

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 750 999**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)

H04L 7/04 (2006.01)

H03M 13/33 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2014 PCT/CN2014/082660**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.01.2016 WO16011592**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2014 E 14898128 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2019 EP 3163779**

54 Título: **Método y aparato para determinar límites de trama de corrección de errores hacia adelante, y sistema de descodificación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.03.2020

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen Guangdong 518129, CN**

72 Inventor/es:

**LU, YUCHUN;
LI, LIANG;
ZHAI, SUPING y
ZANG, DAJUN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 750 999 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y aparato para determinar límites de trama de corrección de errores hacia adelante, y sistema de descodificación

Campo técnico

- 5 Realizaciones de la presente invención se refieren al campo de las comunicaciones, y, más específicamente, a un método y un aparato para determinar un límite de una trama de corrección de errores hacia adelante (límite de trama de corrección de errores hacia adelante), y a un sistema de descodificación.

Antecedentes

- 10 A medida que aumenta continuamente la velocidad de los enlaces de comunicaciones de alta velocidad, se potencian gradualmente diversos efectos dañinos de los canales, lo cual provoca la reducción de la relación señal/ruido. Para mejorar el rendimiento en cuanto a errores de bit en el caso de una relación señal/ruido baja, la tecnología de corrección de errores hacia adelante (Corrección de Errores hacia Adelante, FEC) se ha convertido gradualmente en una tecnología preceptiva durante un proceso de implementación de un enlace de comunicaciones de alta velocidad. Entre los numerosos códigos de FEC, se aplican ampliamente el código de Reed Solomon (Reed Solomon, RS) y el código de Bose-Chaudhuri-Hocquenghem (Bose-Chaudhuri-Hocquenghem, BCH) debido a ventajas tales como una alta ganancia, una implementación sencilla, y una cantidad reducida de recursos ocupados. El código de RS ha sido optado por la G.709 del Sector de Normalización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (Sector de Normalización de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, ITU-T) y la 802.3bj del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE). El código de BCH es una opción popular de código de FEC en un proyecto de norma actual de Ethernet 400G. Además, la aplicación del código de RS y el código de BCH es también importante en un enlace de cable de cobre/placa madre de conexiones (*backplane*) de alta velocidad con una velocidad de 25 Gbps o superior.

- 25 Durante los procesos de codificación y descodificación de un código de RS y un código de BCH, como unidad a procesar se usa una trama de datos. En el lado de recepción, en primer lugar es necesario determinar un límite de trama de FEC en un flujo continuo de datos antes de la descodificación. En la técnica anterior, existen dos métodos comunes para determinar un límite de trama de FEC. Uno de los métodos consiste en que, en el lado de transmisión, se añaden periódicamente marcadores especiales de alineación a un flujo continuo de datos, y, en el lado de recepción, se determina un límite de trama de FEC usando estos marcadores de alineación. Este método hace que aumente la información redundante, consume más recursos del circuito e incrementa la velocidad de bits. Además, para controlar la información redundante dentro de unos márgenes particulares, es necesario aumentar el intervalo de tiempo entre dos marcadores de alineación insertados, lo cual significa que la determinación de un límite de trama de FEC requiere consumir más tiempo.

- 35 El otro método consiste en que un circuito lógico, en el lado de recepción, busca en un flujo continuo de datos una trama de FEC usando una propiedad de un código de FEC, para implementar la determinación de un límite de trama de FEC. Tal como se muestra en la FIG. 1, en este método, se considera en primer lugar que un primer bloque de datos es una trama de FEC. Una posición de inicio del primer bloque de datos es un primer símbolo (cada símbolo incluye un bit), y la longitud del primer bloque de datos es igual a la longitud de una trama de FEC. En el lado de recepción, el primer bloque de datos se envía a un descodificador, y se analiza si una propiedad del primer bloque de datos concuerda con una propiedad de una trama de FEC. Si la propiedad del primer bloque de datos concuerda con la propiedad de la trama de FEC, se determina que el primer símbolo es un límite de trama de FEC. Si la propiedad del primer bloque de datos no concuerda con la propiedad de la trama de FEC, se analiza adicionalmente si una propiedad de un segundo bloque de datos concuerda con la propiedad de la trama de FEC. Una posición de inicio del segundo bloque de datos es un segundo símbolo, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es $N+1$ símbolos, donde N es la cantidad de símbolos incluidos en una trama de FEC. Durante un proceso de funcionamiento real, puede que resulte necesario descartar el segundo bloque de datos y determinar si un tercer símbolo es un límite de trama de FEC. El tercer símbolo de una posición de inicio de un tercer bloque de datos. El desplazamiento del tercer símbolo con respecto al segundo símbolo es N símbolos. En el peor de los casos de este método, es necesario comprobar N bloques de datos, y es necesario recibir datos de una longitud de dos tramas cada vez que se realiza una comprobación. Por lo tanto, en el peor de los casos, es necesario recibir datos de $2 \times N \times N$ símbolos, y, por lo tanto, el proceso de determinación de un límite de trama de FEC consume un tiempo relativamente prolongado, y la eficiencia es relativamente baja.

- 55 La presente invención proporciona un método para determinar un límite de trama que es aplicable a un enlace de comunicaciones en el cual se adoptan códigos FEC de RS y BCH, lo cual puede hacer que mejore significativamente la eficiencia en la determinación de un límite de trama de FEC. La publicación de solicitud de patente de Estados Unidos n.º 2011/296282 da a conocer un método y un aparato para detectar un límite de trama para un flujo continuo de datos recibido en una capa de FEC de Ethernet, así como un método y un sistema de descodificación.

