

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 854 941**

51 Int. Cl.:

H04L 1/18 (2006.01)

H04L 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.11.2017 PCT/EP2017/079424**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.05.2018 WO18095796**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.11.2017 E 17797379 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.12.2020 EP 3545638**

54 Título: **Receptor, transmisor, red de comunicación, señal de datos y procedimiento para mejorar un procedimiento de retransmisión en una red de comunicación**

30 Prioridad:

23.11.2016 EP 16200361

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

23.09.2021

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27C
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**GÖKTEPE, BARIS;
FEHRENBACH, THOMAS;
HELLGE, CORNELIUS;
SCHIERL, THOMAS;
SÁNCHEZ DE LA FUENTE, YAGO y
WIEGAND, THOMAS**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 854 941 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

Receptor, transmisor, red de comunicación, señal de datos y procedimiento para mejorar un procedimiento de retransmisión en una red de comunicación

5

[0001] La presente invención se refiere al campo de redes o sistemas de comunicación inalámbricos o alámbricos, más específicamente, redes de comunicación en las que la transmisión de señales es susceptible de ruido, de modo que se solicita una retransmisión de datos y/o redundancia. Las realizaciones de la invención se refieren a un procedimiento de retransmisión mejorado en una red de comunicación que utiliza, por ejemplo, una solicitud de repetición automática híbrida predictiva (HARQ) para códigos de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC).

10

[0002] La figura 1 es una representación esquemática de un ejemplo de una infraestructura de red, tal como una red de comunicación inalámbrica o un sistema de comunicación inalámbrica, que incluye una pluralidad de estaciones base eNB1 a eNB5, cada una de las cuales atiende un área específica que rodea la estación base representada esquemáticamente por las respectivas células 100₁ a 100₅. Las estaciones base se proporcionan para servir a los usuarios dentro de una célula. Un usuario puede ser un dispositivo fijo o un dispositivo móvil. Además, se puede acceder al sistema de comunicación inalámbrica a través de dispositivos IoT que se conectan a una estación base o a un usuario. Los dispositivos IoT pueden incluir dispositivos físicos, vehículos, edificios y otros elementos que tengan integrados dispositivos electrónicos, software, sensores, actuadores o similares, así como conectividad de red que permita a estos dispositivos recopilar e intercambiar datos a través de una infraestructura de red existente. La figura 1 muestra una vista de ejemplo de solo cinco células, sin embargo, el sistema de comunicación inalámbrica puede incluir más células de este tipo. La figura 1 muestra dos usuarios UE1 y UE2, también denominados equipos de usuario (UE), que están en la célula 100₂ y que son atendidos por la estación base eNB₂. Otro usuario UE3 se muestra en la célula 100₄ que es atendida por la estación base eNB₄. Las flechas 102₁, 102₂ y 102₃ representan esquemáticamente las conexiones de enlace ascendente/enlace descendente para transmitir datos de un usuario UE1, UE2 y UE3 a las estaciones base eNB₂, eNB₄ o para transmitir datos de las estaciones base eNB₂, eNB₄ a los usuarios UE1, UE2, UE3. Además, la figura 1 muestra dos dispositivos IoT 104₁ y 104₂ en la célula 100₄, que pueden ser dispositivos estacionarios o móviles. El dispositivo IoT 104₁ accede al sistema de comunicación inalámbrica a través de la estación base eNB₄ para recibir y transmitir datos como se representa esquemáticamente por la flecha 106₁. El dispositivo IoT 104₂ accede al sistema de comunicación inalámbrica a través del usuario UE3 como se representa esquemáticamente por la flecha 106₂.

15

20

25

30

[0003] El sistema de comunicación inalámbrica puede ser cualquier sistema de un solo tono o multiportador basado en multiplexación por división de frecuencia, como el sistema de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), el sistema de acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA), o cualquier otro sistema basado en IFFT con o sin CP, por ejemplo, DFT-s-OFDM. Otras formas de onda, como formas de onda no ortogonales para acceso múltiple, por ejemplo, se puede utilizar multiportador de banco de filtros (FBMC), multiplexación generalizada por división de frecuencia (GFDM) o multiportador universal filtrado (UFMC).

35

40

[0004] Los datos se pueden comunicar también a través de canales de una red de comunicación alámbrica o una combinación de redes alámbricas e inalámbricas, por ejemplo, una red de área local (LAN), una red G.hn que opera a través de diferentes tipos de cables, como cables telefónicos, cables coaxiales y/o líneas eléctricas, o una red de área amplia (WAN) tal como Internet.

45

[0005] En las redes mencionadas anteriormente, los datos se pueden superponer con ruido mientras se transmiten a través del canal, de modo que los datos pueden no procesarse correctamente o pueden no procesarse en absoluto en el receptor. Por ejemplo, cuando los datos que se van a transmitir se codifican utilizando un código predefinido, se genera una palabra de código que representa los datos en el transmisor y se reenvía al receptor a través del canal. Durante la transmisión, la palabra de código puede estar superpuesta con ruido hasta tal punto que no es posible decodificar la palabra de código, por ejemplo, debido a situaciones ruidosas de canal. Para abordar tal situación, las redes de comunicación alámbricas y/o inalámbricas pueden emplear un mecanismo de retransmisión. Por ejemplo, cuando el receptor detecta que una palabra de código recibida no se puede decodificar, se solicita una retransmisión del transmisor o el remitente. Por ejemplo, se puede usar una HARQ (solicitud de repetición automática híbrida) para solicitar una retransmisión del transmisor para corregir fallos de decodificación. Por ejemplo, se puede solicitar redundancia adicional. En el transmisor, la codificación de los datos incluye la generación de redundancia que puede incluir bits redundantes que se agregan a los datos que se van a transmitir. Durante una primera transmisión solo se puede transmitir una parte de la redundancia. Cuando se solicita una retransmisión, se pueden enviar partes adicionales de la redundancia al receptor. Por ejemplo, HARQ puede emplear esquema de combinación de paquetes (chase combining) (cada retransmisión contiene la misma información, bits de paridad y datos), o redundancia incremental (cada retransmisión contiene información diferente a la anterior).

50

55

60

[0006] Sin embargo, la retransmisión causa un retardo debido al tiempo adicional de ida y vuelta (RTT) que incluye los retardos de propagación en la red y los retardos de procesamiento en el UE y el eNB. Por lo tanto, en las redes de comunicación se desea reducir los retardos causados por transmisiones de datos erróneas y solicitudes de retransmisión asociadas.

65

[0007] El documento US 2013/262961 A1 describe sistemas y metodologías que facilitan la transmisión de comunicaciones codificadas de comprobación de paridad de baja densidad en una red de comunicaciones inalámbricas y el incremento de tales códigos en respuesta a solicitudes de dispositivos receptores. Los códigos LDPC pueden tener restricciones asociadas que permitan corregir errores en los códigos al recibirlos. Las solicitudes de códigos incrementados pueden ser en casos de baja energía de transmisión o alta interferencia, por ejemplo, cuando el código original puede estar demasiado lleno de errores para decodificar correctamente. En este caso, se pueden agregar nodos adicionales a las comunicaciones actuales y/o posteriores para facilitar la adición de una restricción más compleja al código LDPC. A este respecto, los códigos grandes pueden requerir nodos transmitidos de forma menos válida para predecir valores con errores, ya que la restricción adicional genera menos ambigüedad en las posibles elecciones de valores de nodo.

[0008] Un objeto de la presente invención es proporcionar una estrategia que mejore un procedimiento de retransmisión en una red de comunicación.

[0009] Este objeto se logra mediante el tema tal como se define en las reivindicaciones independientes.

[0010] Las realizaciones se definen en las reivindicaciones dependientes.

[0011] Las realizaciones de la presente invención se describen ahora con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una representación esquemática de un ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrica;

La figura 2 es una representación esquemática de un sistema de comunicación inalámbrica para transmitir información de un transmisor a un receptor;

La figura 3 es una representación de un código ldpc que usa una representación matricial (véase la figura 3(a)) y una representación gráfica (véase la figura 3(b));

La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para procesar datos recibidos en un receptor de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 5 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento para preparar datos que se van a transmitir por un transmisor de acuerdo con realizaciones de la presente invención;

La figura 6 muestra la evolución de la fiabilidad de nodo variable en iteraciones de suma de mínimos, para palabras de código transmitidas a través de un canal awgn de 0 db;

La figura 7 muestra una gráfica que representa las tasas de falsos negativos y falsos positivos a través de un umbral de vnr normalizado;

La figura 8 muestra una gráfica que representa los resultados de las simulaciones a nivel de sistema en escenarios de alta carga;

La figura 9 representa esquemáticamente una realización del procedimiento harq predictivo de acuerdo con la presente invención;

La figura 10 es una representación esquemática del acoplamiento de dos palabras de código que representan los primeros datos y los segundos datos; y

La figura 11 es un diagrama de flujo del procedimiento harq predictivo inventivo de acuerdo con una realización ° de la presente invención.

[0012] A continuación, se describen las realizaciones preferidas de la presente invención con más detalle con referencia a los dibujos anexos, en los que los elementos que tienen la misma función o una función similar se refieren por los mismos signos de referencia. Cualquier realización que no se encuentre dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas son simplemente ejemplos útiles para la comprensión de la invención.

[0013] Las realizaciones de la presente invención pueden implementarse en un sistema de comunicación inalámbrica como se representa en la figura 1, que incluye estaciones base y UE, como terminales móviles o dispositivos IoT. La figura 2 es una representación esquemática de un sistema de comunicación inalámbrica para comunicar información entre una estación base BS y un UE. La estación base BS incluye una o más antenas ANT_{BS} o un conjunto de antenas que tiene una pluralidad de elementos de antena. El UE incluye una o más antenas ANT_{UE}. Como lo indica la flecha 102, las señales se comunican entre la estación base BS y el UE a través de un enlace de

comunicación inalámbrica, como un enlace de radio. El sistema de comunicación inalámbrica puede funcionar de acuerdo con las realizaciones descritas en esta invención.

[0014] De acuerdo con realizaciones, por ejemplo, en el caso de una transmisión de datos de enlace descendente en la red de comunicación inalámbrica, la estación base BS incluye un codificador/decodificador de paridad de baja densidad (LDPC) 108 acoplado a una unidad de transmisión/recepción 110 que, a su vez, está conectada a una o más antenas ANT_{eNB} . Cuando la estación base funciona como un transmisor, el codificador/decodificador LDPC 108 recibe los datos que deben transmitirse al UE, que funciona como un receptor, a través del enlace de comunicación o el canal 102. El codificador/decodificador LDPC 108 codifica los datos utilizando un código de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC) para obtener una palabra de código. La palabra de código se define por una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de nodos de comprobación de una gráfica bipartita que representa el código LDPC. La unidad de transmisión/recepción 110 transmite la palabra de código a través del canal 102 al UE, de manera que los nodos variables seleccionados asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita se transmiten antes que los nodos variables restantes. Los nodos variables seleccionados definen una subpalabra de código conocida en el UE. El UE usa la subpalabra de código para estimar una capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código. El UE incluye un codificador/decodificador LDPC 112 acoplado a una unidad de transmisión/recepción 114 que, a su vez, está conectado a una o más antenas ANT_{UE} . Cuando el UE funciona como un receptor, el UE recibe de la estación base eNB, que funciona como un transmisor, a través del enlace de comunicación o del canal 102 una señal de datos 116. El codificador/decodificador LDPC 112 recibe a través de la vía una o más antenas ANT_{UE} y la unidad de transmisión/recepción 114 de la señal de datos 116 que se va a decodificar. La palabra de código se transmite a través del canal 102, de manera que la subpalabra de código se transmite antes que los nodos variables restantes de la palabra de código. El codificador/decodificador LDPC 112 estima la capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida utilizando la subpalabra de código antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código.

