos o bits restantes de cada una de dichas secuencias de símbolos de salida parcial para indexar las amplitudes de los puntos de la constelación, particularmente utilizando un esquema M-QAM. Esto puede hacerse, en particular, en una forma etiquetada en código gris y/o como un producto cartesiano de dos esquemas idénticos $\sqrt{M}$ -ASK. Los símbolos o bits de signo pueden derivarse del símbolo o del flujo de bits de la fuente y/o de los símbolos o bits de paridad después de codificar cuando se utiliza PAS.

40 [0028] Adicionalmente o alternativamente, dicha función de mapeo de la capa subyacente como función de distribución y/o la función de ponderación de la capa subyacente puede configurarse para transmitir la selección de las amplitudes de los puntos de la constelación que serán indexadas por dichas secuencias de símbolos de salida parcial que tienen o para las cuales los respectivos valores de amplitud tienen un valor de peso menor, en particular por debajo de un determinado valor umbral predefinido.

45 [0029] Dichos valores de amplitud o una secuencia de los mismos pueden obtenerse preferiblemente a partir de una formación de amplitud probabilística inversa precedente o de un proceso PAS que evalúe los puntos de la constelación de entrada o una secuencia de los mismos, respectivamente, ya que dicho flujo de símbolos de entrada es representativo de la señal que debe reconvertirse, en particular en forma corregida por error de avance y/o mediante el desetiquetado de dichos valores de amplitud basados en un esquema de cadenas binarias.

50 [0030] En los siguientes aspectos adicionales de la presente invención se discuten refiriéndose tanto al método de conversión como al método de reconversión de una señal de datos.

- 5 [0031] Dicho proceso de correspondencia de distribución, dicho proceso de correspondencia de distribución inversa, dicho proceso de mapeo de la capa, dicho proceso de mapeo de la capa inversa, dicho proceso de mapeo de amplitud, dicho proceso de mapeo de amplitud inversa, dicho proceso de mapeo de amplitud probabilística y/o dicho proceso de mapeo de amplitud probabilística inversa, respectivamente, pueden configurarse para ser invertibles, en particular entre sí. Esto ayuda a aumentar la eficiencia de los procesos subyacentes, ya que el carácter invertible de cada uno de los procesos garantiza un mapeo uno a uno de las respectivas secuencias de símbolos.
- 10 [0032] El proceso de suministro del flujo de símbolos de entrada puede comprender al menos una llamada al flujo de símbolos de entrada desde un medio de almacenamiento o desde un proceso de generación de símbolos, y la recepción, demodulación y/o decodificación de una señal que sea representativa del flujo de símbolos de entrada o que lo transmita.
- 15 [0033] Para lograr de manera más confiable ciertos requerimientos de eficiencia y potencia, en modos de realización preferidos de los métodos para convertir o reconvertir una señal de datos, dicho proceso de correspondencia de distribución inversa, dicho proceso de mapeo de la capa inversa, dicho proceso de correspondencia de amplitud, dicho proceso de correspondencia de amplitud inversa, dicho proceso de correspondencia de amplitud probabilística, dicho proceso de correspondencia de amplitud inversa, la función subyacente de mapeo de la capa f , la función de ponderación de la capa w , la función de correspondencia de amplitud g , la función de mapeo de la capa inversa f^{-1} y/o la función de mapeo de amplitud inversa g^{-1} pueden ser, respectivamente, al menos una de las siguientes: (a) basada en una distribución predefinida que deba lograrse para una salida y , en particular, basada en una distribución gaussiana, y (b) con el fin de lograr una aproximación de la distribución empírica de la secuencia final de símbolos de salida a la respectiva distribución subyacente, mediante la indexación correspondiente de las respectivas secuencias de salida a partir de un conjunto completo de un conjunto respectivo de candidatos.
- 20 [0034] La presente invención puede ser aplicada en conexión con símbolos generales que forman las señales respectivas para ser convertidas o reconvertidas y como también cualquier señal intermedia puede ser representada por símbolos generales. En particular, según un modo de realización preferido de los métodos para convertir o reconvertir una señal de datos según la presente invención, dicha corriente de símbolo de entrada, dichos índices de la capa, dichos valores de amplitud pueden ser al menos parcialmente formados y/o representados por bits binarios.
- 25 [0035] La presente invención puede ser aplicada en el contexto de formas más concretas de símbolos.
- 30 [0036] Por lo tanto, en algunas aplicaciones prácticas, el método de la invención puede centrarse en símbolos en forma de dígitos binarios, es decir, bits. Así y según la presente invención y en ciertos modos de realización de la misma, los términos de flujo de símbolos de entrada, secuencia de símbolos parcial, proceso de correspondencia de distribución de símbolos, flujo de símbolos de salida final y similares pueden enfocarse en símbolos en forma de bits, reemplazando así estos términos regulares mencionados por términos técnicos especializados respectivos de flujo de bits de entrada, secuencia de bits parcial, proceso de correspondencia de distribución de bits, flujo de bits de salida final y similares, respectivamente.
- 35 [0037] Cada etapa e incluso las etapas intermedias del proceso según la presente invención pueden referirse a bits y combinaciones de bits como símbolos.
- [0038] De acuerdo con otro aspecto de la presente invención se proporciona un método para la transmisión y/o recepción de datos.
- 40 [0039] El método de la invención comprende al menos una sección de transmisión de datos y una sección de recepción de datos. La sección de transmisión de datos y/o la sección de recepción de datos puede implicar al menos uno de los métodos originales para convertir una señal de datos o para reconvertir una señal de datos como se ha descrito anteriormente.
- 45 [0040] En un modo de realización preferido del método de la invención para la transmisión y/o recepción de datos, el proceso de correspondencia de distribución y el proceso de correspondencia de distribución inversa pueden ser inversos entre sí.
- [0041] En particular, los procesos involucrados de mapeo de la capa y mapeo de amplitud y mapeo de la capa inversa y los procesos de mapeo de amplitud inversa - formando respectivamente la distribución y el proceso de correspondencia de distribución inversa - pueden ser inversas entre sí, respectivamente.
- 50 [0042] Adicionalmente o alternativamente, el proceso de formación de amplitud probabilística y el proceso de formación de amplitud probabilística inversa pueden ser inversos entre sí.

- [0043] La presente invención también sugiere un sistema de transmisión y/o recepción de datos. El sistema de la invención comprende una unidad de procesamiento configurada para realizar cualquiera de los métodos según la presente invención y comprende medios respectivos para llevar a cabo tales métodos.
- 5 [0044] En el caso de una combinación de un proceso/unidad de transmisión y un proceso/unidad de recepción, estos procesos o unidades pueden configurarse para intercambiar y/o negociar datos a fin de definir y fijar la forma concreta del mapeo de la capa, el mapeo de amplitud y/o las propiedades probabilísticas de conformación de la amplitud. En particular, se negocian las longitudes de entrada y salida p y q, respectivamente, la función subyacente de mapeo de la capa f y la función de ponderación de la capa w y/o el conjunto de índices asignado S.
- 10 [0045] Además, los métodos de la invención descritos anteriormente pueden realizarse mediante un código aceptable y ejecutable por un ordenador o un medio de procesamiento de señales digitales.
- [0046] También dentro del alcance de la presente invención, está proporcionado un producto de programa de ordenador, que comprende un código de ordenador adaptado para permitir que un ordenador y/o medios de procesamiento de señal digital ejecuten cualquiera de los métodos según la presente invención cuando el código se ejecuta en el ordenador y/o medios de procesamiento de señal digital, respectivamente.
- 15 [0047] Estos y otros aspectos, detalles, ventajas y características de la presente invención serán descritos en base a los modos de realización de la invención y tomando referencia a las figuras que la acompañan.
- La figura 1 muestra un diagrama de bloques para explicar el modo de realización del sistema de una transmisión y/o recepción de datos según la presente invención y la incorporación de los métodos para convertir/reconvertir una señal de datos incorporada en ella.
- 20 Las Figuras 2 a 4 muestran diagramas de bloque explicando aspectos generales del método para convertir una señal de datos según la presente invención.
- Las Figuras 5 y 6 muestran diagramas de bloque que explican aspectos generales del método para reconvertir una señal de datos según la presente invención.
- 25 Las Figuras 7 a 14 ejemplifican aspectos de modos concretos de realización del método para convertir una señal de datos según la presente invención.
- [0048] En los siguientes modos de realización y el trasfondo técnico de la presente invención se presentan en detalle tomando referencia a las figuras 1 a 14 que las acompañan. Los elementos idénticos o equivalentes y los elementos que actúan de forma idéntica o equivalente se indican con los mismos signos de referencia. No en cada caso de su aparición, se repite una descripción detallada de los elementos y componentes.
- 30 [0049] Las características representadas y descritas y las propiedades adicionales de los modos de realización de la invención pueden ser arbitrariamente aisladas y recombinadas sin dejar la esencia de la presente invención.
- [0050] Antes de entrar en detalles sobre los aspectos de los métodos de conversión/reconversión de una señal de datos y los métodos de transmisión/recepción de datos, se toma como referencia la figura 1 y su visión general sobre los sistemas y métodos de conversión/reconversión de datos y/o de transmisión/recepción de datos.
- 35 [0051] Por lo tanto, la figura 1 muestra un diagrama de bloques para explicar los modos de realización de un sistema de transmisión y/o recepción de datos de acuerdo con la presente invención y la incorporación de los métodos para convertir/reconvertir una señal de datos incorporada en ella.
- [0052] El esquema según la figura 1 sigue generalmente el concepto de codificación y modulación en la comunicación digital propuesto en 1974 por Massey.
- 40 [0053] El esquema de la figura 1 describe un sistema T -ya sea una estructura de hardware, una configuración de un método o de unidades de procesamiento o una combinación de los mismos- que comprende (i) una unidad de fuente de información T1 configurada para proporcionar una señal U para ser convertida y transmitida, una (ii) unidad codificadora T2 configurada para recibir y codificar la señal U y emitir una señal codificada X, (iii) una unidad moduladora T3 configurada para recibir y modular la señal codificada X y emitir una señal modulada s(t) para su transmisión a través de (iv) una unidad de canal en forma de onda de transmisión/recepción T4, (v) un equipo demodulador T5 configurado para recibir la señal modulada s(t) en una forma r(t) posiblemente distorsionada por el equipo del canal de transmisión T4 y para demodular dicha señal a fin de emitir una señal demodulada Y, (vi) un equipo decodificador T6 configurado para recibir y decodificar la señal demodulada Y y emitir la señal decodificada V, y (vii) un equipo de información T7 configurado para recibir la señal decodificada V.
- 45