Sumario

Realizaciones de la presente invención proporcionan un método y un aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC, y un sistema de descodificación, los cuales pueden hacer que mejore la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC. La presente invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. En las reivindicaciones dependientes anexas se aportan detalles adicionales.

Breve descripción de los dibujos

Para describir más claramente las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención, lo siguiente describe brevemente los dibujos adjuntos requeridos para describir las realizaciones de la presente invención o la técnica anterior. Aparentemente, los dibujos adjuntos en la siguiente descripción muestran meramente algunas realizaciones de la presente invención, y aquellos con conocimientos habituales en la materia pueden todavía obtener otros dibujos a partir de estos dibujos adjuntos sin esfuerzos de carácter creativo.

La FIG. 1 es un diagrama esquemático de un método para determinar un límite de trama de una trama de FEC según la técnica anterior;

la FIG. 2 es un diagrama de flujo esquemático de un método para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención;

la FIG. 3 es un diagrama esquemático de un primer bloque de datos y un segundo bloque de datos en un método para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención;

la FIG. 4 es un diagrama esquemático de un ejemplo de un método para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención;

la FIG. 5 es un diagrama de bloques esquemático de un aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención;

la FIG. 6 es un diagrama esquemático de un ejemplo de un aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención;

la FIG. 7 es un diagrama de bloques esquemático de un sistema de descodificación según una realización de la presente invención;

la FIG. 8 es un diagrama esquemático de un ejemplo de un sistema de descodificación según una realización de la presente invención;

la FIG. 9 es un diagrama esquemático de otro ejemplo de un sistema de descodificación según una realización de la presente invención; y

la FIG. 10 es un diagrama esquemático de todavía otro ejemplo de un sistema de descodificación según una realización de la presente invención.

Descripción de realizaciones

Lo siguiente describe de manera clara y completa las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente invención en referencia a los dibujos adjuntos en las realizaciones de la presente invención. Aparentemente, las realizaciones descritas no son más que algunas de las realizaciones de la presente invención.

Debe entenderse que las soluciones técnicas de las realizaciones de la presente invención se pueden aplicar a un sistema de comunicaciones. El sistema de comunicaciones puede ser un Sistema Global para Comunicaciones Móviles (Sistema Global de Comunicación Móvil, GSM), un sistema de Acceso Múltiple por División de Código (Acceso Múltiple por División de Código, CDMA), un sistema de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha, WCDMA), un servicio general de radiocomunicaciones por paquetes (Servicio General de Radiocomunicaciones por Paquetes, GPRS), un sistema de Evolución de Largo Plazo (Evolución de Largo Plazo, LTE), un sistema dúplex por división de frecuencia (Dúplex por División de Frecuencia, FDD) de LTE, un sistema dúplex por división de tiempo (Dúplex por División de Tiempo, TDD) de LTE, un Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles, UMTS), o un Sistema de Comunicaciones de Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas (Interoperabilidad Mundial para Acceso por Microondas, WIMAX).

Debe entenderse que un método y un aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC, y un sistema de descodificación de acuerdo con la presente solicitud son aplicables principalmente a un escenario en el cual se lleva a cabo una corrección de errores hacia adelante usando un código de RS o un código de BCH, tal como un enlace de placa madre de conexiones de alta velocidad, una interfaz de Ethernet, una interfaz de red óptica, una interfaz aérea en una comunicación inalámbrica, o una interfaz de datos de un dispositivo de almacenamiento en los cuales se lleva a cabo una corrección de errores hacia adelante usando un código de RS o

un código de BCH. En la presente solicitud, la definición de límite de trama de una trama de FEC es la misma que la definición de un límite de trama de FEC. En la presente solicitud, símbolos consecutivos se refieren a símbolos enviados de manera continua o símbolos recibidos de manera continua. Por ejemplo, un transmisor puede enviar continuamente una pluralidad de símbolos a través de una interfaz serie. Un receptor puede recibir continuamente una pluralidad de símbolos a través de una interfaz serie. En la presente solicitud, que unos primeros datos sean adyacentes a unos segundos datos se refiere a que, si el momento en el que se reciben los primeros datos es posterior al momento en el que se reciben los segundos datos, un último símbolo recibido de los segundos datos y un primer símbolo recibido de los primeros datos son dos símbolos consecutivos, o si el momento en el que se reciben los primeros datos es anterior al momento en el que se reciben los segundos datos, un último símbolo recibido de los primeros datos y un primer símbolo recibido de los segundos datos son dos símbolos consecutivos. Por ejemplo, que datos nuevos sean adyacentes a N+P símbolos consecutivos y que se reciban después de los N+P símbolos consecutivos se refiere a que un último símbolo recibido de los N+P símbolos consecutivos y un primer símbolo recibido de los datos nuevos son dos símbolos consecutivos.

La FIG. 2 es un diagrama de flujo esquemático de un método 100 para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención. El método 100 se puede ejecutar mediante cualquier aparato que tenga una función de determinar un límite de trama de una trama de corrección de errores hacia adelante FEC. Por ejemplo, el método 100 puede ser ejecutado por un circuito de determinación de límites de trama, el cual no está limitado en esta realización de la presente invención.

S110. El circuito de determinación de límites de trama recibe datos, donde los datos incluyen N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos incluidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, siendo el primer símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, siendo un segundo símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos.

En esta realización de la presente invención, una trama de FEC incluye N símbolos, y cada símbolo incluye m bits. Por lo tanto, la cantidad de bits incluidos en una trama de FEC es $B = Nxm$. Para un código de RS, m es un entero mayor que 1. Para un código de BCH, $m = 1$, es decir, un símbolo incluye un bit. Por lo tanto, para un código de BCH, un símbolo en la siguiente descripción es equivalente a un bit.