[0015] De acuerdo con otras realizaciones, por ejemplo, en el caso de una transmisión de datos de enlace ascendente en la red de comunicación inalámbrica, el UE es el transmisor y la estación base eNB es el receptor.

[0016] Como se mencionó anteriormente, la figura 2 representa esquemáticamente la señal de datos 116 transmitida a través del canal 102. De acuerdo con las realizaciones, la señal de datos 116 incluye los datos que se van a transmitir del transmisor al receptor a través del canal 102. Los datos se codifican usando un código LDPC para obtener una palabra de código. La palabra de código se define por la pluralidad de nodos variables asociados con la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que representa el código LDPC. La señal de datos 116 incluye una primera parte 116a que incluye una subpalabra de código que se conoce en el receptor. La subpalabra de código se define por nodos variables seleccionados asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita. La señal de datos 116 incluye además una segunda parte 116b que incluye las partes restantes de la palabra de código definidas por los nodos variables restantes. Como se representa esquemáticamente en la figura 2, la primera parte 116a precede a la segunda parte 116b, de modo que, al transmitir la señal de datos 116, la primera parte 116a se transmite primero, es decir, antes de la segunda parte 116b. En otras palabras, la segunda parte 116b sigue a la primera parte, de modo que la estimación en el receptor se puede realizar antes de recibir la palabra de código completa o la señal de datos completa 116 que representa la palabra de código.

[0017] Aunque la figura 2 representa, esquemáticamente, una red de comunicación inalámbrica, como se mencionó anteriormente, la estrategia inventiva se puede aplicar también en las redes de comunicación alámbricas mencionadas anteriormente.

[0018] La estrategia inventiva permite una estimación de capacidad de decodificación antes de recibir la señal de datos completa 116, también conocida como paquete de datos o palabra de código. Por lo tanto, en un momento en el que aún se reciben partes de la palabra de código, el receptor ya puede determinar si la palabra de código transmitida actualmente se puede decodificar o no. En caso de que se determine que no es posible la capacidad de decodificación, es decir, la palabra de código recibida no se puede decodificar por el receptor, o si se determina que es poco probable que la palabra de código recibida se pueda decodificar, se puede activar una retransmisión temprana para solicitar la palabra de código para que se retransmita o para solicitar redundancia adicional aún no transmitida. Esto reduce el retardo ya que, aparte de las estrategias convencionales, la retransmisión puede solicitarse antes de la transmisión actual, por ejemplo, el TTI actual se completa y el transmisor puede enviar la redundancia adicional solicitada durante la siguiente transmisión, por ejemplo, durante el próximo TTI. Esta mejora del procedimiento de retransmisión y la reducción asociada de los retardos se analizarán ahora con mayor detalle más adelante con referencia a realizaciones específicas no limitativas.

[0019] De acuerdo con la presente invención, los datos que se van a transmitir a través de un canal de una red de comunicación se codifican utilizando códigos de comprobación de paridad de baja densidad (LDPC) que son una clase de códigos de bloque lineales. Un código LDPC se puede describir utilizando una matriz y/o una representación gráfica. La figura 3 es una representación de un código LDPC utilizando una representación de matriz de comprobación de paridad (véase la figura 3(a)) y una representación gráfica (véase la figura 3(b)). La figura 3(a) muestra un ejemplo

de una matriz de LDPC H con una dimensión $n \times m$ para una matriz de comprobación de paridad de Gallager regular de longitud 12 (3,4) (véase, por ejemplo, la referencia [1]). En general, en una matriz de comprobación de paridad de baja densidad, el número de unos en cada fila y el número de unos en cada columna es mucho menor que n y m , respectivamente. La figura 3(b) es una representación gráfica de la matriz de comprobación H que se muestra en la figura 3(a) utilizando una gráfica bipartita, tal como la gráfica de Tanner. La gráfica de Tanner incluye dos tipos de nodos que se denominan nodos variables y nodos de comprobación o paridad. La gráfica incluye m nodos de comprobación que corresponden al número de bits de paridad y n nodos variables que corresponden al número total de bits en una palabra de código. Un nodo de verificación i se conecta a un nodo variable j si, y solo si, el elemento h_{ij} de H es un "uno". La gráfica de Tanner representada en la figura 3(b) es una subclase de gráficas bipartitas para representar gráficamente un código LDPC.

[0020] De acuerdo con la estrategia inventiva, la estructura de los códigos LDPC se aprovecha para estimar la decodificación de una palabra de código completa antes de que realmente se hayan recibido todas las partes de la palabra de código, lo que también se conoce como una retroalimentación HARQ predictiva agresiva. La ventaja es que la latencia puede disminuir, ya que una retransmisión HARQ puede realizarse antes. Los ahorros pueden deberse a la retroalimentación temprana que se devuelve al remitente o transmisor antes de que se reciba la totalidad de o la palabra de código completa. Además, se pueden obtener ahorros debido a la complejidad reducida de la estimación, ya que solo se necesita estimar una parte de la palabra de código.

[0021] De acuerdo con la presente invención, una palabra de código "b" que se va a transmitir a través del canal puede calcularse con base en un vector que representa los bits de datos "a" que se van a transmitir, y con base en una matriz de generador G como sigue: $b = a \otimes G$, y para "b" sostiene que $0 = H \otimes b^T$, donde \otimes representa una multiplicación de matriz, por ejemplo, usando una aritmética de módulo 2. La palabra de código generada "b" se puede describir por los nodos variables y los nodos de comprobación utilizando, por ejemplo, la gráfica de Tanner. De acuerdo con la presente invención, en lugar de transmitir la palabra de código "b" generada a través del canal, se selecciona una subpalabra de código o subcódigo de la palabra de código "b". La subpalabra de código o subcódigo se conoce tanto en el transmisor como en el receptor, y se construye a partir de la palabra de código original "b", también conocida como código madre.

[0022] De acuerdo con las realizaciones, un conjunto de nodos de comprobación con todos los nodos variables asociados se seleccionan o eligen del código madre para definir el subcódigo. En otras palabras, el subcódigo se define por nodos variables seleccionados asociados con el conjunto de nodos de comprobación, y el subcódigo puede ser también un código de comprobación de paridad. El receptor puede estimar la capacidad de decodificación de la subpalabra de código, por ejemplo, empleando un decodificador de máxima probabilidad (ML). Se evalúa con base en la capacidad de decodificación de la palabra de código. De acuerdo con otras realizaciones, para reducir la complejidad de la implementación, se pueden usar otros decodificadores. Se puede usar un decodificador basado en la propagación de creencias, tal como un decodificador de suma de mínimos ajustado o un decodificador de suma de productos. Los decodificadores mencionados anteriormente pueden determinar la fiabilidad de nodo variable (VNR) como se describe en la referencia [2] con base en la cual se puede juzgar la capacidad de decodificación.

[0023] De acuerdo con la presente invención, el transmisor reordena los nodos variables que definen la subpalabra de código del subcódigo conocido de tal manera que los nodos variables que están asociados con el nodo de verificación elegido se transmiten primero a través del canal, para permitir una estimación de la decodificación, comenzando con los nodos asociados con la subpalabra de código que se conoce en el receptor. Por lo tanto, la estimación de la capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida actualmente puede comenzar antes de que se haya recibido la palabra de código completa. Dependiendo del resultado de la estimación, el receptor puede solicitar redundancia adicional o puede indicar al transmisor que no se necesita más redundancia, porque se estima que la palabra de código recibida es decodificable o es probable que sea decodificable. En este caso, el transmisor puede dejar de enviar redundancia para evitar retransmisiones innecesarias y reducir las latencias durante la transmisión de datos. En su lugar, es posible que el transmisor comience a enviar la siguiente palabra de código, en caso de que deba transmitirse una nueva palabra de código. De acuerdo con realizaciones adicionales, el receptor puede no enviar una señal al transmisor en caso de que se estime que la palabra de código recibida es decodificable o es probable que sea decodificable. El transmisor puede transmitir, durante la próxima transmisión, la redundancia, si el receptor lo solicita explícitamente; de lo contrario, el transmisor transmite una nueva palabra de código, si está disponible. En caso de que no haya nueva palabra de código disponible para el receptor durante la próxima transmisión y en el caso de que no se solicite redundancia, el transmisor no enviará información al receptor durante la próxima transmisión.

[0024] La figura 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento para procesar datos recibidos en un receptor de acuerdo con una realización de la presente invención. En una primera etapa S400, el receptor recibe los datos codificados LDPC a través del canal del transmisor. La palabra de código se transmite de la manera descrita anteriormente, de manera que los nodos variables seleccionados que definen la subpalabra de código se transmitan antes de los nodos variables restantes de la palabra de código. Esto permite que el receptor en la etapa S402 estime la capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida usando la palabra clave y evalúe la capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida actualmente, antes de recibir todos los nodos variables de la palabra

de código.

[0025] La figura 5 es un diagrama de flujo que representa un procedimiento para preparar datos que se van a transmitir por un transmisor de acuerdo con realizaciones de la presente invención. El transmisor o remitente, después de haber recibido los datos que se van a transmitir, en una primera etapa S500 realiza una codificación LDPC de los datos para obtener una palabra de código. Con base en la palabra de código, se seleccionan esos nodos variables que definen una subpalabra de código que se conoce en el transmisor y en el receptor y que se utiliza para estimar la capacidad de decodificación de la palabra de código global en el receptor. En la etapa S502, se transmite primero la subpalabra de código, es decir, los nodos variables seleccionados de la palabra de código que definen la subpalabra de código se transmiten antes de los nodos variables restantes de la palabra de código. El transmisor proporciona la información para permitir una estimación temprana de la capacidad de decodificación de toda la palabra de código en el receptor.