[0054] De acuerdo con la presente invención, la fuente de información T1 y el sumidero de información T7 pueden ser cualquier tipo de información o sumidero o fuente de señal, respectivamente. Se puede utilizar cualquier tipo de medio de almacenamiento. Alternativamente, puede estar involucrado cualquier otro canal arbitrario de transmisión/recepción.

[0055] Como ya se ha mencionado anteriormente, según la presente invención se proporciona un método C para convertir una señal de datos U y alternativamente o adicionalmente un método RC para reconvertir una señal de datos Y. Estos métodos C y RC según la presente invención pueden abarcar o ser una parte de la información que codifica unidad T2 y decodificando unidad T6, respectivamente. Adicionalmente o alternativamente, también se pueden realizar partes de la fuente de información T1 y/o del modulador T3 por un lado y del demodulador T5 y/o del sumidero de información T7 por otro lado.

[0056] Las figuras 2 a 4 explican mediante diagramas de bloques los aspectos generales del método C para convertir una señal de datos U según la presente invención.

[0057] La señal de datos U obtenida de una unidad de fuente de información T1 en el caso mostrado en las figuras 1 a 4 está representada o es idéntica a un flujo de símbolos de entrada IB que no es necesariamente, pero puede ser, un flujo de dígitos de entrada binarios o bits de entrada IBj. El flujo de símbolos de entrada IB puede tener una longitud finita o puede representarse como un flujo continuo de símbolos.

[0058] La figura 2 explica mediante un diagrama esquemático de bloques un modo de realización preferido de un proceso de codificación o unidad T2 realizando un aspecto de la presente invención.

[0059] Se proporciona al proceso de codificación o unidad T2 un símbolo de entrada o un flujo de bits IBj representativo de una señal o señal de datos U a convertir y que comprende este flujo de símbolos o bits de entrada IBj. El proceso de codificación o unidad T2 está configurado para procesar los símbolos de entrada o bits IBj con el fin de generar y emitir un flujo de símbolos de salida OB que sea representativo de la señal X convertida que se muestra en la figura 1 y que comprenda un flujo de símbolos de salida o bits de salida OBj.

[0060] En el modo de realización de la QAM mostrado en la figura 2, el proceso de codificación o unidad T2 está formado por un proceso de correspondencia de distribución primero o anterior o una unidad DM configurada para generar a partir de dichos símbolos de entrada o bits IBj una secuencia de pares de amplitud Ar, Ai y un segundo proceso de corrección de errores de avance FEC o posterior. El proceso de correspondencia de distribución o unidad DM está configurado para generar las amplitudes de una manera adecuada para el proceso de corrección de errores hacia adelante o la unidad FEC.

[0061] Esta es una ventaja clave de la presente invención y puede lograrse en particular utilizando una configuración para el proceso de correspondencia de la distribución o unidad DM como se muestra, por ejemplo, en la figura 3.

[0062] La figura 3 muestra un diagrama esquemático de bloques que muestra una representación de la configuración para el proceso de codificación o la unidad T2 de la figura 2.

[0063] Una vez más, una fuente T1 proporciona un símbolo de entrada o un flujo de bits IB que es representativo de una señal de datos U a convertir. El símbolo de entrada o flujo de bits IB con símbolos de entrada individuales o bits IBj entra en el proceso de correspondencia de distribución o unidad DM que está formado por un proceso de asignación de 'shell' o unidad SM anterior y un proceso de asignación de amplitud o unidad AM posterior. El proceso de mapeo de la capa o unidad SM está configurado para generar a partir del flujo de símbolos de entrada IB a partir de secuencias parciales disyuntivas y consecutivas IBp de sus símbolos de entrada individuales IBj de longitud p, siendo p un número natural fijo, una secuencia de índices de la capa s obtenida a partir de un conjunto de índices de la capa S.

[0064] Para una configuración M-QAM con $M = 2^m$ y m siendo un número natural fijo, el conjunto S de índices de la capa puede tomar la forma $S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\}$, con $s_{\max} = M/4$.

[0065] La secuencia de los índices de la capa s se proporciona al siguiente proceso de mapeo de amplitud o unidad AM que se basa en particular en una función de mapeo de amplitud g que se configura para derivar de la secuencia de los índices de la capa s una secuencia de dichos pares de amplitud Ar y Ai que luego se introducen en el proceso de corrección de errores de avance o unidad FEC.

[0066] En el caso mostrado en la figura 3, el proceso de corrección de errores de avance o unidad FEC está formado por el llamado proceso probabilístico de conformación de amplitud o unidad PAS y configurado para generar y emitir, basado en la secuencia de valores de amplitud, una secuencia de símbolos de salida o bits OBj del símbolo de salida o flujo de bits OBj que también son denotados por X^{nc} en la figura 3.

[0067] La Figura 4 explica con más detalle la rama de corrección de errores del proceso de conformación de amplitud probabilística o unidad PAS como se describe con más detalle a continuación.

[0068] Las Figuras 5 y 6 explican un método para reconvertir una señal de datos Y por los procesos invertidos subyacentes realizados por el proceso de decodificación o la unidad T6 como se muestra en la Figura 1.

5 [0069] En este caso, el símbolo de entrada o flujo de bits IB' de los símbolos de entrada individuales o bits IBj', que también son denotados por X^{nc} en la figura 6 y que son representativos de la señal de datos Y que se va a convertir, se alimenta al proceso de conformación de amplitud probabilística invertida precedente o a la unidad PAS⁻¹ para realizar la corrección de errores de avance y enviar al emparejador de distribución inversa DM⁻¹ una secuencia de valores de amplitud.

10 [0070] En el emparejador de distribución inversa DM-1, un proceso de mapeo de amplitud inversa o unidad AM-1 recibe la secuencia de valores de amplitud y genera a partir de ella una secuencia de índices de la capa, alimentando la misma en un proceso de mapeo de la capa inverso o unidad SM-1 con el fin de generar y emitir una secuencia OB' de símbolos de salida individuales o bits OBj' que sean representativos de la señal reconvertida V y posiblemente alimentados en el sumidero T7.

15 [0071] Como se describe más detalladamente a continuación, la figura 7 muestra una configuración de la capa para la configuración MAQ-16 con tres capas con índices s = 0, 1, 2, 3, donde los valores mostrados en las casillas son representativos del valor respectivo de la función de ponderación de la capa w, que en este caso corresponde a la métrica (cuadrada) euclídea o norma de los respectivos puntos de la constelación que se muestra en el diagrama de la figura 7 cuando se compara con el origen.

20 [0072] Las Figuras 8 a 13 describen más detalles de los modos de realización de la presente invención como se aclara en lo siguiente.

[0073] En lo siguiente, estos y otros aspectos adicionales, características y/o propiedades de la presente invención serán explicados con mayor detalle:

25 La invención presentada generalmente relaciona a métodos y sistemas de comunicación y más particularmente a técnicas para generar secuencias de símbolos - p. ej. de qué constituyendo señales es para ser transmitido - con distribuciones deseadas.

De esta manera, es posible realizar la transmisión y recepción de datos con un mayor grado de eficiencia con un consumo de energía reducido.

30 [0074] Para lograr una comunicación eficiente en cuanto a la energía - por ejemplo, a través de canales ruidosos - los símbolos que se transmiten dentro de una señal deben seguir una determinada distribución. Para lograr esto, los bits de datos o símbolos de datos más generales deben ser mapeados a una secuencia de símbolos con una distribución deseada. La asignación debe ser invertible, de modo que los símbolos o bits de datos originales puedan recuperarse de la secuencia de símbolos, por ejemplo, después de la transmisión y recepción en un lado de la recepción.

35 [0075] Los dispositivos configurados para realizar tal mapeo de símbolos o bits originales uniformemente distribuidos a una distribución deseada de símbolos o bits se denominan emparejador de distribución.

[0076] La presente invención se centra particularmente en la transmisión de señales espectralmente eficientes

40 [0077] Para lograr una comunicación espectralmente eficiente a través de canales ruidosos, las técnicas de conformación de constelaciones imponen una cierta distribución a los símbolos transmitidos. La conformación de constelaciones ha recibido recientemente mucho interés de la industria, especialmente para las comunicaciones de fibra óptica.