En esta realización de la presente invención, P puede ser un entero positivo superior o igual a 1. Por ejemplo, P es la cantidad de valores de parámetros que puede admitir un canal de datos de un código de FEC, P se puede usar para indicar un grado de paralelismo del códec de FEC.

Para determinar si un símbolo es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama puede considerar que un bloque de datos con el símbolo que es un punto de inicio, y el cual incluye N símbolos consecutivos, es una trama de FEC. Determinando si un valor de parámetro del bloque de datos coincide con un valor de parámetro de una trama de FEC, se determina si el bloque de datos es una trama de FEC y si el símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Específicamente, si una propiedad de bloque de datos coincide con una propiedad de una trama de FEC, el bloque de datos es una trama de FEC, y el símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Si la propiedad del bloque de datos no coincide con una propiedad de una trama de FEC, el bloque de datos no es una trama de FEC, y el símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC.

El circuito de determinación de límites de trama puede recibir datos que incluyen una trama de FEC. Específicamente, el circuito de determinación de límites de trama puede recibir datos en una unidad de un periodo de reloj del circuito de determinación de límites de trama. Específicamente, en cada periodo de reloj se reciben P símbolos consecutivos, donde $Q = N/P$. Opcionalmente, el circuito de determinación de límites de trama puede llevar a cabo la recepción durante Q+1 veces para obtener los N+P símbolos consecutivos con el primer símbolo que es el punto de inicio. Tal como se muestra en la FIG. 3, los N+P símbolos consecutivos incluyen P primeros símbolos consecutivos, (N-P) símbolos consecutivos adyacentes a los P primeros símbolos consecutivos, y P últimos símbolos consecutivos. Los P primeros símbolos consecutivos y los (N-P) símbolos consecutivos constituyen el primer bloque de datos. Los (N-P) símbolos consecutivos y los últimos P símbolos consecutivos constituyen el segundo bloque de datos. Es decir, los primeros N símbolos consecutivos de los (N+P) símbolos consecutivos constituyen el primer bloque de datos, y los últimos N símbolos consecutivos de los (N+P) símbolos consecutivos constituyen el segundo bloque de datos. En este caso, el desplazamiento del segundo bloque de datos con respecto al primer bloque de datos es P símbolos.

La FIG. 4 se usa como ejemplo. En primer lugar, el circuito de determinación de límites de trama puede llevar a cabo la recepción durante Q veces para obtener N símbolos consecutivos r_{N-1} a r_0 . El circuito de determinación de límites de trama puede recibir P símbolos consecutivos en una columna en cada periodo de reloj y recibir, sucesivamente, los N símbolos consecutivos en orden ascendente de un número de columna de una tabla que se muestra en la FIG. 4. Es decir, en primer lugar se reciben los símbolos r_{N-1} a r_{N-P} de la primera columna, y por último se reciben los símbolos r_{P-1} a r_0 de la columna Q^{ésima}. Los N símbolos consecutivos r_{N-1} a r_0 constituyen el primer bloque de datos. En este caso, el primer símbolo es específicamente un símbolo r_{N-1} . A continuación, el circuito de determinación de

límites de trama puede recibir P símbolos consecutivos r_{-1} a r_{-P} . El circuito de determinación de límites de trama recibe $N+P$ símbolos consecutivos, y los últimos N símbolos consecutivos r_{N-P-1} a r_{-P} de los $N+P$ símbolos consecutivos constituyen el segundo bloque de datos. En este caso, el segundo símbolo es específicamente un símbolo r_{N-P-1} . Para facilitar la descripción, el primer bloque de datos puede considerarse como un bloque de datos previo del segundo bloque de datos. El segundo bloque de datos puede considerarse como un bloque de datos sucesivo del primer bloque de datos. En esta realización de la presente invención, la relación de posiciones entre cualquier bloque de datos y un bloque de datos previo o un bloque de datos sucesivo del bloque de datos es similar a la relación de posiciones entre el primer bloque de datos y el segundo bloque de datos. Es decir, un símbolo de inicio de cualquier bloque de datos tiene un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto a un símbolo de inicio de un bloque de datos previo del bloque de datos.

En esta realización de la presente invención, para determinar un límite de trama de una trama de FEC, se lleva a cabo un desplazamiento en una unidad de P símbolos. Específicamente, en primer lugar el circuito de determinación de límites de trama puede determinar si un símbolo de inicio (es decir, el primer símbolo) del primer bloque de datos es un límite de trama de una trama de FEC, y, cuando determinar que el primer símbolo no un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama determina si un símbolo de inicio (es decir, el segundo símbolo) del segundo bloque de datos es un límite de trama de una trama de FEC. Opcionalmente, el primer símbolo puede ser el primer símbolo a detectar en los datos, es decir, los datos no incluyen un bloque de datos previo del primer bloque de datos; o el primer símbolo puede ser un símbolo a detectar central en los datos, es decir, los datos incluyen un bloque de datos previo del primer bloque de datos, que, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones. A partir de lo anterior puede deducirse en esta realización de la presente invención que el grado de paralelismo de la determinación de un límite de trama de una trama de FEC es Q , que indica la cantidad de símbolos que se pueden detectar en datos de una longitud de dos tramas de FEC.

S120. Obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos.