[0026] A continuación, se describe una realización utilizando un código que tiene una palabra de código con una tasa de 1/3 y una redundancia incremental que se puede transmitir con una tasa de código de 1/6. La VNR, como se describe en la referencia [3], se puede usar para evaluar la decodificación de la subpalabra de código o subcódigo. Se puede usar un algoritmo de suma de mínimos de desplazamiento con un desplazamiento de 0,26. La figura 6 muestra la evolución de la VNR a través de iteraciones de suma de mínimos, y las líneas en la gráfica corresponden a una palabra de código transmitida a través de un canal AWGN de 0 dB (ruido gaussiano blanco, aditivo promedio). Como se puede ver en la figura 6, existe una correlación entre la capacidad de decodificación de toda la palabra de código y la VNR de la subpalabra de código. En la figura 6, se muestra una gráfica con líneas/áreas blancas denominadas "no decodificables" (los valores VNR asociados se correlacionan con una incapacidad de decodificación de toda la palabra de código), y líneas/áreas negras referidas, por otro lado, como "decodificables" (los valores VNR asociados se correlacionan con una capacidad de decodificación de toda la palabra de código o indican que la palabra de código completa se puede decodificar de manera fiable).

[0027] De acuerdo con las realizaciones, con base en la información en la figura 6 y dependiendo de un punto de trabajo deseado, se puede definir un umbral para predecir la decodificación de toda la palabra de código con base en la VNR. El umbral puede seleccionarse o establecerse en función de la tasa de falsos positivos y la tasa de falsos negativos obtenida de las estimaciones VNR descritas anteriormente con referencia a la figura 6. La tasa de falsos positivos indica que una palabra de código que se ha predicho o estimado para que sea decodificable (por lo que no se activará ninguna retransmisión), fue incorrecta porque la palabra de código real recibida como un todo no se puede decodificar. La tasa de falsos negativos indica que una palabra de código que se ha predicho o se estima que no se puede decodificar (de modo que se activará una retransmisión), fue incorrecta, es decir, después de recibirse en el receptor la palabra de código resultó ser decodificable. La tasa de falsos positivos es más crítica que la de falsos negativos, ya que da como resultado un aumento en el retardo hasta que se reciba en el receptor una redundancia adicional para permitir la decodificación de toda la palabra de código. El umbral se puede seleccionar como una compensación entre las dos medidas, es decir, entre la tasa de falsos positivos y la tasa de falsos negativos. La figura 7 muestra una gráfica que representa las tasas de falsos negativos y falsos positivos a través de un umbral VNR normalizado.

[0028] La estrategia inventiva puede evaluarse a nivel de sistema. La figura 8 muestra una gráfica que representa los resultados de las simulaciones a nivel de sistema en escenarios de alta carga. La figura 8 muestra que en el escenario "fiable" (véase la curva a), el sistema siempre transmite con una tasa de 1/6, bloqueando así dos recursos. En el escenario "normal" (véase la curva b), se utiliza una tasa de 1/3, y se emplea un procedimiento HARQ convencional que da como resultado un RTT de 4 TTI (4 ms). De acuerdo con la estrategia inventiva (véase la curva c), también conocida como HARQ o P-HARQ predictivo, primero se usa una tasa de 1/3 y la predicción se realiza utilizando la subpalabra de código que se transmite primero. Con base en una predicción que indica que la palabra de código transmitida en el TTI actual no se puede decodificar, la redundancia incremental se transmite directamente en el siguiente TTI, lo que reduce el retardo. La figura 8 muestra que el escenario fiable (curva a) sufre una escasez de recursos que causa altos retardos, y que el escenario normal (véase la curva b) no proporciona un rendimiento más alto dentro de un retardo limitado, por ejemplo, dentro de dos milisegundos. Sin embargo, la estrategia inventiva (véase la curva c) es ventajosa, ya que la redundancia incremental se transmite directamente en el siguiente TTI, en lugar de esperar por TTI adicionales como se requiere en el esquema normal o incluso más largo como se requiere en el esquema fiable.

[0029] En las realizaciones descritas hasta ahora, se utiliza una subpalabra de código, que se conoce en el transmisor y en el receptor, para permitir una estimación temprana de la decodificación de una palabra de código transmitida actualmente a un receptor, por ejemplo, con base en la VNR como se describe en la referencia [3]. De acuerdo con la estrategia inventiva, esto se logra transmitiendo la subpalabra de código al receptor primero. La subpalabra de código conocida se define utilizando los elementos de información o bits de la palabra de código generada con base en los datos que se van a transmitir. Una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de nodos de comprobación de una gráfica bipartita se selecciona para definir la subpalabra de código, por ejemplo, para seleccionar un patrón de bits específico que representa la subpalabra de código. En lugar de transmitir la palabra de código como se codifica a través del canal, de acuerdo con la estrategia inventiva, los bits o elementos

de información que representan la subpalabra de código se transmiten primero, de modo que el receptor puede realizar la estimación de si la palabra de código completa es decodificable o no antes de recibir la palabra de código completa con base en la subpalabra de código recibida.

5 **[0030]** De acuerdo con realizaciones adicionales, la estrategia inventiva puede hacer que el receptor solicite, en respuesta a la estimación que indica que la palabra de código no se puede decodificar, a una retransmisión, o a una señal, en respuesta a la estimación que indica que la palabra de código se puede decodificar, al transmisor para detener la transmisión de redundancia adicional para la palabra de código transmitida actualmente. En otras palabras, dependiendo del resultado de la estimación, se puede determinar que en una próxima transmisión no se necesita más redundancia acerca de la palabra de código transmitida actualmente (transmisión actual). La palabra de código que se transmite actualmente se puede decodificar completamente en el receptor y, en caso de que haya una nueva palabra de código que se transmita en la próxima transmisión, la nueva palabra de código se puede transmitir. En caso de que la estimación indique que la palabra de código, que se transmite en la transmisión actual, no es decodificable, en la próxima transmisión, la redundancia adicional se puede transmitir de manera que la palabra de código transmitida en la primera transmisión pueda decodificarse utilizando la palabra de código original, que incluye la información y redundancia de la primera transmisión y redundancia adicional de la segunda transmisión o retransmisión.

[0031] Una realización del procedimiento HARQ predictivo de la invención se representa esquemáticamente en la figura 9. La flecha superior en la figura 9 muestra una línea de tiempo eNB, y la flecha inferior muestra una línea de tiempo UE. En el tiempo t_1 , la estación base transmite la señal de datos, por ejemplo, en forma de un paquete de datos. En el tiempo t_1 comienza la transmisión del paquete. El paquete se transmite a través del canal inalámbrico o alámbrico y se recibe en el receptor en el tiempo t_2 . El tiempo para recibir el paquete completamente es el TTI (intervalo de tiempo de transmisión) que tiene una duración o duración predefinida. De acuerdo con la estrategia inventiva, en el paquete, la subpalabra de código se transmite primero y se recibe en un tiempo t_3 . La capacidad de decodificación del paquete transmitido se evalúa o estima con base en la subpalabra de código. Durante la estimación, el receptor recibe las partes restantes del paquete, es decir, las partes restantes de la palabra de código aún no transmitidas. En la figura 9, se asume que después del tiempo t_3 pero antes del final del primer TTI, el resultado de la estimación de la subpalabra de código está disponible en el receptor. Se asume que la estimación indica que la subpalabra de código o el paquete que se transmite actualmente de la estación base al receptor no es decodificable. Este resultado se señala a la estación base. En el tiempo t_4 que está delante del final del primer TTI, la estación base envía la redundancia adicional para decodificar la palabra de código. En el tiempo t_5 , que es el final del primer TTI, está disponible la redundancia adicional, y utilizando los datos recibidos durante el primer TTI y almacenados en el receptor y la redundancia adicional recibida durante el segundo TTI, la palabra de código enviada por la estación base en el tiempo t_1 ahora se puede decodificar en el receptor. La redundancia adicional puede incluir esquema de combinación de paquetes (chase combining) o redundancia incremental.

[0032] La figura 9 muestra que la estrategia inventiva acelera el procedimiento para decodificar datos o paquetes que, inicialmente, se encuentra que no se pueden decodificar en el receptor. En las estrategias convencionales, la solicitud de redundancia adicional comenzará solo una vez que se haya completado el primer TTI, es decir, en el tiempo t_5 y la ventaja en términos de retardo reducido es fácilmente reconocible en la figura 9. La figura 9 muestra que el receptor realiza la estimación de decodificación y envía una señal para solicitar una mayor redundancia, en caso de que la estimación muestre que el paquete transmitido actualmente no se puede decodificar en el receptor con base en la información obtenida durante el primer TTI. Por otro lado, en caso de que el procedimiento de estimación permita que el paquete se pueda decodificar con base en la información recibida durante el primer TTI, en lugar de enviar una señal de solicitud a la estación base en el tiempo t_4 , el receptor, en el momento t_3 envía una señal a la estación base en forma de una señal de parada. La estación base, en el tiempo t_4 , comenzará a enviar el siguiente paquete que entonces se procesará en el segundo TTI de la misma manera que el primer paquete recibido en el tiempo t_2 en el receptor.

50 **[0033]** La palabra de código recibida durante el primer TTI y que se estima que se puede decodificar se decodificará por el receptor. Para la decodificación, el transmisor puede señalar al receptor una orden de los nodos de comprobación que definen la palabra de código, de modo que, siguiendo la transmisión de acuerdo con la estrategia inventiva, la palabra de código decodificable puede reconstruirse en el receptor para la decodificación correcta. En caso de que esta decodificación, a pesar de la decodificación estimada, falle (indicación falsa positiva), se puede activar un procedimiento de retransmisión convencional para obtener redundancia adicional disponible.

[0034] De acuerdo con realizaciones adicionales, la redundancia adicional puede incluir nuevos datos obtenidos a través de acoplamiento. Por ejemplo, en el tiempo t_1 (véase la figura 9), el paquete transmitido de la estación base hacia el receptor puede incluir una palabra de código que representa tanto los primeros datos como la redundancia. De la palabra de código, se selecciona la subpalabra de código que se conoce en el receptor y se usa para estimar la capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida actualmente. En el caso de que se determine en el tiempo t_3 (véase la figura 9) que la palabra de código no es decodificable, en el momento t_4 la estación base envía la redundancia adicional, y la redundancia adicional incluye nuevos datos obtenidos mediante el acoplamiento de códigos LDPC, también conocido como acoplamiento espacial (véase, por ejemplo, la referencia [5]).

La figura 10 muestra una representación esquemática del acoplamiento de dos palabras de código que representan los primeros datos y los segundos datos como se describe en la referencia [5]. En el tiempo t_4 se envía la redundancia adicional que incluye los nuevos datos obtenidos a través de acoplamiento. En el transmisor, la redundancia puede seleccionarse de modo que se pueden decodificar los bits de información para el primer y segundo datos. Esto es
5 ventajoso debido a la mayor diversidad de tiempo de la palabra de código conjunta.

[0035] De acuerdo con las realizaciones de la presente invención, la capacidad de decodificación puede estimarse utilizando información asociada con toda la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código.