[0078] La presente invención en particular describe que la conformación de amplitud probabilística o PAS puede ser combinada con el mapeo de la capa como o como parte de un emparejador de distribución DM con el fin de aumentar la eficiencia de transmisión.

45 [0079] En lo sucesivo, esto también puede ser referido como coincidencia de distribución de mapeo de la capa o SMDM. SMDM permite la canalización y trabaja con longitudes de bloques pequeñas.

[0080] Por lo tanto, es adecuado para la implementación de muy alto rendimiento en chips o similares.

[0081] La conformación probabilística de amplitud puede utilizar la correspondencia de distribución de composición constante para crear conjuntos de señalización cuyas amplitudes siguen una distribución conformada, es decir, no

uniforme. Para ello, el CCDDM emplea la codificación aritmética para indexar las permutaciones de una secuencia con la distribución de símbolos deseada.

[0082] Este enfoque tiene dos inconvenientes:

- CCDDM sólo funciona bien para secuencias de salida largas.

5 - La codificación aritmética es un enfoque secuencial que no permite la paralelización de manera directa.

[0083] El mapeo de la capa es un método que se configura para obtener mayores ganancias de modelado que el modelado de enrejado previamente conocido. Por lo tanto, puede aplicarse en el estándar de módem V.34, donde puede combinarse con modulación codificada en enrejado o TCM. Aquí, una parte de los bits de información se envía a través de un codificador convolucional para obtener los bits de entrada para el dispositivo de mapeo de la capa SM.

10 [0084] El mapeador de la capa SM produce una secuencia de la capa o índices de la capa que llevan el mismo número de puntos de constelación, por ejemplo de una constelación M-QAM subyacente. Los bits de información restantes se pasan sin codificar y eligen los puntos en la capa respectiva, implementando el paradigma TCM de partición de conjuntos.

15 [0085] Esta invención, entre otras cosas, sugiere el uso de un proceso de mapeo de la capa o unidad SM como un emparejador de distribución SMDM o como parte del mismo, en particular para la conformación de amplitud probabilística o PAS.

[0086] El enfoque sugerido tiene las siguientes ventajas:

- SMDM hereda todas las ventajas del algoritmo de mapeo de la capa SM como tal:

20 - Es altamente paralelizable y por lo tanto permite una distribución paralelizable y canalizable que coincide con DM también, en contraste con CCDDM, que es un algoritmo secuencial.

- Por su diseño, es adecuado para longitudes de salida pequeñas a moderadas, en contraste con el CCDDM, que requiere longitudes de salida largas para funcionar bien.

- SMDM hereda todas las ventajas del proceso PAS:

25 - Puede utilizarse con cualquier esquema FEC binario - por ejemplo, con códigos LDPC, Turbo y Polar - y no se limita a los códigos $1/(1+1)$ convolucionales. Un simple desmapeador unidimensional es suficiente y la decodificación puede realizarse con una métrica de bits en la que el decodificador es informado sobre el código exterior (impuesto por el mapeo de la capa) por los antecedentes de los bits no uniformes. Por lo tanto, esta concatenación inversa de la conformación y codificación FEC evita el uso de una operación de deformación antes de la decodificación.

30 - Permite la adaptación de la velocidad con granularidad fina.

Conformado Probabilístico de Amplitud (PAS)

[0087] La conformación probabilística de amplitud o PAS permite combinar la conformación probabilística con la corrección de errores hacia adelante o FEC.

[0088] El concepto PAS se ilustra en la figura 4 como referencia.

35 [0089] El proceso PAS toma como entrada valores de amplitud $n_c A_j$, $j = 1, \dots, n_c$ o pares de ellos seleccionados de un conjunto discreto A de valores de amplitud que tienen una cardinalidad $\text{card}(A)$.

[0090] Estos valores de amplitud A_j son entonces etiquetados usando una cadena binaria de $\log_2(\text{card}(A))$ -bit y codificados usando un codificador binario sistemático FEC de bits de velocidad deseada y longitud de bloque $n_c \cdot \log_2(\text{card}(A)) + 1$ de modo que la representación binaria de las amplitudes A_j sea copiada en la parte de información de la palabra clave sistemática.

40 [0091] Los bits de comprobación correspondientes se mapean en signos que luego se multiplican por las amplitudes para obtener los puntos finales de la constelación X_j .

[0092] El proceso de mapeo de la capa o unidad SM según la presente invención está configurado para constituir el dispositivo que mapea la cadena de bits de entrada uniformes a una secuencia de amplitud.

45

Mapeo de la capa como emparejador de distribución (SMDM)

[0093] A continuación se consideran las constelaciones bidimensionales M-QAM con $M=2^{2m}$. Como estos pueden ser contruidos como el producto cartesiano de dos constelaciones idénticas de $\sqrt{M}$ -ASK, las explicaciones de la sección anterior siguen siendo válidas.

5 [0094] La única diferencia es que para cada punto de la constelación QAM se necesitan dos valores de amplitud A_r , A_i dentro del conjunto $\{1, 3, \dots, \sqrt{M}-1\}$ para representar la amplitud de la parte real e imaginaria, A_r y A_i respectivamente. Por consiguiente, también se necesitan dos bits de signo y los bits $m-2$ restantes se pueden utilizar para el etiquetado binario de los valores de amplitud.

[0095] Considerando su suma cuadrada $A_r^2 + A_i^2$ da lugar a la noción de la capa.

10 [0096] Obviamente, obtenemos un número de $s_{\max} = (\sqrt{M}/2)^2 = M/4 = 2^{2m-2}$ tales capas, que pueden coincidir.

[0097] Esto se ilustra, entre otras cosas, en la figura 7, donde se muestra el escenario para $M = 16$.

[0098] Observamos que cada una de las cuatro capas con índices $s = 0, 1, 2, 3$ tiene cuatro puntos y que las capas $s = 1$ y $s = 2$ se encuentran uno encima del otro.

15 [0099] Asociamos cada índice de la capa s del conjunto $\{0, 1, \dots, s_{\max}-1\}$ con un peso específico w_s que es igual a la suma cuadrada de las amplitudes A_r y A_i de las partes real e imaginaria, respectivamente.

[0100] La representación binaria de las amplitudes, por ejemplo, puede seguir una asignación de etiqueta del ejemplo 4-ASK como se muestra en las figuras 10 y 11, donde el bit B_2 representa la amplitud y el bit B_1 distingue el signo.

[0101] La combinación con un PAS -por ejemplo, una caja negra- se representa, por ejemplo, en la figura 3:

20 (1) El mapeador de capa SM toma p bits de entrada uniformes I_{Bj} y emite una secuencia de longitud q s^q de índices de la capa en el conjunto $\{0, 1, \dots, s_{\max}-1\}$.

Como parámetros, sólo los tamaños de entrada y salida p, q , la función de ponderación de la capa w y el conjunto de índices asignado S son necesarios para ser conocidos y, en particular, intercambiados a un centro receptor. Para la situación QAM, la tasa de la operación de correspondencia se da como $p/(2q)$. Tiene la unidad bits/amplitud.

25 (2) Utilizando una tabla de búsqueda precalculada del formulario que se muestra en la pestaña. 1, cada índice de la capa se mapea a un par de amplitudes de puntos de constelación de la parte real e imaginaria de un punto de constelación.

30 (3) Las dos amplitudes sirven ahora como entrada a una operación de codificación PAS. Para cada par de amplitud (A_r, A_i) , proporciona dos bits de signo que eligen el cuadrante de la constelación bidimensional, por ejemplo, el área no sombreada del primer cuadrante de la figura 7.

[102] En cuanto a las ventajas logradas, observamos lo siguiente:

- Para un código de bloque de n bits de longitud y una constelación $M=2^{2m}$ -QAM, necesitamos usos y símbolos de canal n/m . Utilizando PAS con SMDM y el tamaño de salida de los índices de la capa q , podemos llegar a un factor de paralelización máximo de $n/(2-m-q)$.

35 - La tecnología del futuro -Internet of Things, Industry 4.0 / *Internet de las cosas, Industria 4.0* - requiere diseños de baja latencia. En los sistemas de comunicación, la latencia viene determinada predominantemente por la longitud del código empleado, por lo que es preferible utilizar códigos cortos (y, por tanto, secuencias de salida de emparejador cortas). Como muestra la figura 8, el mapeo de la capa SM es claramente ventajoso en comparación con el CCDDM para una tasa fija y una longitud de salida pequeña: Mientras que el mapeo de la capa alcanza una tasa de 1.375 bits/amplitud a una longitud de salida de 16 índices de la capa, el CCDDM requiere 200 símbolos de salida.

40 - Como la FEC forma parte del PAS y el mapeo de la capa se realiza antes de la codificación, la elección de la FEC no importa, lo que da lugar a un esquema de modelado versátil y de baja complejidad que sólo requiere un mapeo unidimensional en cuanto a bits y decodificación binaria. Para obtener una estimación del i -ésimo bit transmitido a partir de la observación del canal actual y, el decodificador binario sólo puede utilizar el siguiente métrica de bit:

$$L_i = \underbrace{\log \left(\frac{p_{Y|B_i}(y|0)}{p_{Y|B_i}(y|1)} \right)}_{\text{canal de probabilidad}} + \underbrace{\log \left(\frac{P_{B_i}(0)}{P_{B_i}(1)} \right)}_{\text{anterior}} .$$

[103] Debido al segundo sumando, se tiene en cuenta la distribución desigual en los bits con forma de cada nivel de bits para que mejore su estimación. El etiquetado de las figuras 10 y 11 y la distribución para el tercer caso en la tabla 3 mostrada en la figura 14 impone las distribuciones marginales binarias en cada nivel de bits como se muestra en la tabla 2 de la figura 13.