Los s valores de parámetros son s valores de un factor de corrección o s valores de un factor de verificación, y s es un entero superior o igual a 1. Si los s valores de parámetros son los s del factor de verificación, $s = 1$; si los s valores de parámetros son los s valores del factor de corrección, s puede ser un entero inferior o igual a $2t$, donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se pueden corregir en una trama de FEC. En general, un valor mayor de s indica una mayor precisión de un límite de trama determinado pero más recursos de circuito consumidos. Por lo tanto, el valor de s se puede determinar en función del requisito de precisión concreto y del consumo de recursos concreto, por ejemplo, $s = P$, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

El circuito de determinación de límites de trama puede determinar los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos de diversas maneras. En una realización opcional, cuando se determina si el primer símbolo es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, donde el circuito de determinación de límites de trama puede determinar los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos de diversas maneras. Opcionalmente, si los datos no incluyen el bloque de datos previo del primer bloque de datos, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar, de acuerdo con los N símbolos consecutivos incluidos en el primer bloque de datos, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos; si los datos incluyen el bloque de datos previo del primer bloque de datos, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar, de acuerdo con s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos previo del primer bloque de datos, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones. Después de determinar los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, el circuito de determinación de límites de trama puede almacenar, en una memoria, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos. De forma correspondiente, cuando se determina si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama puede obtener, a partir de la memoria, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

S130. Determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos.

Sigue usándose la FIG. 4 como ejemplo. El primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se puede obtener de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos (es decir, los símbolos r_{N-1} a r_{N-P} de los símbolos r_{N-1} a r_0 (es decir, el primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se puede obtener de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos (los símbolos r_{-1} a r_{-P}) de los símbolos r_{N-P-1} a r_{-P} (es decir, el segundo bloque de datos).

S140. Determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos.

Los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos pueden ser s valores de un factor de corrección o s valores de un factor de verificación. Si los s valores de parámetros son los s valores del factor de corrección, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar, de acuerdo con los s valores del factor de corrección correspondientes al primer bloque de datos y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos.

Si los s valores de parámetros son los s valores del factor de verificación, $s = 1$, y el circuito de determinación de límites de trama puede determinar, de acuerdo con un valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, un valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos.

S150. Determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

Por lo tanto, de acuerdo con el método para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para $2N$ símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los $2N$ símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, mejorando así la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC.

En esta realización de la presente invención, el valor j ésimo S_i de un factor de corrección de un código de RS y un código de BCH se puede determinar usando la siguiente fórmula:

$$S_i = r(x) \Big|_{x=\alpha_i} \quad (1)$$

El valor de un factor de verificación R de un código de RS y un código de BCH se determina usando la siguiente fórmula:

$$R = r(x) \bmod g(x) \quad (2), \text{ donde:}$$

$g(x)$ es un polinomio generador del código de RS y el código de BCH, y $r(x)$ es una palabra de código polinómica, que se pueden indicar, respectivamente, usando la fórmula (3) y la fórmula (4):

$$g(x) = \prod_{i=0}^{2t-1} (x - \alpha_i) \quad (3), \text{ y}$$

$$r(x) = q(x) \times g(x) + e(x) \quad (4), \text{ donde:}$$

α^i es la raíz i ésima del polinomio generador, $1 \leq i \leq 2xt$, $e(x)$ es un polinomio de error, y cuando una palabra de código recibida es una trama de FEC válida, $e(x) = 0$.

A partir de la fórmula (1) y la fórmula (2) puede deducirse que si un bloque de datos es una trama de FEC válida, $2t$ valores de un factor de corrección son todos ellos 0, y el valor de un factor de verificación es 0. En esta realización de la presente invención, puede determinarse, usando esta propiedad, si el segundo bloque de datos es una trama de FEC verdadera, con lo cual se determina si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

Opcionalmente, en S150, la determinación, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, de si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC incluye:

si los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC.

Específicamente, si los s valores de parámetros son los s valores del factor de corrección, un valor de s puede ser un entero preestablecido inferior o igual a $2t$. En este caso, si los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar que el segundo bloque de datos es una trama de FEC verdadera, y el segundo símbolo es un límite de trama de una

trama de FEC. Por el contrario, si por lo menos uno de los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos no es 0, se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC. Si los s valores de parámetros son los s valores del factor de verificación, s = 1. En este caso, si el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos es 0, se determina que el segundo bloque de datos es una trama de FEC verdadera, y el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Por el contrario, si el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos no es 0, se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC. Alternativamente, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar simultáneamente los s valores del factor de corrección y el valor del factor de verificación que se corresponden con el segundo bloque de datos, y se determina que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC únicamente cuando los s valores del factor de corrección y el valor del factor de verificación que se corresponden con el segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, lo cual no presenta limitaciones en esta realización de la presente invención.

La FIG. 4 sigue usándose como ejemplo. Puede deducirse, a partir de las fórmulas (1) a (4), que existe la siguiente relación entre un valor de S_i correspondiente al segundo bloque de datos y un valor de S_i correspondiente al primer bloque de datos:

$$S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_{1,i} \times (\alpha_i)^N + H_{2,i} \quad (5), \text{ donde:}$$

$1 \leq i \leq s$, $S_{actual,i}$ es el valor i ésimo del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, $S_{previo,i}$ es el valor i ésimo del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, $H_{1,i}$ es el valor i ésimo del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos y se determina usando la fórmula (6), y $H_{2,i}$ es el valor i ésimo del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos y se determina usando la fórmula (7).