10

[0036] De acuerdo con otras realizaciones de la presente invención, la capacidad de decodificación puede estimarse estimando inicialmente la capacidad de decodificación de la palabra de código usando información asociada con un primer número de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código. En caso de que la estimación indique que la palabra de código no se puede decodificar, la capacidad de
15 decodificación de la palabra de código se estima utilizando la información asociada con un segundo número de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código. El segundo número es más alto que el primer número. En caso de que la estimación aún indique que la palabra de código no se puede decodificar, la estimación de la capacidad de decodificación de la palabra de código se puede repetir utilizando un número creciente de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código.

20

La estimación de la capacidad de decodificación de la palabra de código puede repetirse hasta que se haya utilizado un número predefinido de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código, y/o hasta que se alcance un tiempo para señalar al transmisor que se necesita o no redundancia adicional de tal forma que al comienzo del siguiente intervalo de transmisión se recibe la redundancia adicional o una nueva
25 palabra de código.

25

[0037] De acuerdo con otras realizaciones más de la presente invención, la información asociada con algunos o todos de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código se transmite en un orden fijo o en un orden arbitrario.

30

[0038] De acuerdo con realizaciones adicionales, el receptor puede realizar una evaluación de la estimación, a fin de obtener un nivel de confianza del resultado de la estimación. Además del resultado de la estimación real, se puede tener en cuenta el nivel adicional de confianza al decidir si se debe solicitar a la estación base redundancia adicional en cualquiera de las formas descritas anteriormente. Por ejemplo, los umbrales VNR descritos anteriormente (véase la figura 7) se pueden usar para definir estos niveles de confianza. En función de la confianza, el receptor
35 puede realizar, por ejemplo, una respuesta HARQ predictiva de dos o más bits. De acuerdo con el nivel de confianza, el transmisor puede decidir cuánta redundancia se necesita para la retransmisión HARQ.

40

[0039] La figura 11 es un diagrama de flujo del procedimiento HARQ predictivo inventivo de acuerdo con una realización. Los datos se reciben en una estación base que se transmitirán a través de la red de comunicación
40 inalámbrica o alámbrica a un equipo de usuario. En la etapa S1100, los datos se codifican mediante LDPC para obtener una palabra de código. En la etapa S1102, la palabra de código se transmite a través del canal. La transmisión es de tal forma que los nodos variables seleccionados se transmiten antes de los nodos variables restantes. Los nodos variables seleccionados definen una subpalabra de código que se conoce en el receptor y que se transmite como primera parte de la palabra clave. En la etapa S1104, la capacidad de decodificación de la palabra de código recibida
45 se estima en el receptor utilizando la subpalabra de código antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código (véase la figura 9). En la etapa S1106, se determina si la estimación en la etapa S1104 indicó que la palabra de código transmitida actualmente puede decodificarse. En caso de que esto sea cierto, el procedimiento, en la etapa S1108, indica al transmisor que no es necesario transmitir ninguna redundancia adicional de modo que, al final del primer TTI (véase la figura 9), se puede iniciar transmisión de la redundancia, que incluye los nuevos datos obtenidos
50 a través de acoplamiento. Como se mencionó anteriormente, de acuerdo con otras realizaciones, no se realiza ninguna señalización al transmisor cuando la etapa S1106 indica que la palabra de código transmitida actualmente puede decodificarse. No hay una etapa S1108 en esta realización.

55

[0040] En caso de que se determine en S1106 que la estimación indica que la palabra de código no es decodificable en el receptor, la estrategia inventiva, en la etapa S1110, solicita del transmisor redundancia adicional. De acuerdo con realizaciones adicionales de la estrategia inventiva, entre las etapas S1106 y S1110, opcionalmente pueden proporcionarse las etapas adicionales S1112 y S1114. En S1112 se determina un nivel de confianza del resultado de la estimación, como se explicó en detalle anteriormente. En la etapa S1114, se determina la redundancia que debe solicitarse al transmisor en el tiempo t_3 (véase la figura 9), de modo que se solicita la redundancia adicional
60 determinada del transmisor en la etapa S1110. De acuerdo con las realizaciones, todas las etapas que se acaban de describir con referencia a la figura 11 pueden combinarse, mientras que otras realizaciones pueden no incluir las etapas S1108, S1112 y/o S1114.

65

[0041] Aunque las realizaciones de la presente invención, tal como se describieron anteriormente, se refieren al código LDPC, la presente invención no se limita a este código. Más bien, se puede usar cualquier otro código, que

está representado por nodos variables asociados con uno o más nodos de comprobación de una gráfica bipartita, de modo que una palabra de código generada usando el código se define por una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita. Además, la presente invención no se limita a una gráfica de Tanner, sino que se pueden usar otras gráficas bipartitas, como una gráfica de factores.

5

[0042] En las realizaciones descritas hasta ahora, la subpalabra de código se ha descrito para que se defina por nodos variables seleccionados asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita. Sin embargo, la presente invención no se limita a estas realizaciones. De acuerdo con realizaciones adicionales, el código puede generarse de tal manera que los nodos variables predefinidos asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita definen la subpalabra de código, por ejemplo, uno o más nodos variables consecutivos que comienzan con uno de los primeros nodos variables. De acuerdo con tal realización, los primeros nodos variables de la palabra de código definen la subpalabra de código.

10

[0043] Además, en las realizaciones descritas hasta ahora, se ha descrito que la estimación se realiza con base en la subpalabra de código. Sin embargo, la presente invención no se limita a estas realizaciones. De acuerdo con realizaciones adicionales, la estimación puede tener en cuenta parámetros adicionales, como la calidad de canal, la estimación de canal, símbolos CRC adicionales, etc.

15

[0044] Además, en las realizaciones descritas hasta ahora, los nodos variables que definen la subpalabra de código se envían antes de los nodos variables restantes. Sin embargo, la presente invención no se limita a estas realizaciones. De acuerdo con realizaciones adicionales, uno o más nodos variables de la palabra de código, que no definen la subpalabra de código, pueden enviarse por delante de los nodos variables que definen la subpalabra de código. Por ejemplo, los nodos variables de la palabra de código, que no definen la subpalabra de código, pueden enviarse de tal manera que al enviar la subpalabra de código, la estimación de la capacidad de decodificación en el receptor se puede realizar de tal manera que aún se puede señalar al transmisor que se necesita o no redundancia adicional y que, al comienzo del siguiente intervalo de transmisión, la redundancia adicional o, en caso de que haya una nueva palabra de código para el receptor, se recibe la nueva palabra de código.

20

25

[0045] Aunque algunos aspectos del concepto descrito se han descrito en el contexto de un aparato, está claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o un dispositivo corresponden a una etapa de procedimiento o una característica de una etapa de procedimiento. Análogamente, los aspectos descritos en el contexto de una etapa de procedimiento representan también una descripción de un bloque o elemento o característica correspondiente de un aparato correspondiente.

30

[0046] Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención pueden implementarse en hardware o en software. La implementación se puede realizar utilizando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, almacenamiento en la nube, un disquete, un DVD, un Blue-Ray, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria flash, que tienen señales de control electrónicamente legibles almacenadas en el mismo, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de tal manera que se realiza el procedimiento respectivo. Por lo tanto, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por ordenador.

35

40

[0047] Algunas realizaciones de acuerdo con la invención comprenden un soporte de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable, de manera que se realice uno de los procedimientos descritos en esta invención.

45

[0048] En general, las realizaciones de la presente invención pueden implementarse como un producto de programa informático con un código de programa, el código de programa que es operativo para realizar uno de los procedimientos cuando el producto de programa informático se ejecuta en un ordenador. El código de programa puede, por ejemplo, almacenarse en un soporte legible por máquina.

50

[0049] Otras realizaciones comprenden el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, almacenado en un soporte legible por máquina. En otras palabras, una realización del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un programa informático que tiene un código de programa para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

55

[0050] Una realización adicional de los procedimientos de la invención es, por lo tanto, un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, grabado en el mismo, el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. Una realización adicional del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. El flujo de datos o la secuencia de señales pueden configurarse, por ejemplo, para transferirse a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet. Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, configurado o adaptado para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en

60

65

el mismo el programa informático para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención.

[0051] En algunas realizaciones, se puede usar un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de compuertas programables en el campo) para realizar algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en esta invención. En algunas realizaciones, una matriz de compuertas programables en el campo puede cooperar con un microprocesador para realizar uno de los procedimientos descritos en esta invención. En general, los procedimientos se realizan preferiblemente por cualquier aparato de hardware.

[0052] La invención está definida y limitada por el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

10 Referencias

[0053]

[1] <http://sigpromu.org/sarah/SJohnsonLDPCintro.pdf>

[2] 3GPP TS 36.211 V13.1.0

[3] F. Kienle and N. Wehn, "Low complexity stopping criterion for LDPC code decoders," 2005 IEEE 61st Vehicular Technology Conference, 2005, pp. 606-609 Vol. 1.

[4] R1-167271, Nokia, Alcatel-Lucent Shanghai Bell, RAN WG1 # 86 Gotemburgo, Suecia, 22-26 de agosto de 2016.

[5] <https://simons.berkeley.edu/sites/default/files/docs/2808/slidescostelloshort.pdf>

REIVINDICACIONES

1. Un receptor en el que
 el receptor está configurado para recibir datos codificados a través de un canal (102) de un transmisor, en el que los
 5 datos se codifican por comprobación de paridad para obtener una palabra de código,
 en el que la palabra de código está definida por una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de
 nodos de comprobación de una gráfica bipartita que representa el código,
 en el que la palabra de código se transmite a través del canal (102) de tal manera que ciertos nodos variables, que
 están asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita, se transmiten antes de otros
 10 nodos variables, y en el que los nodos variables determinados definen una subpalabra de código (116a) conocida por
 el receptor;
 en el que el receptor se configura para estimar una capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida
 utilizando la subpalabra de código (116a) antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código;
 en el que en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código no se puede decodificar, el receptor se
 15 configura para solicitar del transmisor redundancia adicional; y
 en el que en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código puede decodificarse, el receptor se
 configura para indicar al transmisor que deje de transmitir redundancia adicional.
2. El receptor de la reivindicación 1, en el que el receptor se configura para determinar un nivel de confianza
 20 del resultado de la estimación, y para determinar, con base en el nivel de confianza, la redundancia adicional que se
 debe solicitar al transmisor.
3. El receptor de la reivindicación 1 o 2, en el que la redundancia adicional incluye esquema de
 combinación de paquetes, o redundancia incremental, o redundancia adicional que incluye nuevos datos obtenidos a
 25 través de acoplamiento.
4. El receptor de una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el receptor se configura para estimar la
 capacidad de decodificación de la palabra de código utilizando información asociada con toda la pluralidad de nodos
 de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código (116a).
 30
5. El receptor de una de las reivindicaciones 1 a 3,
 en el que el receptor se configura para estimar inicialmente la capacidad de decodificación de la palabra de código
 usando información asociada con un primer número de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita
 que define la subpalabra de código (116a), y
 35 en el que, en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código no se puede decodificar, el receptor se
 configura para estimar la capacidad de decodificación de la palabra de código usando información asociada con un
 segundo número de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código
 (116a), siendo el segundo número más alto que el primer número.
- 40 6. El receptor de la reivindicación 5, en el que, en respuesta a una estimación que indica que la palabra de
 código no se puede decodificar, el receptor se configura para repetir estimación de la capacidad de decodificación de
 la palabra de código utilizando un número creciente de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita
 que define la subpalabra de código (116a).
- 45 7. El receptor de la reivindicación 6, en el que el receptor se configura para repetir estimación de la
 capacidad de decodificación de la palabra de código hasta que se haya utilizado un número predefinido de la pluralidad
 de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código (116a), y/o hasta que se alcance
 un tiempo para señalar al transmisor que se necesita o no redundancia adicional de tal manera que al comienzo del
 siguiente intervalo de transmisión la redundancia adicional o, en caso de que haya una nueva palabra de código para
 50 el receptor, se recibe la nueva palabra de código.
8. El receptor de una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende un decodificador de probabilidad
 máxima o decodificador basado en propagación de creencias para estimar la palabra de código.
- 55 9. Un transmisor que comprende:
 un codificador (108) configurado para codificar datos por comprobación de paridad para obtener una palabra de
 código, en el que la palabra de código está definida por una pluralidad de nodos variables asociados con una
 pluralidad de los nodos de comprobación de una gráfica bipartita que representa el código; y
 60 una unidad de transmisión (110) configurada para transmitir la palabra de código a través de un canal (102) a un
 receptor de tal manera que ciertos nodos variables asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación
 de la gráfica bipartita se transmitan antes de otros nodos variables,
 en el que ciertos nodos variables definen una subpalabra de código (116a) que se conoce en el receptor y que el
 receptor utiliza para estimar una capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida antes de recibir
 65 todos los nodos variables de la palabra de código; y