- La tasa de coincidencia viene dada por $p/(2q)$ bits/amplitud como un número natural y tanto p como q pueden ser elegidos arbitrariamente siempre y cuando sean $2P < smaxq$ de manera que la tasa pueda ser ajustada con granularidad fina. Para una longitud de salida fija q , si se cambia el número de bits de entrada se seleccionan secuencias de capa con diferentes pesos, por ejemplo, para p más pequeños, se prefieren secuencias con pesos más bajos, lo que a su vez afecta a la probabilidad marginal de los puntos de la constelación, como se muestra en la tabla 3 de la figura 14.

[0104] Para facilitar la exposición, describimos el procedimiento para una constelación bidimensional. Sin embargo, observamos que el original SMDM también permite una formulación para constelaciones multidimensionales y la introducción de capa virtuales mediante el uso de diferentes funciones de ponderación de capa.

[0105] En este caso, se pueden asociar más de cuatro puntos a esa capa virtual, lo que permite explotar grados adicionales de libertad. La integración de este SMDM más general con PAS es sencilla.

[0106] Observaciones adicionales:

La figura 4 ilustra el procedimiento de codificación PAS original para una sola dimensión real. La función A implementa el mapeo entre las amplitudes y el etiquetado binario $\log_2(\text{tarjeta}(A))$ -bit que puede ser dado por un código Gray reflejado binario. La matriz P es la matriz de comprobación de paridad de la matriz sistemática del generador $G = [I \ P]$ para crear los bits de paridad. La función β implementa la conversión de bits de paridad a signo, es decir, $\beta S(0) = 1$ y $\beta S(1) = -1$.

[107] La Figura 8 da una comparación de las tasas de coincidencia para el SMDM original y el CCDM convencional. Se considera el ejemplo de una constelación de 64-QAM con $p = 44$ bits de entrada y $q = 16$ índices de la capa de salida, lo que arroja una tasa SMDM de $p(2q) = 1.375$ bits/amplitud (línea discontinua). Esta elección implica una distribución particular en los símbolos de la constelación y se utiliza como referencia para la comparación CCDM. Puede observarse que la implementación de un emparejador CCDM requiere una longitud de salida de 200 amplitudes para alcanzar la misma tasa objetivo. Para secuencias de salida más cortas se puede observar una pérdida de velocidad, por ejemplo, 0,13 bits para una longitud de salida de 16 índices de la capa.

[108] La Figura 9 muestra un análisis del rendimiento codificado del sistema en el escenario representado en la Figura 8. Se utiliza un código LDPC de velocidad 3/4 DVB-S2 en 8-ASK para transmitir a una eficacia espectral de 1.625 bits por canal. Tanto el SMDM como el CCDM tienen una longitud de salida de 32 amplitudes. La simulación revela que la disminución de la calidad de funcionamiento del CCDM debido a su pequeña longitud de salida es incluso mayor de lo que sugeriría un simple cálculo de la parte posterior de la envolvente, es decir, 1,08 dB frente a 0,13-6 dB = 0,78 dB.

Especificación de mapeo de la capa (SM)

[0109] Además, las siguientes observaciones son importantes, también, con respecto al mapeo de la capa o a la especificación SM:

- Entrada: p bits.

- Salida: índices de la capa de q .

- La función de mapeo de la capa f y la función de ponderación de la capa w en el conjunto de índices asignado S se dan con:

$$f: \{0, 1\}^p \rightarrow S^q \quad \text{y} \quad w: S \rightarrow \mathbf{R}$$

y con

$$w^q: S^q \rightarrow \mathbf{R}, \quad w^q(s^q) = \sum_{i=1}^q w(s_i) .$$

- 5
- La imagen $f(\{0,1\}^p)$ en S^q es el conjunto de las secuencias 2^p en S^q de menor peso. Esto no es necesariamente único y puede ser elegido determinísticamente por el algoritmo de mapeo de la capa.
 - En la salida del mapeador de capa, los índices de la capa s ocurren con una distribución marginal P_S en S definida por

$$P_S(s) = \frac{\text{número de veces que se produce el índice } s \text{ en } f(\{0, 1\}^p)}{\text{números totales de índices en } f(\{0, 1\}^p)} \\ = \frac{\text{número de veces que se produce el índice } s \text{ en } f(\{0, 1\}^p)}{2^p \cdot q} .$$

10

Especificación de mapeo de amplitud (AM)

[0110]

- El conjunto de amplitud A de una constelación de 2^m -ASK es

$$A = \{1, 3, 5, \dots, 2^m-1\} ,$$

15

con $\text{card}(A) = |A| = 2^{m-1}$.

- Las tuplas de amplitud de una constelación dimensional t toman valores en t veces el producto cartesiano A^t de la amplitud establecida A , es decir, en

$$A^t = A \times \dots \times A ,$$

20

donde $\times$ denota el producto cartesiano.

- El proceso de mapeo de amplitud t dimensional AM mapea cada índice de la capa s a una t -tupla de amplitudes ASK.

- El conjunto S de los índices de la capa viene dado por

$$S = \{0, 1, 2, \dots, |S|-1\},$$

5

Con

$$|S| = \text{tarjeta}(S) = 2^{t \cdot m} / 2^t.$$

- El mapeador de amplitud AM está definido por una función de mapeo de amplitud g según

$$10 \quad g : S \rightarrow A^t.$$

- Ejemplo: Para $t = 2$, es decir, el mapeo bidimensional de la capa, los índices de la capa s se mapean a pares de amplitud (A_r, A_i) en $A^2 = A \times A$. Esto corresponde a los pares de las amplitudes reales e imaginarias de una constelación de 2^{2m} -QAM. El conjunto S de los índices de la capa s en este caso es

$$S_{\text{QAM}} = \{0, 1, 2, \dots, |S|-1\},$$

con

$$|S_{\text{QAM}}| = \text{tarjeta}(S_{\text{QAM}}) = 2^{2 \cdot m} / 2^2 = M / 4,$$

20

donde $M = 2^{2m}$.

Especificación de correspondencia de distribución (DM)

[0111]

25

- El proceso de correspondencia de distribución DM está dado por una función h definida como la acción o aplicación consecutiva de la función de mapeo de la capa f y la función de mapeo de amplitud g subyacente al proceso de mapeo de la capa SM y al proceso de mapeo de amplitud AM, respectivamente:

$$h = g \circ f : \{0, 1\}^p \rightarrow A^{q \cdot t}$$

30

con

$$h(x) = (g \circ f)(x) = g(f(x)).$$

- El proceso de correspondencia de distribución inversa DM^{-1} viene dado por una función h^{-1} definida como la acción o aplicación consecutiva de la función de mapeo de amplitud inversa g^{-1} y la función de mapeo de la capa inversa f^{-1} que subyace a los procesos de mapeo de amplitud inversa AM^{-1} y el proceso de mapeo de la capa inversa SM^{-1} , respectivamente:

$$h^{-1} = f^{-1} \circ g^{-1} : A^{q,t} \supseteq h(\{0, 1\}^p) \rightarrow \{0, 1\}^p .$$

- Observe que en general la relación $h(\{0, 1\}^p) \neq A^{-t}$, se cumple, es decir, la imagen $h(\{0, 1\}^p)$ de $\{1, 0\}^p$ bajo h no es igual al co-dominio $A^{q,t}$ y h sólo es invertible en su imagen, es decir, h^{-1} se define en $h(\{0, 1\}^p)$ solamente, pero no en todo el conjunto $A^{q,t}$.

Origen de los bits de señalización

10 [0112] Los bits de signo utilizados para formar los puntos finales de la constelación pueden proceder de tres fuentes diferentes, a saber

- directamente de la fuente T1 mostrada en la figura 1 en la caja no codificada,
- desde los bits de paridad después de la codificación FEC (esto lo hace PAS) o
- de la fuente T1 y como bits de paridad después de la codificación FEC.

15 Ejemplo

[0113] Se muestra un ejemplo en relación con la tabla 1 mostrada en la figura 12. Para el ejemplo de MAQ-16 considerado se muestra el mapeo de un índice de la capa s a los valores de amplitud A_r , A_i de la parte real e imaginaria.

Distribuciones marginales de amplitud para un ejemplo de MAQ-16

20 [0114]

- A partir de las distribuciones marginales del índice de la capa, se pueden calcular las distribuciones marginales de amplitud.

En el ejemplo MAQ-16 con $p = 1$, $q = 16$, tenemos la $PA_r(1) = 1$; $PA_r(3) = 0$, ya que sólo se dan los índices de la capa 0; 1, que corresponden a amplitudes reales iguales a una.

25 La amplitud imaginaria tiene el $PA_i(3) = PS(1) = 1/32$ y $PA_i(1) = 31/32$ ya que la amplitud imaginaria es $A_i = 3$ cuando el índice de la capa es $S = 1$, y es $A_i = 1$ cuando el índice de la capa es $s = 0$.