$$H_{1,i} = \sum_{k=N-P}^{N-1} r_k \times (\alpha_i)^{k-(N-P)} \quad (6), \text{ y}$$

$$H_{2,i} = \sum_{k=-P}^{-1} r_k \times (\alpha_i)^{k+P} \quad (7), \text{ donde:}$$

r_k indica un símbolo cuyo número de secuencia es k. Puede deducirse a partir de la fórmula (6) que el valor de $H_{1,i}$ depende de los primeros P símbolos consecutivos (los símbolos r_{N-1} a r_{N-P}) del primer bloque de datos, donde el símbolo r_{N-1} es el símbolo 0ésimo de los P símbolos consecutivos, el símbolo r_{N-P} es el símbolo (P-1)ésimo de los P símbolos consecutivos, y el resto se puede deducir por analogía. Puede deducirse a partir de la fórmula (7) que el valor de $H_{2,i}$ depende de los últimos P símbolos consecutivos (es decir, los símbolos r_{-1} a r_{-P}) del segundo bloque de datos, donde el símbolo r_{-1} es el símbolo 0ésimo de los P símbolos consecutivos, el símbolo r_{-P} es el símbolo (P-1)ésimo de los P símbolos consecutivos, y el resto se puede deducir por analogía.

De manera similar, puede deducirse a partir de las fórmulas (1) a (4) que existe la siguiente relación entre un valor de R correspondiente al segundo bloque de datos y un valor de R correspondiente al primer bloque de datos:

$$R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \text{mod}_q(x) + (H_{1R} \times x^P) \text{mod}_q(x) + (H_{2R} \times x^P) \text{mod}_q(x) \quad (8),$$

donde:

R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, R_{previo} es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, H_{1R} es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos y se determina usando la fórmula (9), y H_{2R} es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos y se determina usando la fórmula (10).

$$H_{1R} = \sum_{k=N-P}^{N-1} r_k \times x^k \quad (9), \text{ y}$$

$$H_{2R} = \sum_{k=-P}^{-1} r_k \times x^k \quad (10), \text{ donde:}$$

el valor de H_{1R} depende de los primeros P símbolos consecutivos (es decir, los símbolos r_{N-1} a r_{N-P}) del primer bloque de datos, y el valor de H_{2R} depende de los últimos P símbolos consecutivos (es decir, los símbolos r_{-1} a r_{-P}) del segundo bloque de datos.

Puede deducirse a partir de lo anterior que, opcionalmente, los s valores de parámetros correspondientes al primer

bloque de datos son los s valores del factor de corrección, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de corrección, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se pueden determinar usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j \quad (11), \text{ donde:}$$

5 a es una constante, y r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos.

10 El primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se puede obtener sustituyendo los primeros P símbolos consecutivos del primer bloque de datos en la fórmula H(a), y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se puede obtener sustituyendo los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos en la fórmula H(a).

15 Específicamente, los primeros P símbolos consecutivos o los últimos P símbolos consecutivos se pueden ordenar de acuerdo con la secuencia temporal de recepción, de manera que los primeros P símbolos consecutivos o los últimos P símbolos consecutivos son sucesivamente el símbolo 0^{ésimo} al símbolo (P-1)^{ésimo}, donde el símbolo 0^{ésimo} de los primeros P símbolos o los últimos P símbolos se recibe en primer lugar, y el símbolo (P-1)^{ésimo} de los primeros P símbolos o los últimos P símbolos se recibe en último lugar, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

20 Opcionalmente, en otra realización, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de verificación, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de verificación, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^{n(j)} \quad (12), \text{ donde:}$$

a es una variable, r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos, y n(j) indica un número de secuencia del símbolo j^{ésimo}.

25 En este caso, a puede ser específicamente x en un polinomio generador g(x). La FIG. 4 se usa como ejemplo. Los primeros P símbolos consecutivos (r_{N-1} a r_{N-P}) del primer bloque de datos se pueden ordenar de acuerdo con la secuencia temporal de recepción, donde el símbolo r_{N-1} es el símbolo 0^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos, es decir, un número de secuencia del símbolo 0^{ésimo} es N-1; el símbolo r_{N-P} es el símbolo (P-1)^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos, es decir, el número de secuencia del símbolo (P-1)^{ésimo} es N-P; y el resto se puede deducir por analogía, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

30 Opcionalmente, en otra realización, si los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de corrección, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de corrección, 1 < s ≤ 2xt, donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se puede corregir en una trama de FEC, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo incluyen, cada uno de ellos, s valores. De manera correspondiente, los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_1(\alpha_i) \times (\alpha_i)^N + H_2(\alpha_i) \quad 1 \leq i \leq s \quad (13), \text{ donde:}$$

40 S_{actual,i} es el valor i^{ésimo} del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, S_{previo,i} es el valor i^{ésimo} del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, H₁(α_i) es el valor i^{ésimo} del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, H₂(α_i) es el valor i^{ésimo} del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y α_i es la raíz i^{ésima} de un polinomio generador de un código de FEC.

En este caso, los valores de H₁(α_i) y H₂(α_i) se pueden determinar usando la fórmula (11). Por ejemplo, los valores de H₁(α_i) y H₂(α_i) se pueden determinar, respectivamente, usando la fórmula (6) y la fórmula (7). El código de FEC puede hacer referencia a un código de FEC incluido en una trama de FEC.

45 Opcionalmente, en otra realización, si los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de verificación, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de verificación, s = 1, y el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos se determina usando la siguiente fórmula:

$$R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \bmod g(x) + (H_1(x) \times x^P) \bmod g(x) + (H_2(x) \times x^P) \bmod g(x) \quad (14)$$

donde:

5 R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, R_{previo} es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(x)$ es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(x)$ es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y $g(x)$ es un polinomio generador de un código de FEC.