en el que la unidad de transmisión, que responde a una señal del receptor, se configura para transmitir redundancia adicional o para detener la transmisión de redundancia adicional.

5 10. Una red de comunicación, que comprende:

un receptor de una de las reivindicaciones 1 a 8, y
un transmisor de la reivindicación 9.

10 11. Un procedimiento que comprende

recibir datos codificados por comprobación de paridad a través de un canal (102) de un transmisor, en el que los datos se codifican para obtener una palabra de código, en el que la palabra de código se define por una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de nodos de comprobación de una gráfica bipartita que representa el código, en el que la palabra de código se transmite a través del canal (102), de modo que ciertos nodos variables, que están asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita, se transmiten antes que otros nodos variables, y en el que ciertos nodos variables definen un subpalabra de código (116a) conocida por el receptor; y

15 20 estimar una capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida usando la subpalabra de código (116a) antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código;

en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código no se puede decodificar, solicitar al transmisor redundancia adicional; y

en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código puede decodificarse, señalar al transmisor que deje de transmitir redundancia adicional.

25

12. Un procedimiento que comprende:

codificar datos por comprobación de paridad para obtener una palabra de código, en el que la palabra de código se define por una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de los nodos de comprobación de una gráfica bipartita que representa el código;

30

transmitir la palabra de código a través de un canal (102) a un receptor, de manera que ciertos nodos variables asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita se transmiten antes que otros nodos variables, en el que los ciertos nodos variables definen una subpalabra de código (116a) conocida en el receptor y utilizada por el receptor para estimar una capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código; y

35

en respuesta a una señal del receptor, que transmite redundancia adicional o que detiene la transmisión de redundancia adicional.

13. Un procedimiento que comprende:

40

codificar los datos por comprobación de paridad que se van a transmitir a través de un canal (102) de un transmisor a un receptor, en el que los datos se codifican para obtener una palabra de código, en el que la palabra de código se define por una pluralidad de nodos variables asociados con una pluralidad de nodos de comprobación de una gráfica bipartita que representa el código;

45

transmitir la palabra de código a través del canal (102) de tal manera que ciertos nodos variables se transmitan antes que otros nodos variables, en el que los ciertos nodos variables están asociados con un subconjunto de los nodos de comprobación de la gráfica bipartita y definen una subpalabra de código (116a) que se conoce en el receptor;

50

estimar, en el receptor, una capacidad de decodificación de la palabra de código transmitida utilizando la subpalabra de código (116a) antes de recibir todos los nodos variables de la palabra de código;

en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código no se puede decodificar, solicitando al transmisor redundancia adicional; y

en respuesta a una estimación que indica que la palabra de código se puede decodificar, indicando al transmisor que deje de transmitir redundancia adicional.

55

14. El procedimiento de 12, en el que la información asociada con algunos o todos de la pluralidad de nodos de comprobación de la gráfica bipartita que define la subpalabra de código (116a) se transmite en un orden fijo o arbitrario.

60 15.

Un producto de programa informático no transitorio que comprende un medio legible por ordenador que almacena instrucciones que, cuando se ejecutan en un ordenador, llevan a cabo el procedimiento de una de las reivindicaciones 11 a 14.