- Pueden calcularse márgenes de índice más precisos marginando las entradas, es decir, definiendo para $i = 1, 2, \dots, q$

$$P_{S_i}(j) = \frac{\text{número de secuencias } s \in f(\{0, 1\}^p) \text{ con } s_i = j}{\text{número total de secuencias } (= 2^p)} .$$

30 Los marginales de índice de entrada inteligente PS_i se pueden utilizar para calcular marginales de entrada más precisos para las amplitudes reales e imaginarias.

- Los márgenes de la etiqueta de bits necesarios para la decodificación se calculan a partir de los márgenes de amplitud según las etiquetas enumeradas en la tabla 1 según la figura 12.

35 [0115] Además de la descripción anterior de la presente invención, para una divulgación adicional se hace referencia explícita a la representación gráfica de las figuras 1 a 13.

Lista de signos de referencia

[0116]

A_i amplitud de la I.A., parte imaginaria o cuadratura

	Ar	amplitud, parte real o en fase
	AM	proceso/unidad de mapeo de amplitud
	AM ⁻¹	proceso/unidad de mapeo de amplitud
	IB _j	símbolo/bit de entrada
5	IB _j '	símbolo/bit de entrada
	DM	proceso/unidad de correspondencia de distribución
	DM ⁻¹	proceso/unidad de correspondencia de distribución inversa/invertida
	f	función de mapeo de la capa para el proceso de mapeo de la capa SM
	f ⁻¹	función de codificación/decodificación inversa
10	g	función de mapeo de amplitud para el proceso de mapeo de amplitud AM
	g ⁻¹	función de mapeo de amplitud inversa
	h	función de correspondencia de distribución
	h ⁻¹	función de correspondencia de distribución inversa
	IB	símbolo de entrada / flujo de bits
15	IB'	símbolo de entrada/ flujo de bits
	OB	símbolo de salida / flujo de bits
	OB'	símbolo de salida / flujo de bits
	OB _j	símbolo de salida /bit, j = 1, ..., m
	OB _j '	símbolo de salida/bit, j = 1, ..., m
20	r(t)	señal enviada, después del canal T4 y antes del demodulador T5
	s(t)	señal a enviar, después del modulador T3 y antes del canal T4
	s	índice de capa
	S	conjunto de índices de la capa
	SM	proceso/unidad de mapeo de la capa
25	SM ⁻¹	proceso/unidad de mapeo de la capa
	S _{max}	índice máximo de la capa
	T	sistema de transmisión/recepción
	T1	unidad fuente de información
	T2	unidad codificadora
30	T3	unidad moduladora
	T4	unidad de canal de transmisión/recepción (forma de onda)
	T5	unidad demoduladora
	T6	unidad decodificadora
	T7	módulo de sumidero de información
35	U	señal de la fuente T1, antes del encoder T2

	V	señal al sumidero T7, después del decodificador T6
	w	función de ponderación de la capa
	wth	con valor umbral para el peso
	X	señal, después del encoder T2 y antes del modulador T3
5	Y	señal, después del demodulador T5 y antes del decodificador T6

REIVINDICACIONES

1. Método (C) para convertir una señal de datos (U) en una señal convertida (X), que comprende procesos de

5 - proporcionar un flujo de símbolos de entrada (IB) de símbolos de entrada (Bj), siendo el flujo de símbolos de entrada (IB) representativo de la señal de datos (U) que debe convertirse, y

- se aplica a secuencias consecutivas de símbolos de entrada parcial disyuntivas (IBP) de un número de entradas consecutivas p (IBj) que cubre dicho flujo de símbolos de entrada (IB), siendo p un número natural fijo, un proceso de correspondencia de distribución (DM) con el fin de generar y producir un flujo de símbolos de salida final (OB) o una preforma del mismo,

10 en el cual

- el proceso de correspondencia de distribución (DM) está formado por un proceso de mapeo de la capa precedente (SM) y un proceso de mapeo de amplitud posterior (AM),

15 - dicho proceso de mapeo de la capa (SM) se configura para formar y dar salida a dicho proceso de mapeo de amplitud (AM) para cada una de dichas secuencias consecutivas de símbolos de entrada parcial (IB^p) una secuencia (s^q) de un número de índices de la capa (s) de q, siendo q un número natural fijo,

- dicho proceso de mapeo de amplitud (AM) está configurado para asignar a cada índice(s) de la capa una tupla de los valores de amplitud (Ar, Ai), y

20 - dichos valores de amplitud (Ar, Ai) o una secuencia de los mismos se suministran a un proceso probabilístico de conformación de amplitud (PAS) con el fin de generar y emitir puntos de constelación o una secuencia de los mismos, respectivamente, como un flujo final de símbolos de salida (OB) que sea representativo de la señal convertida (X) y en forma de error de avance corregido.

2. Método (C) según la reivindicación 1,

25 - donde dicho proceso de mapeo de la capa (SM), el valor de cada índice de la capa (s), un mapeo de la capa subyacente (f) y/o una función subyacente de ponderación de la capa (w) se definen en relación con un conjunto de índices asignado (S) que subyace al proceso de mapeo de la capa (SM),

- en el que, en particular

30 - para una constelación subyacente M-QAM con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, dicho conjunto de índices (S) cumple la siguiente relación (1)

$$S = \{0, 1, 2, \dots, \text{smax}-1\}, \quad (1)$$

con S que indica el juego de índices y con $\text{smax} = M/4$, y

- para una constelación M-QAM de cuatro dimensiones - por ejemplo, con un esquema QAM de doble polarización - $\text{smax} = M/16$ es para el set de índices subyacente S.

35

3. Método (C) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

- donde dicho proceso de mapeo de amplitud (AM) y cada valor de amplitud son definidos por una función asignada de mapeo de amplitud (g) configurada para mapear un índice(s) de capa respectivo a una tupla de valores de amplitud, donde los valores de amplitud son en particular elegidos de acuerdo a una constelación de 2^m -ASK,

40 - donde en particular para una constelación subyacente M-QAM con $M = 2^{2m}$, con m siendo un número natural fijo las amplitudes de punto de constelación de dicha constelación M-QAM son indexadas por dichas secuencias de símbolo de entrada parcial (IBP),

- donde más allá en particular dicha indexación del punto de constelación está realizado por utilizar símbolos de entrada adicionales o bits como signos símbolos o bits para definir el signo de dichos valores de amplitud para indexar los puntos de constelación, donde en particular para un número de índices de capa de q (s) y una dimensión t de las tuplas un número t - q de signos símbolos o signos bits está realizado correspondiente a un número t - q de amplitudes.

4. Método (C) según la reivindicación 3,

- donde dicha función de ponderación de la capa (w) está configurada para permitir - en particular mediante dicha función mapeo de la capa (f) y dicha función de mapeo de amplitud (g) - selección de las amplitudes de punto de constelación para ser indexadas por dichas secuencias de símbolo de entrada parcial (IBp) que tienen o para los cuales los valores de amplitud respectivos tienen un valor de peso menor, en particular por debajo de un determinado valor umbral predefinido (w_{th}),

- donde mediante dicho proceso probabilístico de conformación de amplitud (PAS) dichos valores de amplitud (A_r , A_i) se etiquetan en base a un esquema de cadenas binarias.

5. Método (RC) para la reconversión de una señal de datos (Y), -especialmente convertida, -que comprende procesos de

- proporcionar un flujo de símbolos de entrada (IB') de símbolos de entrada (B_j'), el flujo de símbolos de entrada (IB) - directa o indirectament

- siendo representativos de una secuencia de amplitud de la señal de datos (Y) subyacente -en particular convertida- que debe reconvertirse o de una derivada de la misma, y

- aplicando a dicho flujo de símbolos de entrada (IB') o a un derivado del mismo un proceso de coincidencia de distribución inversa (DM-1) con el fin de generar y emitir un flujo de símbolos de salida final (OB'),

en el cual

- el proceso de correspondencia de distribución inversa (DM^{-1}) está formado por un proceso de mapeo de amplitud inversa anterior (AM^{-1}) y un proceso de mapeo de la capa inversa posterior (SM^{-1}),

- Dicho proceso de mapeo de amplitud inversa (AM^{-1}) está configurado para asignar a tuplas de valores de amplitud transmitidos por o derivados de dicho flujo de símbolos de entrada (IB') un índice(s) de la capa, dando así salida al proceso de mapeo de la capa inverso (SM^{-1}) una secuencia de índices de la capa (s),

- dicho proceso de mapeo de la capa inversa (SM^{-1}) se configura para formar y producir para cada una de las secuencias parciales consecutivas disyuntivas (s^q) de un número de índices de la capa consecutivos q que cubran dicha secuencia de índices de la capa (s), siendo q un número natural fijo, una secuencia de símbolos de salida parcial (OBP') de un número de símbolos de salida final p (OB_j'), siendo p un número natural fijo, formando y emitiendo de este modo la señal (re)convertida (V), y

- los valores de amplitud o una secuencia de los mismos se obtienen a partir de un proceso anterior de conformación de amplitud probabilística inversa (PAS-1) que evalúa las amplitudes de los puntos de la constelación de entrada o una secuencia de las mismas, respectivamente, ya que dicho flujo de símbolos de entrada (IB') es representativo de la señal (Y) que debe reconvertirse y en forma de un error de avance corregido.