10 En este caso, los valores de $H_1(x)$ y $H_2(x)$ se pueden determinar usando la fórmula (12). Por ejemplo, los valores de $H_1(x)$ y $H_2(x)$ se pueden determinar, respectivamente, usando la fórmula (9) y la fórmula (10). El código de FEC puede hacer referencia a un código de FEC incluido en una trama de FEC.

15 En esta realización de la presente invención, en S130, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de diversas maneras. Opcionalmente, el circuito de determinación de límites de trama puede almacenar los primeros P símbolos consecutivos del primer bloque de datos en la memoria de antemano. De forma correspondiente, cuando se calculan los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, el circuito de determinación de límites de trama puede obtener los primeros P símbolos consecutivos del primer bloque de datos a partir de la memoria, y sustituir los primeros P símbolos consecutivos en la fórmula (6) ó (9) para obtener el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos. De forma correspondiente, el circuito de determinación de límites de trama también puede almacenar los primeros P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos en una primera área de almacenamiento preestablecida de antemano, de manera que cuando se detecta un bloque de datos sucesivo, el circuito de determinación de límites de trama obtiene los primeros P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos a partir de la primera área de almacenamiento preestablecida, y determinar un primer elemento iterativo del siguiente bloque de datos de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

25 Opcionalmente, en otra realización, el circuito de determinación de límites de trama puede calcular el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de antemano de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y almacenar el primer elemento iterativo en la memoria. De forma correspondiente, cuando se detecta el segundo bloque de datos, el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene a partir de la memoria, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

30 En S130, la determinación de un primer elemento iterativo del segundo bloque de datos incluye:

obtener los primeros P símbolos consecutivos del primer bloque de datos a partir de la primera área de almacenamiento preestablecida, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula $H(a)$; u

35 obtener el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos a partir de una segunda área de almacenamiento preestablecida.

Opcionalmente, en otra realización, el método 100 incluye además:

40 sustituir los P primeros símbolos consecutivos del segundo bloque de datos en la fórmula $H(a)$, y obtener un primer elemento iterativo de un bloque de datos sucesivo del segundo bloque de datos, donde el desplazamiento de un símbolo de inicio del siguiente bloque de datos con respecto al segundo símbolo es P símbolos, y el símbolo de inicio del siguiente bloque de datos pertenece al segundo bloque de datos; y

almacenar el primer elemento iterativo del siguiente bloque de datos en la segunda área de almacenamiento preestablecida.

45 De esta manera, cuando se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar el siguiente bloque de datos del segundo bloque de datos y obtener el primer elemento iterativo del siguiente bloque de datos a partir de la segunda área de almacenamiento preestablecida de la memoria, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

50 Opcionalmente, en otra realización, después de determinar los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, el circuito de determinación de límites de trama puede almacenar además, en la memoria, los s valores de parámetros correspondientes el segundo bloque de datos, de manera que, cuando se detecta el siguiente bloque de datos del segundo bloque de datos, el circuito de determinación de límites de trama puede obtener, de la memoria, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al siguiente bloque de datos, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta

limitaciones.

Opcionalmente, en otra realización, el método 100 incluye además:

5 si la cantidad de símbolos incluidos en los datos es menor que $2N$, recibir datos nuevos, donde los datos nuevos incluyen P símbolos consecutivos, los datos nuevos son adyacentes a los $N+P$ símbolos consecutivos y se reciben después de los $N+P$ símbolos consecutivos, N símbolos consecutivos con un tercer símbolo en el segundo bloque de datos que es un punto de inicio constituyen un tercer bloque de datos, y el desplazamiento del tercer símbolo con respecto al segundo símbolo es P símbolos;

10 si se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos, donde el primer elemento iterativo del tercer bloque de datos se obtiene de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P símbolos consecutivos incluidos en los datos nuevos;

15 determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al tercer bloque de datos; y

determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al tercer bloque de datos, si el tercer símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

20 Si la cantidad de los símbolos incluidos en los datos es menor que $2N$, el circuito de determinación de límites de trama puede continuar con la recepción de P símbolos consecutivos, y aplicar, en una unidad de P símbolos, un deslizamiento sobre un bloque de datos que esté siendo detectado, donde el tercer bloque de datos es el siguiente bloque de datos del segundo bloque de datos. La relación de posiciones entre el tercer bloque de datos y el segundo bloque de datos es similar a la relación de posiciones entre el segundo bloque de datos y el primer bloque de datos, y, por motivos de brevedad, no se describen de nuevo los detalles en la presente. El procedimiento de procesado del tercer bloque de datos por parte del circuito de determinación de límites de trama es similar a las etapas S120 a S140, y, por motivos de brevedad, no se describen nuevamente los detalles en la presente.

25 Opcionalmente, en otra realización, si cada símbolo incluye una pluralidad de bits, o P es un entero mayor que 1, el método 100 puede incluir además:

30 si la cantidad de símbolos incluidos en los datos es igual a $2N$, recibir nuevos datos, donde los datos nuevos incluyen un cuarto bloque de datos, el cuarto bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un cuarto símbolo que es un punto de inicio, los datos nuevos no son adyacentes a los $N+P$ símbolos consecutivos y se reciben después de los $N+P$ símbolos consecutivos, el desplazamiento de un bit de inicio del cuarto símbolo con respecto a un bit de inicio n_1 del segundo símbolo es L símbolos, $L \bmod m \neq 0$, ó $L \bmod m = 0$ y $L \bmod P \neq 0$, \bmod indica una operación de módulo, y m es la cantidad de bits incluidos en un símbolo;