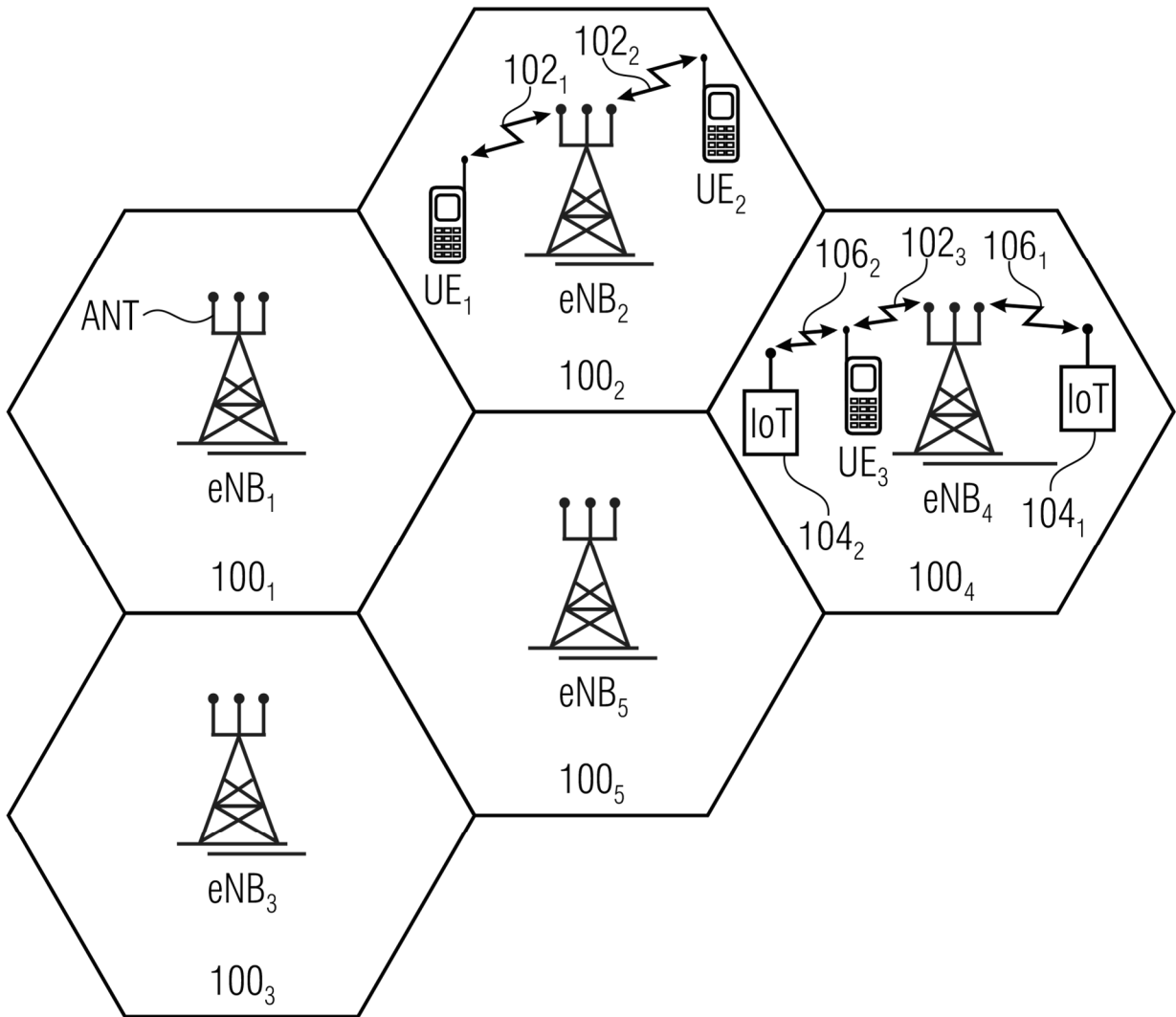


Fig. 1

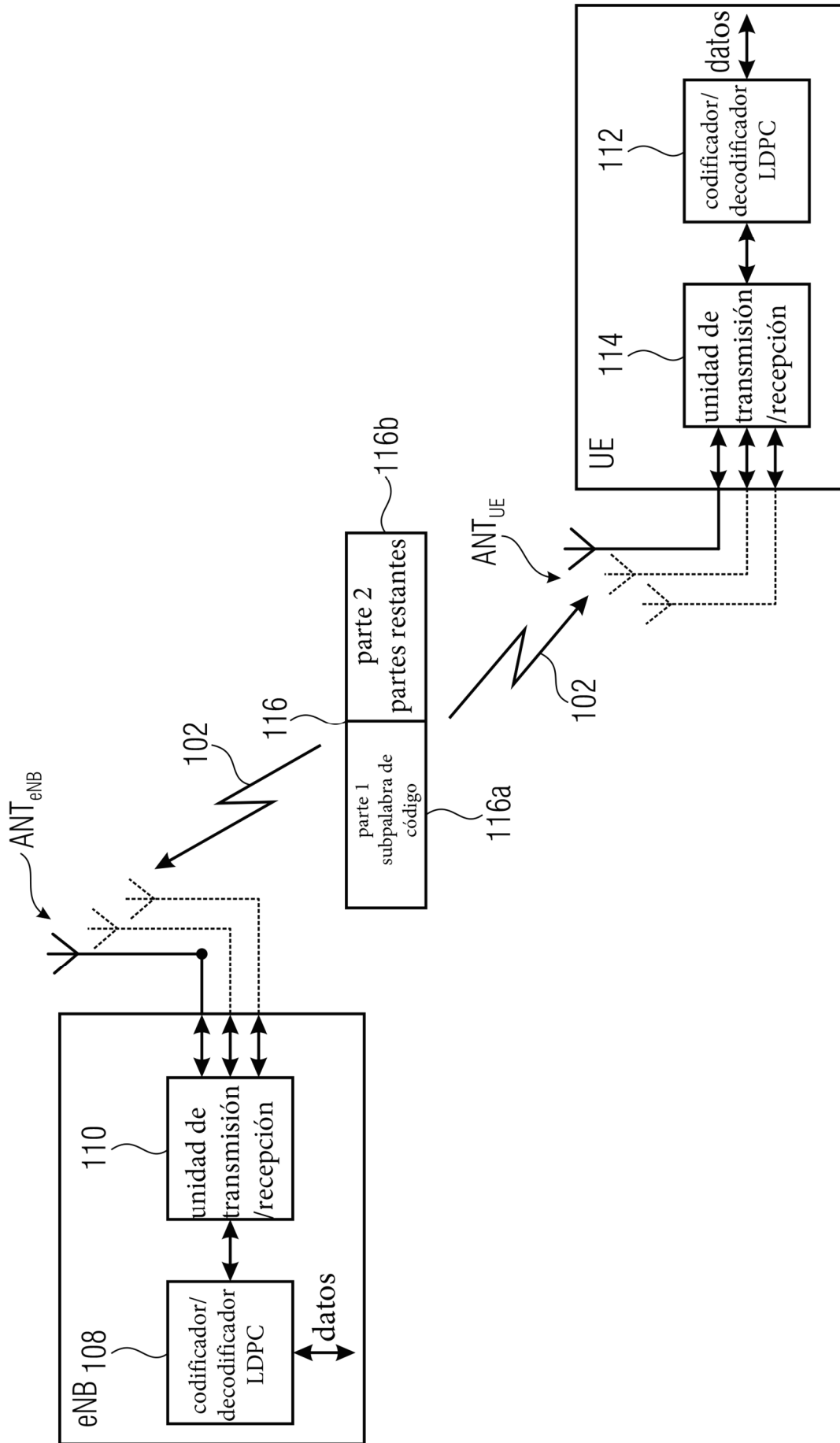


Fig. 2

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ \hline 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Fig. 3 a