6. Método (RC) de acuerdo con la reivindicación 5,

- donde dicho proceso de mapeo de la capa inversa (SM^{-1}) y el valor de cada índice de la capa (s) están definidos por un conjunto de índices asignados (S) que subyacen al proceso de mapeo de la capa inversa (SM^{-1}) y en particular un proceso de mapeo de la capa subyacente (SM),

- en el que, en particular

- para una constelación M-QAM subyacente con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, dicho conjunto de índices S cumple la siguiente relación (1')

$$S = \{0, 1, 2, \dots, s_{\max}-1\}, \quad (1')$$

con S que indica el juego de índices y con $s_{\max} = M/4$, y

- para una constelación M-QAM de cuatro dimensiones - por ejemplo, con un esquema QAM de doble polarización - $s_{max} = M/16$ se cumple para el conjunto de índices subyacente S.

7. Método (RC) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones 5 y 6,

5 - donde dicho proceso de mapeo de amplitud inversa (AM-1) y cada valor de índice de la capa (s) están definidos por un valor de asignado al proceso de mapeo de amplitud subyacente (AM) y, en particular, en relación con su función subyacente de mapeo de amplitud (g) configurado para mapear de forma invertida un índice o índices de la capa (s) respectivos a una tupla de valores de amplitud, en el que los valores de amplitud se eligen en particular de acuerdo con una constelación de 2m-ASK,

10 - donde en particular para una constelación M-QAM subyacente con $M = 2^{2m}$, siendo m un número natural fijo, una indexación subyacente de las amplitudes de los puntos de la constelación de dicha constelación M-QAM se restablece mediante secuencias consecutivas disjuntas de símbolos de salida parcial (OB^{p_i}) de p símbolos de salida final consecutivos (OB^j), siendo p un número natural fijo,

15 - donde más allá en particular dicho punto de la constelación que indexa está realizado por utilizar símbolos o bits como signos para definir el signo de dichos valores de amplitud y utilizando los símbolos o bits restantes de cada una de dichas secuencias de símbolos de salida parcial (OB^{p_i}) para la indexación de las amplitudes de los puntos de la constelación.

8. Método (RC) de acuerdo con la reivindicación 7,

20 donde en particular dicha función de mapeo de capa subyacente (f), dicha función de mapeo de amplitud subyacente (g) y/o la función de ponderación subyacente (w) es o son configurados para transmitir selección de las amplitudes de punto de constelación para ser indexados por dichas secuencias de símbolo de salida parcial (OB^{p_i}) que tienen o para los cuales los respectivos valores de amplitud tienen un valor de peso menor, en particular por debajo de un valor umbral predefinido dado (wth).

9. Método (C, RC) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

25 donde el proceso de proporcionar la corriente de símbolo de entrada (IB, IB') comprende al menos uno de los siguientes aspectos

- la recuperación del flujo de símbolos de entrada (IB, IB') desde un soporte de almacenamiento o desde un proceso de generación de símbolos, y

- recibir, demodular y/o descodificar una señal que sea representativa o que transmita el flujo de símbolos de entrada (IB, IB').

30 10. Método (C, RC) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

35 donde al menos uno de dichos procesos de correspondencia de distribución (DM), dichos procesos de correspondencia de distribución inversa (DM^{-1}), dicho proceso de mapeo de la capa inversa (SM^{-1}), dicho proceso de mapeo de la capa inversa (SM^{-1}), dicho proceso de mapeo de amplitud (AM^{-1}), dicho proceso de mapeo de amplitud inversa (AM^{-1}), dicho proceso de mapeo de amplitud probabilística (PAS), dicho proceso de conformación de amplitud probabilística inversa (PAS^{-1}), la función de mapeo de la capa subyacente (f), la función de ponderación de la capa (w), la función de mapeo de amplitud (g), la función de mapeo de la capa inversa (f^{-1}) y la función de mapeo de amplitud inversa (g^{-1}) es al menos una de las siguientes

a) de acuerdo con una distribución predefinida que debe alcanzarse para una salida y, en particular, basada en una distribución gaussiana, y

40 b) con el fin de lograr una aproximación de la distribución empírica de la secuencia final de símbolos de salida (OB, OB') a la distribución subyacente respectiva mediante la correspondiente indexación de las respectivas secuencias de salida de un conjunto completo de candidatos.

11. Método (C, RC) de acuerdo a cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

45 donde dicho flujo de símbolos de entrada (IB, IB'), dichos índices de la capa (s), dichos valores de amplitud están formados al menos parcialmente y/o representados por bits binarios.

12. Método (T) para la transmisión y recepción de datos,

- en el que una sección de transmisión de datos comprende un método conforme a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 y de las reivindicaciones 9 a 11 en referencia de nuevo a cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, y

5 - donde una sección de recepción de datos comprende un método según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8 y las reivindicaciones 9 a 11 referidas de nuevo a cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8.

13. Método (T) según la reivindicación 12, donde

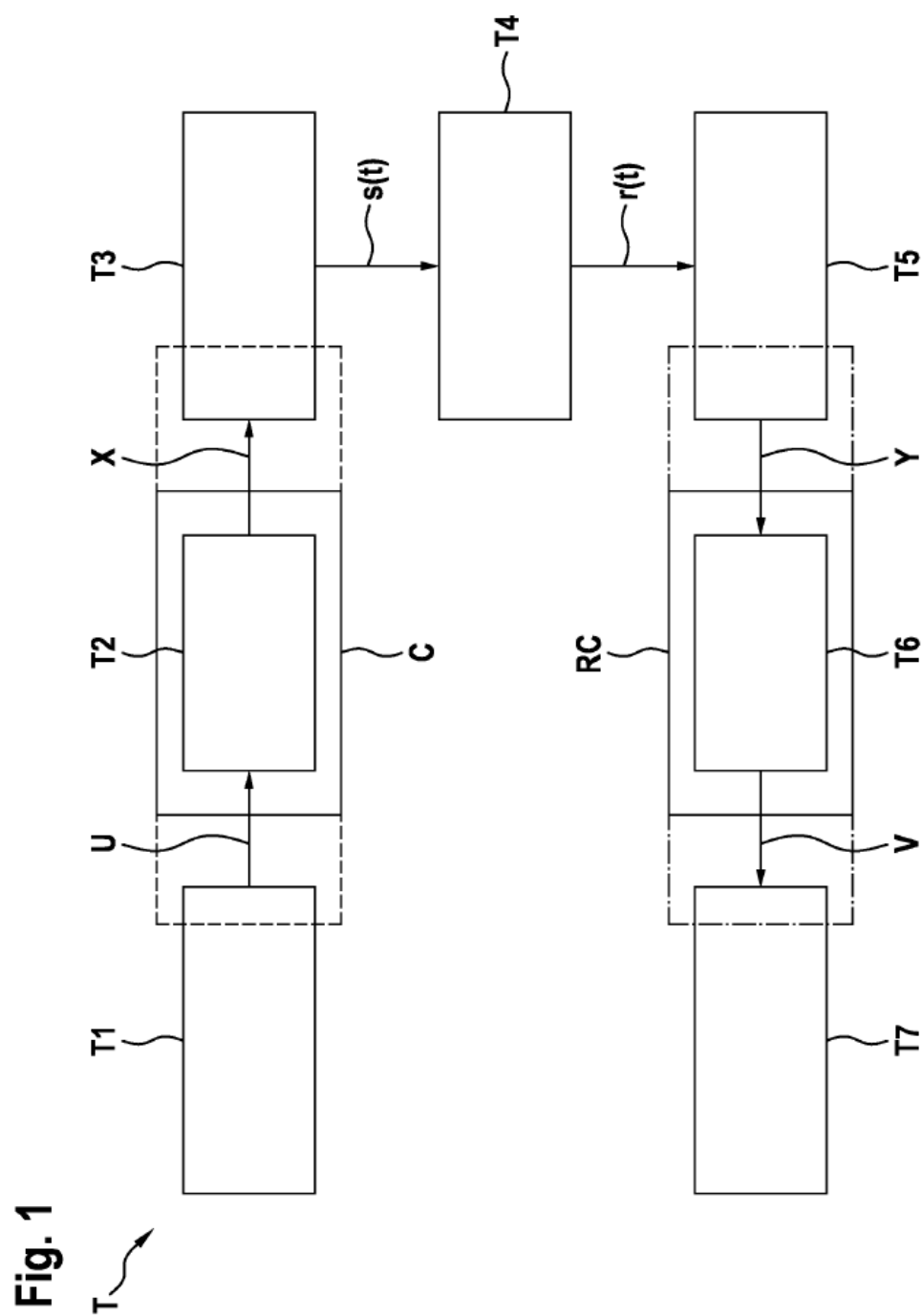
- el proceso de correspondencia de distribución (DM) y el proceso de correspondencia de distribución inversa (DM^{-1}) son inversos entre sí y/o