35 si se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, determinar, de acuerdo con los N símbolos consecutivos incluidos en el cuarto bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al cuarto bloque de datos; y

determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al cuarto bloque de datos, si el cuarto símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

40 Si la cantidad de los símbolos incluidos en los datos es igual a $2N$, y los N símbolos consecutivos del segundo bloque de datos son los últimos N símbolos consecutivos de los datos, el circuito de determinación de límites de trama ha completado la detección de Q símbolos en los $2N$ símbolos, donde el desplazamiento entre dos símbolos adyacentes cualesquiera en los Q símbolos detectados es P símbolos, en este caso, el circuito de determinación de límites de trama puede continuar con la recepción de $2N$ símbolos, y ejecutar un procedimiento similar para detectar Q símbolos en los $2N$ símbolos recién recibidos, donde el desplazamiento entre dos símbolos adyacentes cualesquiera en los Q símbolos a detectar es P símbolos. Para evitar una detección repetitiva sobre un mismo símbolo o bit, el circuito de determinación de límites de trama puede permitir que posiciones de los Q símbolos a detectar en los $2N$ símbolos recién recibidos se deslicen en uno o más símbolos con respecto a posiciones de los Q símbolos detectados en los $2N$ símbolos originales, es decir, una posición del símbolo a detectar $i^{\text{ésimo}}$ en los $2N$ símbolos recién recibidos se desliza en uno o más símbolos con respecto a una posición del símbolo detectado $i^{\text{ésimo}}$ en los $2N$ símbolos originales, donde $1 \leq i \leq Q$. Alternativamente, las posiciones de los Q símbolos a detectar en los $2N$ símbolos recién recibidos son iguales a las posiciones de los Q símbolos detectados en los $2N$ símbolos originales, pero un bit de inicio de los Q símbolos a detectar se desliza en uno o más bits con respecto a un bit de inicio de los Q símbolos detectados, es decir, el desplazamiento de un bit de inicio del símbolo a detectar $i^{\text{ésimo}}$ con respecto a un bit de inicio del símbolo detectado $i^{\text{ésimo}}$ no es un entero múltiplo de m , donde m es la cantidad de bits incluidos en cada símbolo, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

De acuerdo con el método y el aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC que se

proporcionan en la presente invención, durante un proceso de determinación de un límite de trama de una trama de FEC, es necesario recibir datos de un máximo de $2 \times N \times m^2 \times P$ bits (es decir, se requiere en total un número de $N \times m$ veces de detección), lo cual puede hacer que aumente la velocidad de localización de una trama de FEC en Q veces en comparación con la técnica anterior. Como ejemplo se usa un código de RS ($N = 528$, $k = 514$, $m = 10$) en el cual $P = 4$. De acuerdo con el método para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, en el peor de los casos, es necesario recibir datos de $20 \times 5.280 \times 4$ bits, y el retardo a una velocidad de transmisión de 25 G es aproximadamente 16,4 μ s. No obstante, si se usa la solución de la técnica anterior, el tiempo de sincronización requerido es aproximadamente $2 \times 5.280 \times 5.280$ bits, y el retardo a la velocidad de transmisión de 25 G es aproximadamente 2,2 ms.

Por lo tanto, de acuerdo con el método para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para cada $2N$ símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los $2N$ símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se incrementa la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

A continuación, se describe detalladamente en referencia a la FIG. 4 un método para determinar un límite de trama de una trama de FEC de acuerdo con una realización de la presente invención. En primer lugar, un circuito de determinación de límites de trama puede recibir N símbolos consecutivos r_{N-1} a r_0 con el símbolo r_{N-1} (al que, en lo sucesivo en la presente se hará referencia como primer símbolo a detectar) que es un punto de inicio, y los N símbolos consecutivos constituyen datos actuales y un primer bloque de datos (o un bloque de datos actual), para determinar si el primer símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC. En este caso, los datos actuales no incluyen un bloque de datos previo del primer bloque de datos; por lo tanto, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar, de acuerdo con la fórmula (1) ó (2), s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros, si el primer símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC.

Si el primer símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC, el procedimiento de determinación de un límite de trama de una trama de FEC finaliza. Si el primer símbolo a detectar no es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama puede recibir P símbolos consecutivos (símbolos r_{-1} a r_{-P}) adyacentes a los datos actuales (es decir, los N símbolos consecutivos del primer bloque de datos), y actualizar los datos actuales a $N+P$ símbolos consecutivos. A continuación, el circuito de determinación de límites de trama usa N símbolos consecutivos (símbolos r_{N-P-1} a r_{-P}) siendo el segundo símbolo a detectar (el símbolo r_{N-P-1}) un punto de inicio, como segundo bloque de datos (un bloque de datos actual nuevo), y determina si el segundo símbolo a detectar de los datos actuales nuevos es un límite de trama de una trama de FEC, donde el segundo símbolo a detectar (el símbolo r_{N-P-1}) presenta un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto al primer símbolo a detectar (el símbolo r_{N-1}). En este caso, los datos actuales nuevos incluyen un bloque de datos previo (es decir, el primer bloque de datos) del segundo bloque de datos; por lo tanto, el circuito de determinación de límites de trama puede determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos (es decir, determinar, de acuerdo con s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos previo, s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos actual), y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC.

Si el circuito de determinación de límites de trama determina que el segundo símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC, el procedimiento de determinación de un límite de trama de una trama de FEC finaliza.