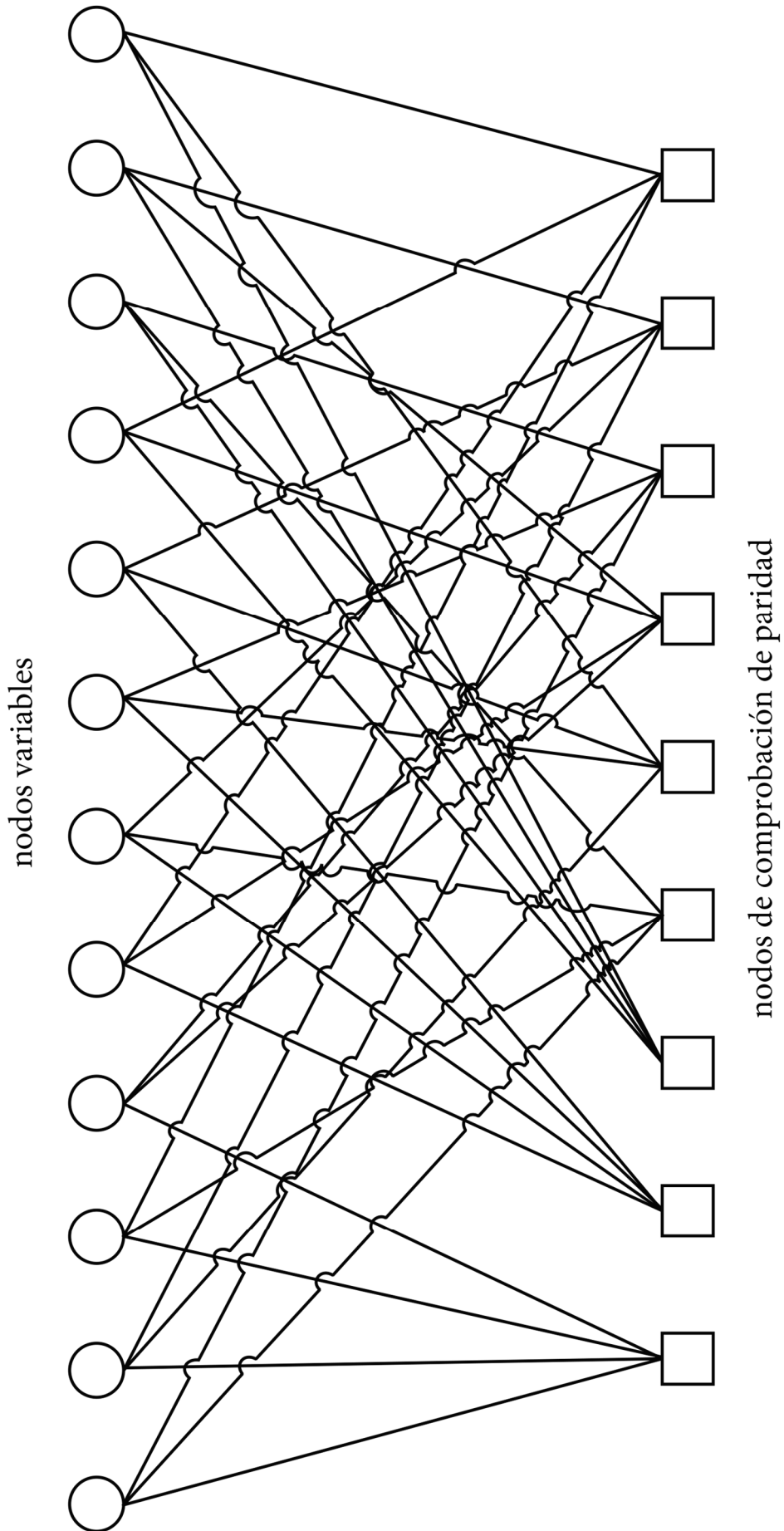


Fig. 3 b

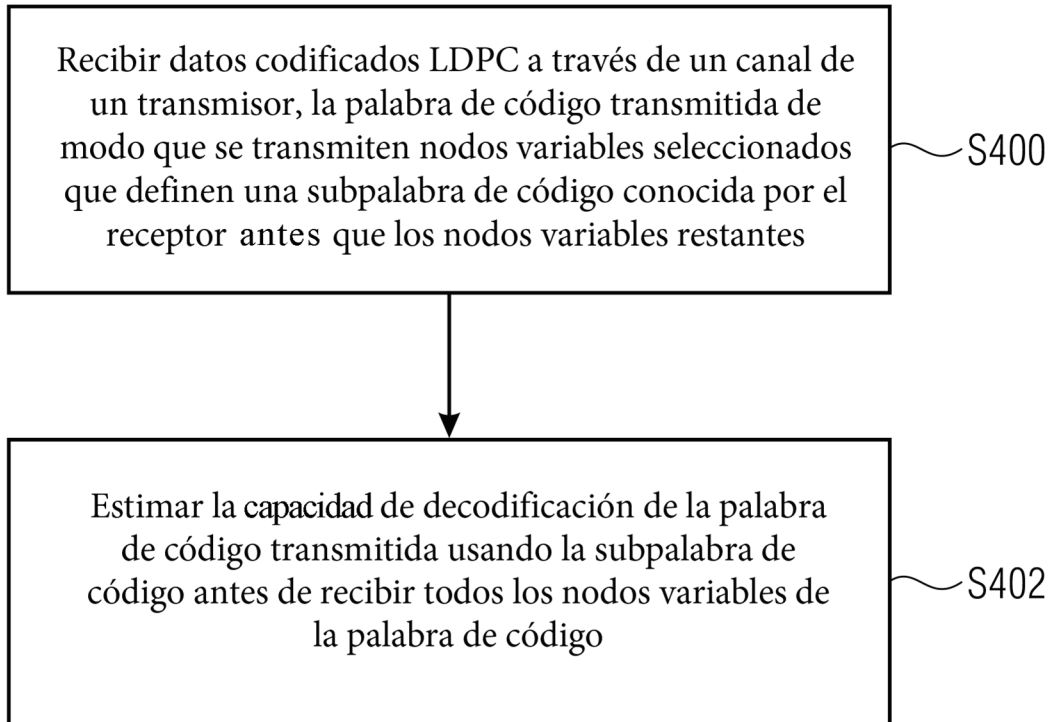


Fig. 4

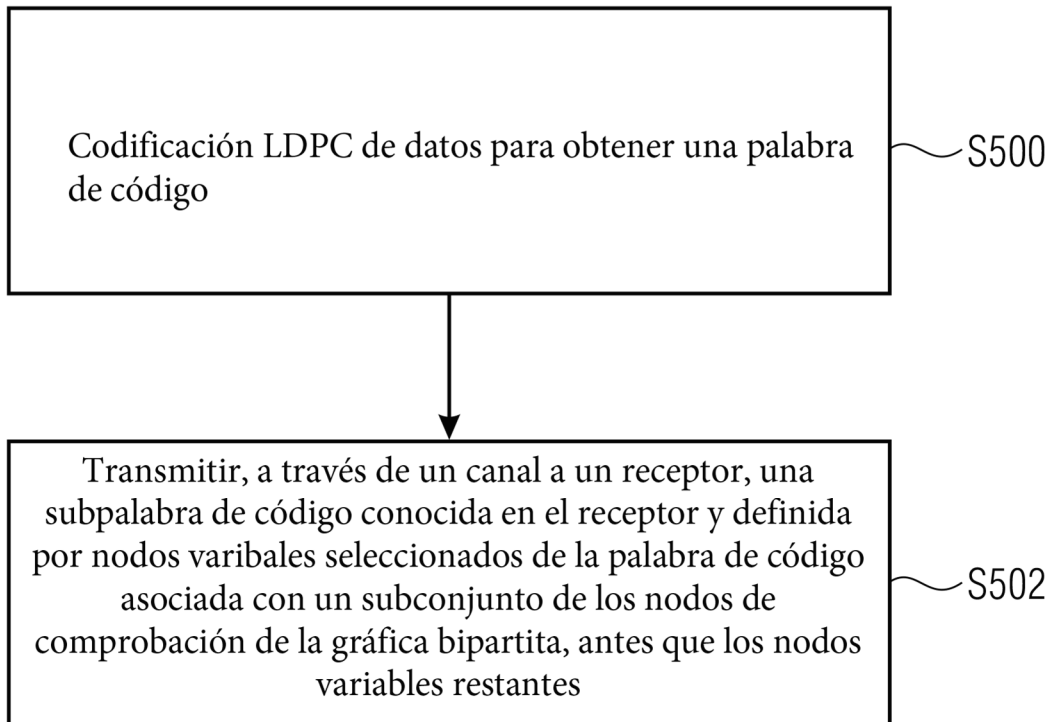


Fig. 5

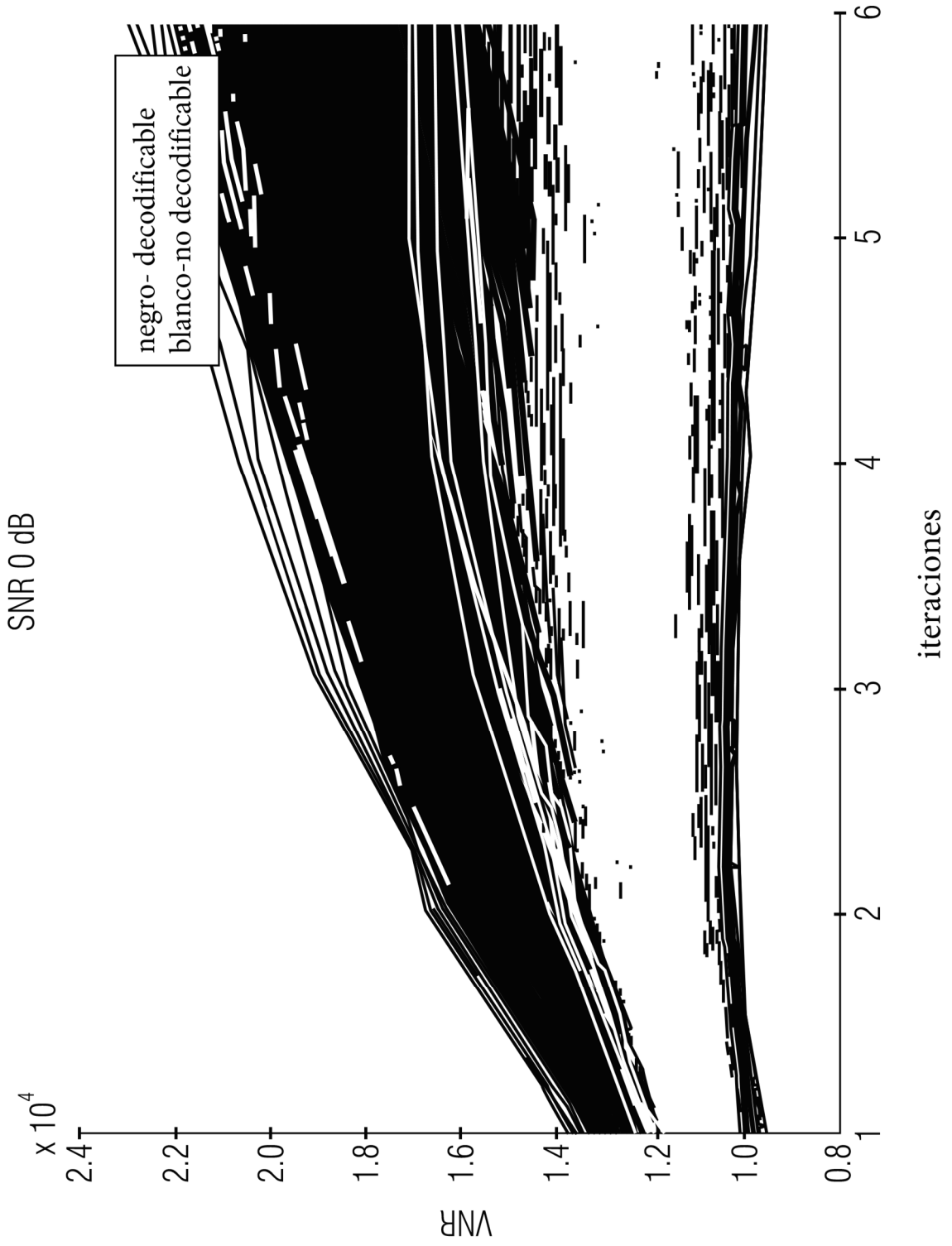


Fig. 6

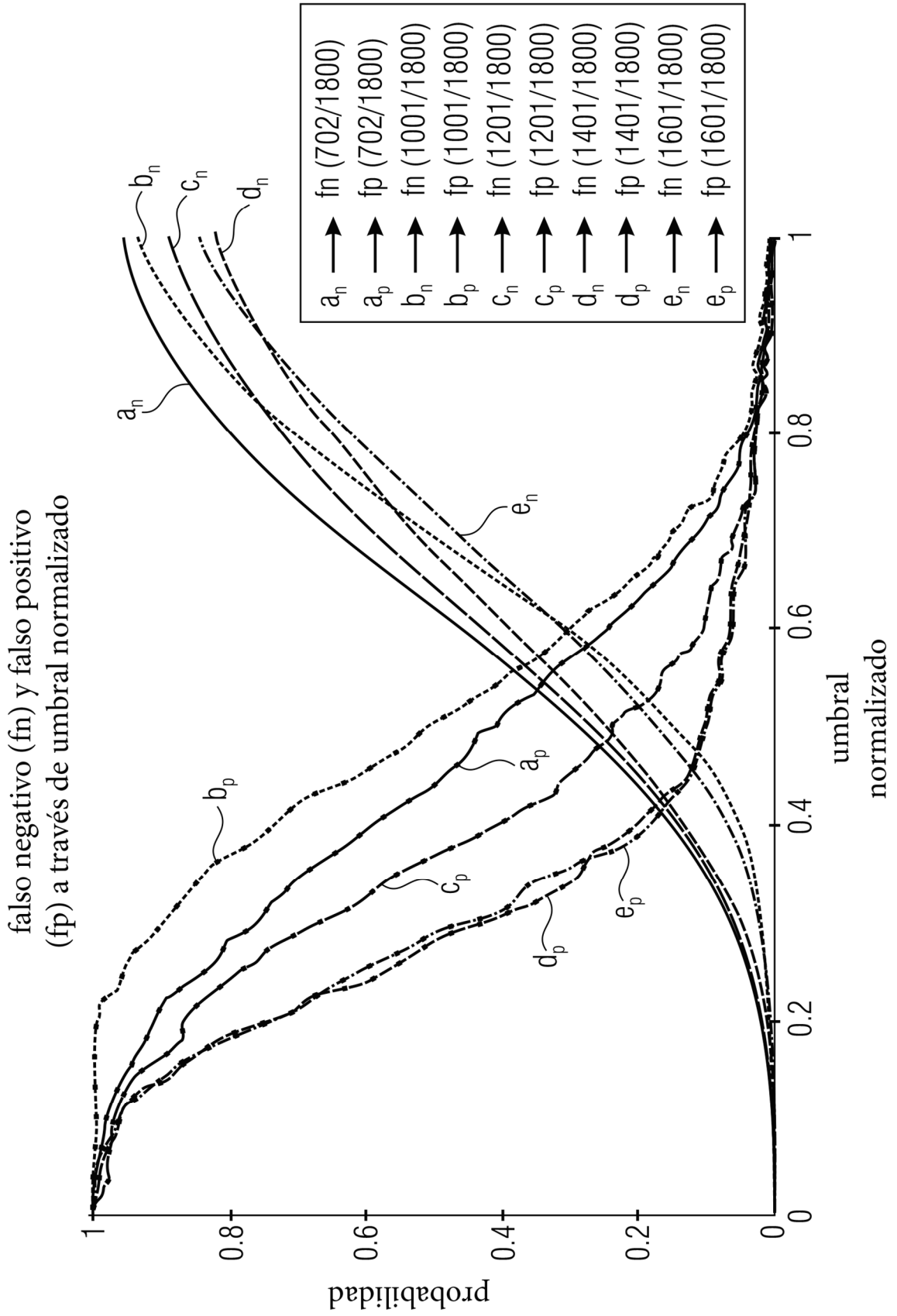