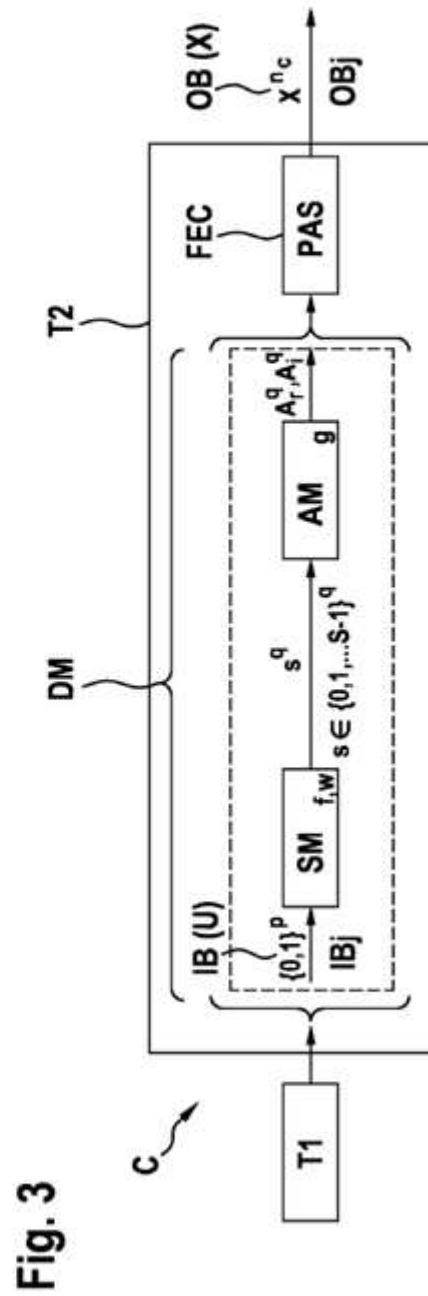
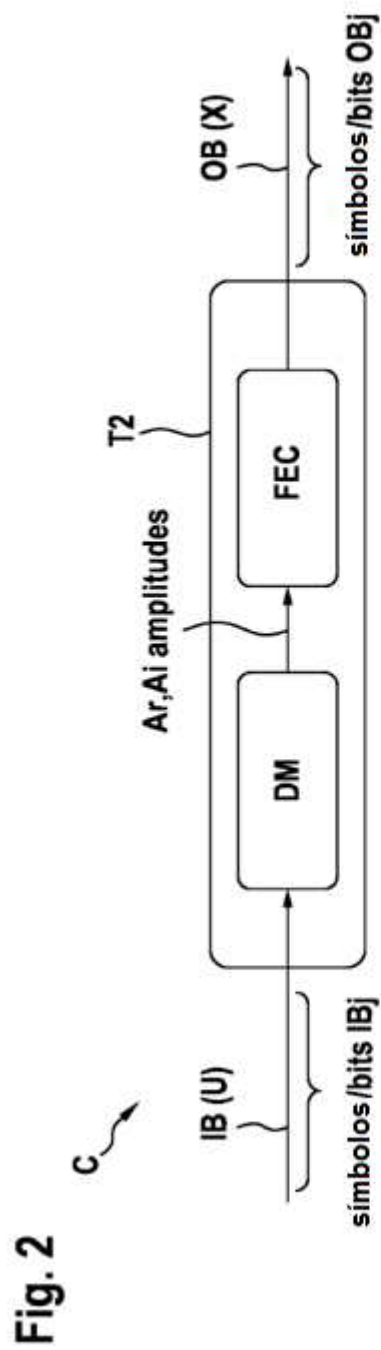
10 - el proceso de conformación de amplitud probabilística (PAS) y el proceso de conformación de amplitud probabilística inversa (PAS^{-1})

son inversos entre sí.

14. Sistema de transmisión y recepción de datos (T), que comprende una unidad de proceso configurada para realizar un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

15





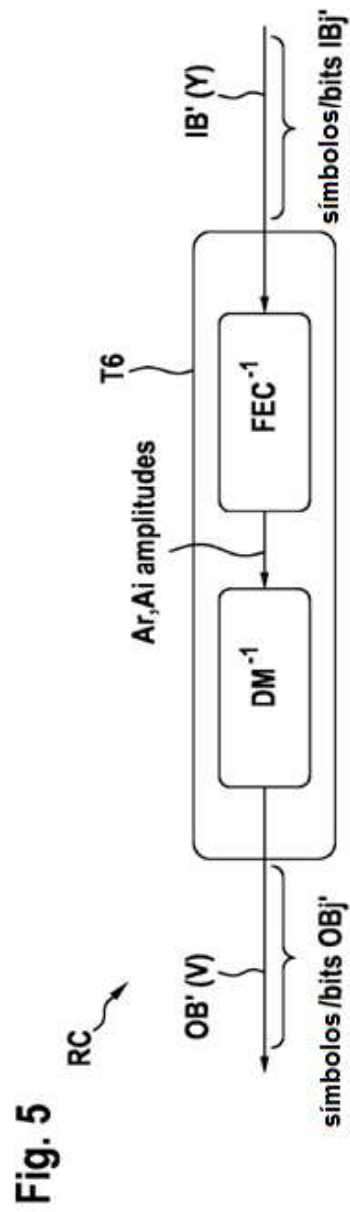
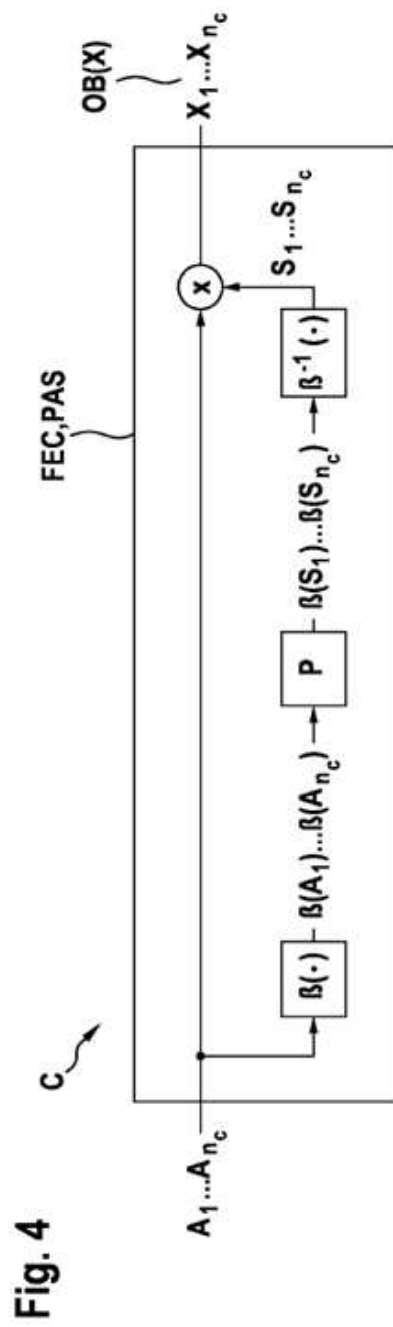


Fig. 6

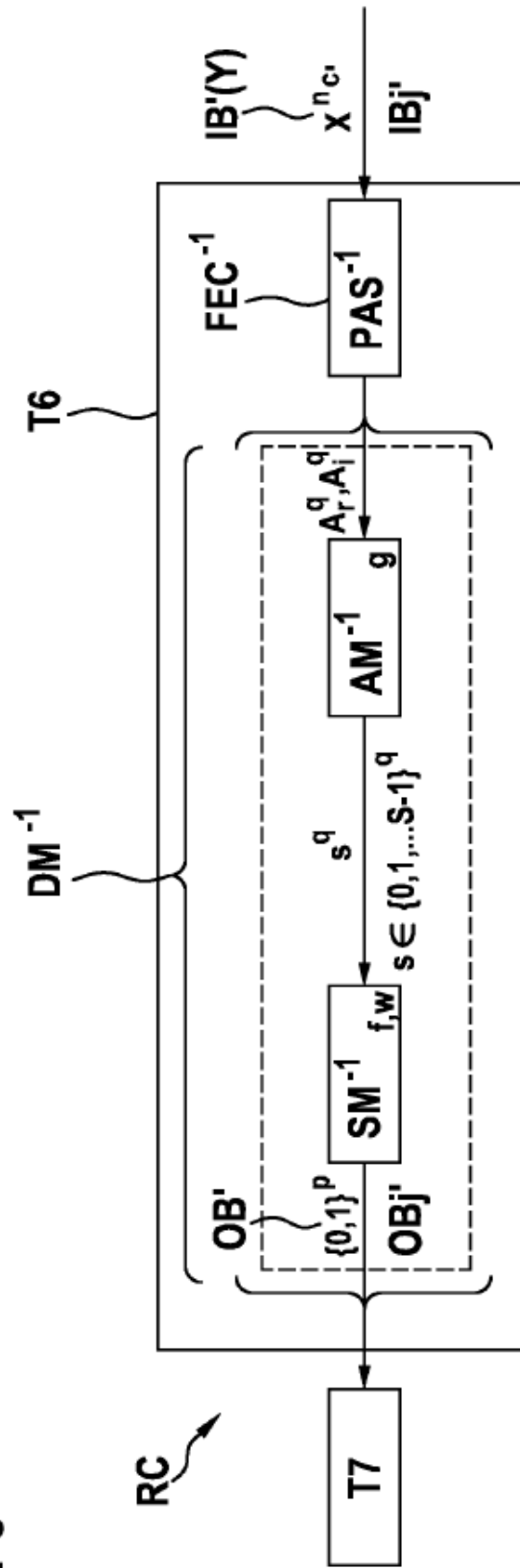
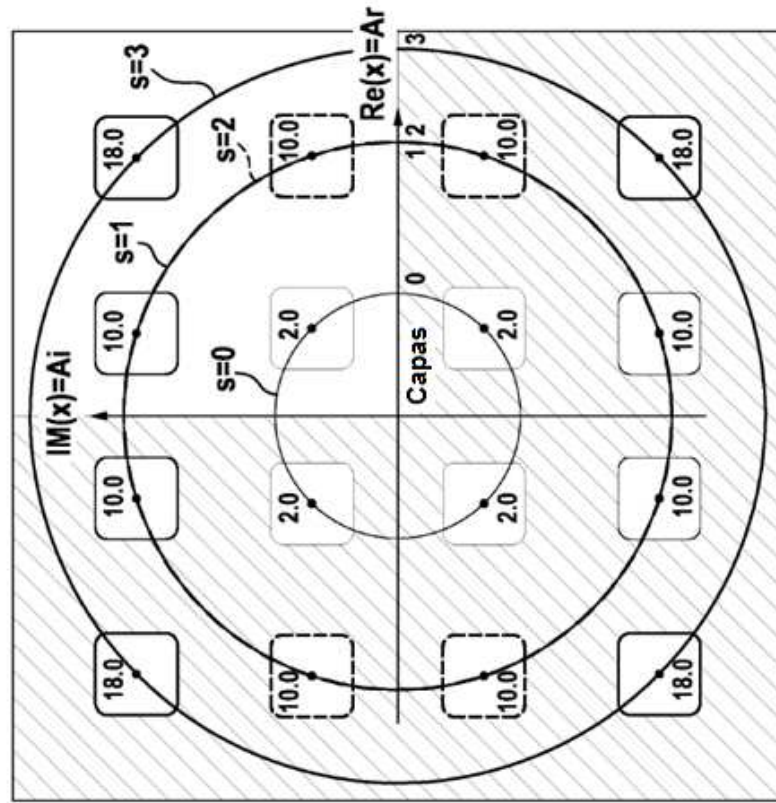