Fig. 7

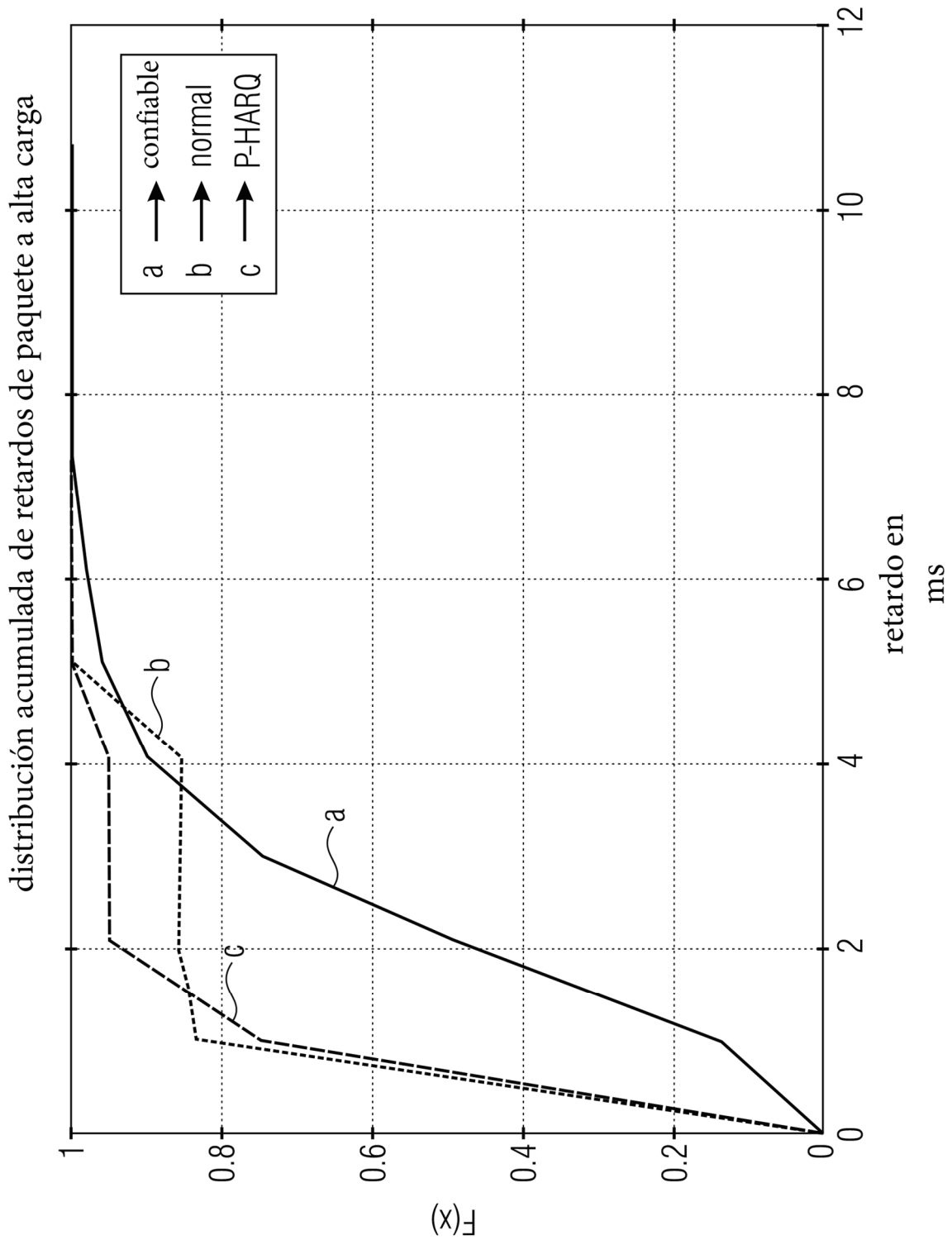


Fig. 8

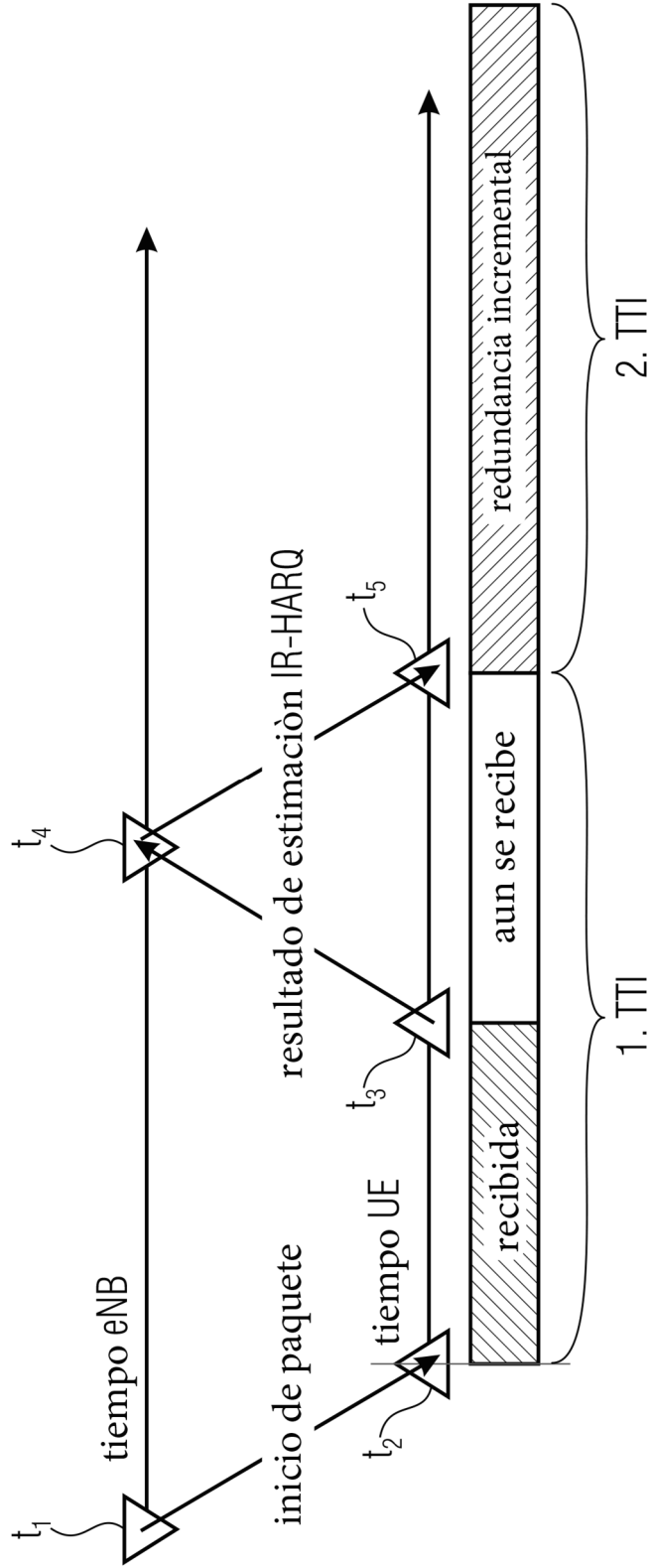


Fig. 9

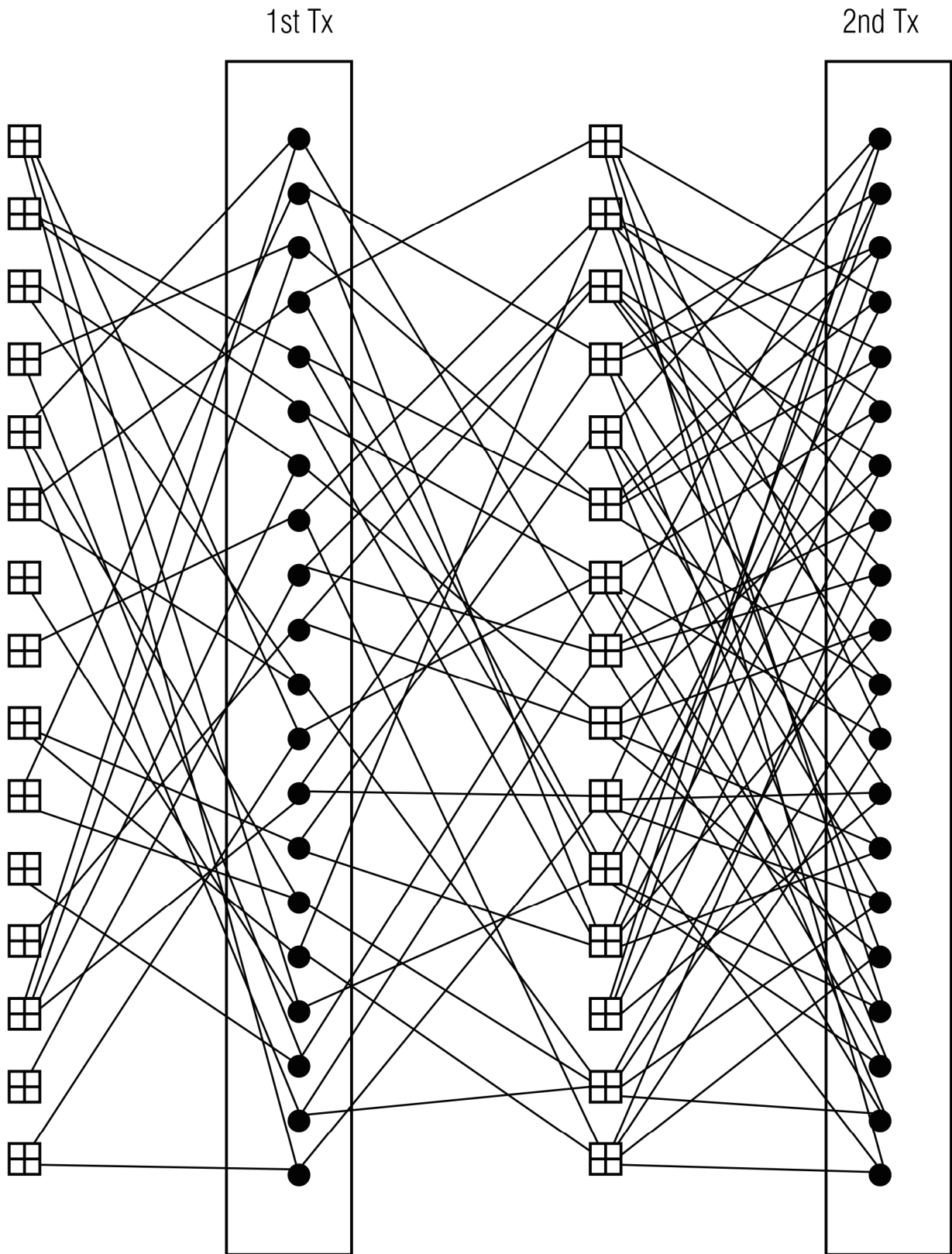


Fig. 10

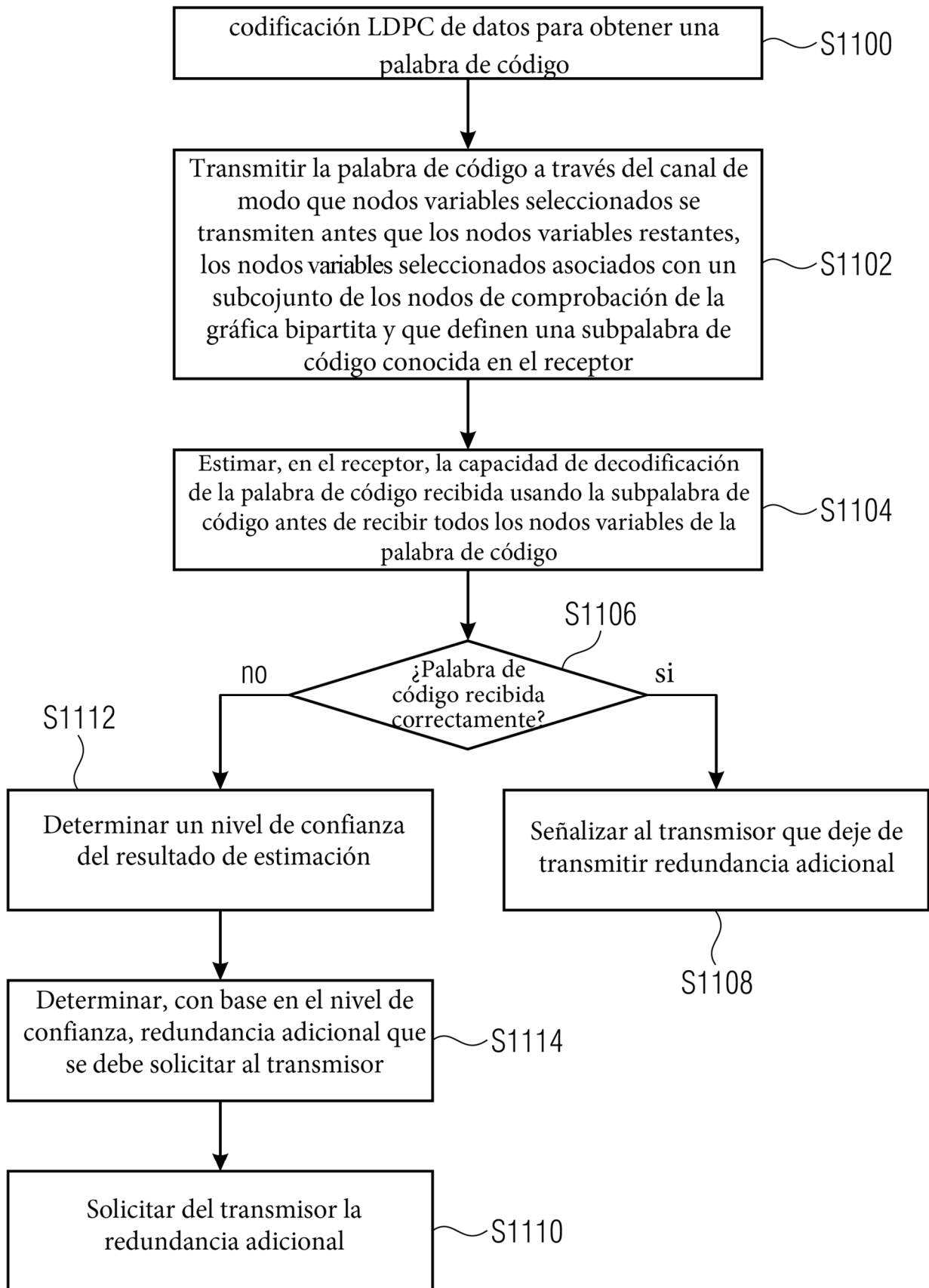


Fig. 11