Fig. 7



SM,AM

Fig. 8

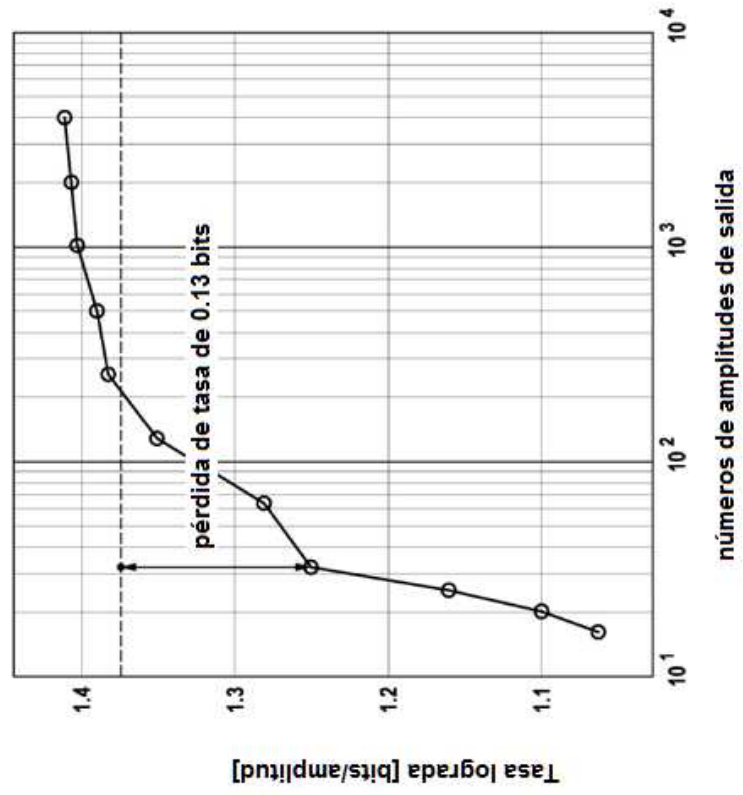


Fig. 9

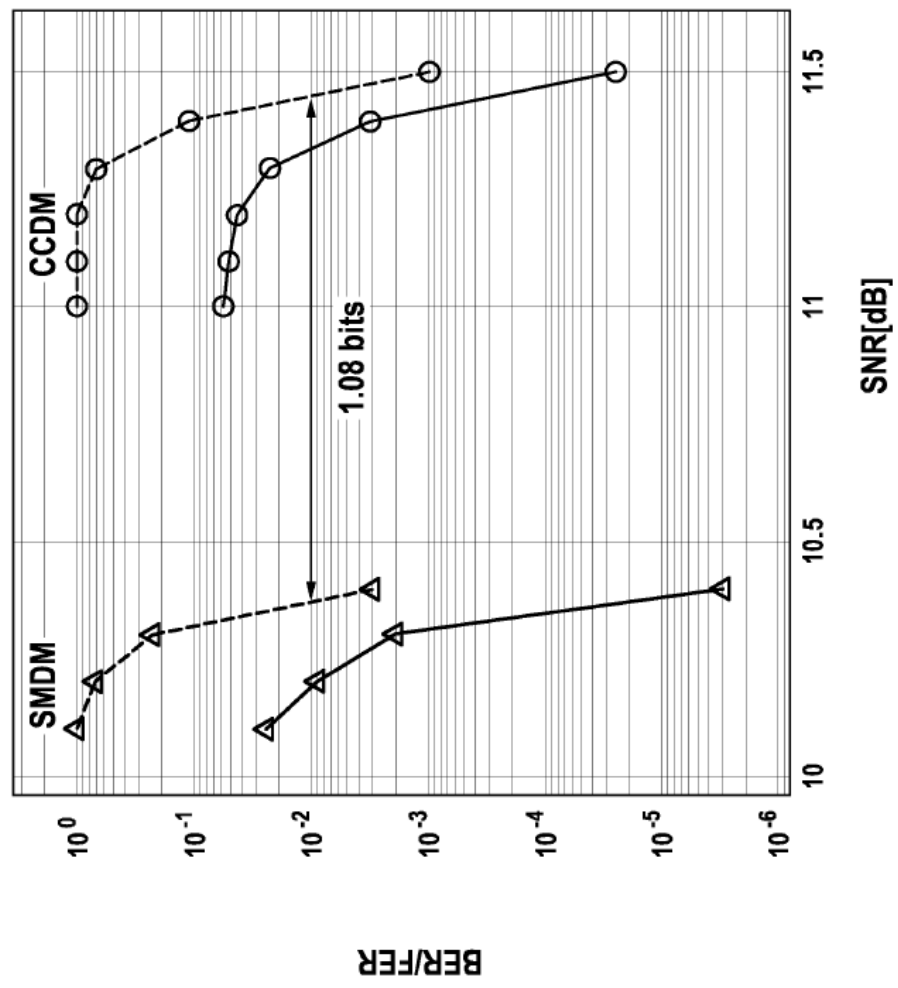


Fig. 10

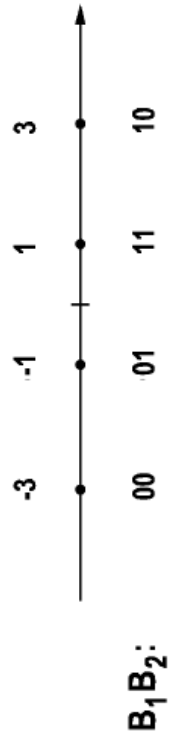


Fig. 11

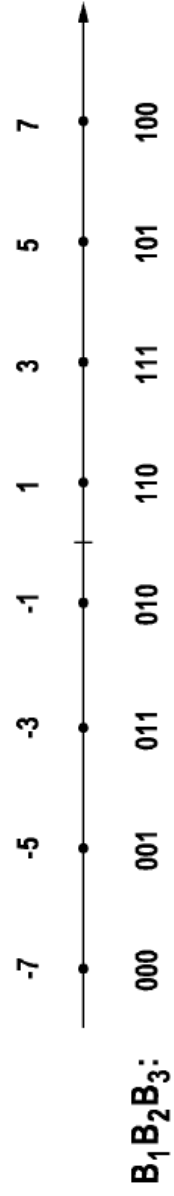


Fig. 12 - Tabla 1

Índice de capas s	A _r	A _i	Etiqueta A _r	Etiqueta A _i	w _s
0	1	1	1	1	2
1	1	3	1	0	10
2	3	1	0	1	10
3	3	3	0	0	18

Fig. 13 - Tabla 2

	b=0	b=1
P _{B₁} (b)	0.5000	0.5000
P _{B₂} (b)	0.0248	0.9752
P _{B₃} (b)	0.7224	0.2776

Fig. 14 - Tabla 3

q	q	tasa p/q	conjunto de secuencia	distribución marginal del índice de capa P _S
16	0	0	toda la secuencia del índice 0	P _S (0) = 1
16	1	1/16	toda la secuencia del índice 0 una secuencia con un índice 1	P _S (1) = $\frac{1}{2^1 \cdot 16} = \frac{1}{32}$, P _S (0) = $\frac{31}{32}$
16	5	5/16	toda la secuencia de índice 0, 16 secuencias con un índice 1, 15 secuencias con un índice 2	P _S (2) = $\frac{15}{2^5 \cdot 16} = \frac{15}{512}$, P _S (1) = $\frac{16}{512}$, P _S (0) = $\frac{512-15-16}{512} = \frac{481}{512}$