Si el circuito de determinación de límites de trama determina que el segundo símbolo a detectar no es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito de determinación de límites de trama continúa con la recepción de P símbolos consecutivos adyacentes a los datos actuales nuevos (es decir, los $N+P$ símbolos consecutivos), actualiza los datos actuales a $(N+2P)$ símbolos consecutivos, usa N símbolos consecutivos (r_{N-2P-1} a r_{-2P}), con un tercer símbolo a detectar que es un punto de inicio, que están en los datos actuales nuevos como tercer bloque de datos (un bloque de datos actual nuevo, y, a continuación, determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el tercer símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC, es decir, determina, de acuerdo con s valores de parámetros correspondientes a un bloque de datos previo del bloque de datos actual nuevo, s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos actual nuevo, donde el tercer símbolo a detectar presenta un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto al segundo símbolo a detectar, y el resto se puede deducir por analogía.

El circuito de determinación de límites de trama puede repetir el anterior proceso iterativo hasta que se detecte un límite de trama de una trama de FEC o se determine que ninguno de los Q símbolos a detectar (es decir, símbolos

$r_{N-1}, r_{N-P-1}, \dots, r_{2P-1}$, y r_{P-1}) de los $2N$ símbolos consecutivos es un límite de trama de una trama de FEC. Cuando se detecta cada bloque de datos actual, el circuito de determinación de límites de trama determina que N símbolos consecutivos, con un primer símbolo que es un punto de inicio, que se encuentran en los datos actuales, son un bloque de datos actual, donde N es la cantidad de símbolos incluidos en una trama de FEC, los datos recibidos actuales incluyen un bloque de datos previo del bloque de datos actual, y el primer símbolo presenta un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto a un símbolo de inicio del bloque de datos previo, donde $1 \leq P < N$; determina s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos previo; determina un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del bloque de datos actual, donde los s valores de parámetros son s valores de un factor de corrección o s valores de un factor de verificación, el primer elemento iterativo del bloque de datos actual se obtiene de acuerdo con los primeros P símbolos del bloque de datos previo, el segundo elemento iterativo del bloque de datos actual se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos del bloque de datos actual, y $s \geq 1$; determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos previo y al primer elemento iterativo y al segundo elemento iterativo del bloque de datos actual, s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos actual; y determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al bloque de datos actual, si el primer símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

Opcionalmente, en otra realización, si el circuito de determinación de límites de trama determina que el primer símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, y la cantidad de símbolos incluidos en los datos actuales es inferior a $2N$, el circuito de determinación de límites de trama puede recibir P símbolos consecutivos adyacentes a los datos actuales, añadir los P símbolos consecutivos recién añadidos como datos actuales nuevos, y determinar que N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y que están en los datos actuales nuevos, son un bloque de datos actual nuevo, donde el segundo símbolo presenta un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto al primer símbolo.

Opcionalmente, en otra realización, en el bloque de datos actual, como punto de inicio se usa específicamente un primer bit del primer símbolo.

Si se determina que el primer símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, y los datos actuales incluyen $2N$, el circuito de determinación de límites de trama puede continuar con la recepción de N símbolos consecutivos; usar los N símbolos consecutivos recibidos de manera continua como datos actuales nuevos, donde los N símbolos consecutivos recibidos de manera continua no son adyacentes a los $2N$ símbolos; y determinar que N símbolos consecutivos, con un tercer símbolo que es un punto de inicio, y que están en los datos actuales nuevos, son un bloque de datos actual nuevo, donde un bit de inicio del primer símbolo es el primer bit, un bit de inicio del tercer símbolo es un segundo bit, y un número de secuencia n_2 del segundo bit y un número de secuencia n_1 del primer bit cumplen la siguiente condición: $(n_2 - n_1) \bmod m \neq 0$, ó si $m > 1$, y $P > 1$, $(n_2 - n_1) \bmod m = 0$, y $(n_2 - n_1) \bmod P \neq 0$, donde \bmod indica una operación de módulo, y m es la cantidad de bits incluidos en un símbolo.

Debe entenderse que, en la realización anterior, se usa, con vistas a la descripción, un ejemplo en el cual el desplazamiento relativo entre dos bloques de datos consecutivos es P símbolos y el circuito de determinación de límites de trama recibe datos en una unidad de P símbolos. No obstante, en las realizaciones de la presente invención, la cantidad de símbolos de un desplazamiento entre un primer bloque de datos y un bloque de datos posterior puede no ser igual a la cantidad de símbolos de datos recibidos cada vez, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

Por lo tanto, de acuerdo con el método para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos, con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para cada $2N$ símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los $2N$ símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se incrementa la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

Debe señalarse que el ejemplo de la FIG. 4 está destinado meramente a ayudar a una persona versada en la materia a entender mejor las realizaciones de la presente invención. Sin duda, una persona versada en la materia puede aplicar diversas modificaciones o cambios equivalentes de acuerdo con el ejemplo ilustrado en la FIG. 4.

Debe entenderse que los números de secuencia de los procesos anteriores no significan secuencias de ejecución. Las secuencias de ejecución de los procesos se determinarán de acuerdo con funciones y una lógica interna de los procesos, y no se considerarán como ninguna limitación sobre los procesos de implementación de las realizaciones de la presente invención.

En lo sucesivo se describe, de forma detallada, en referencia a la FIG. 1 a la FIG. 4, el método para determinar un límite de trama de una trama de FEC según la realización de la presente invención. A continuación se describe, en referencia a la FIG. 5 a la FIG. 10, un aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC, y un sistema de descodificación de acuerdo con las realizaciones de la presente invención.

5 La FIG. 5 muestra un aparato 200 para determinar un límite de trama de una trama de FEC según una realización de la presente invención. El aparato 200 incluye un receptor 210, un módulo de cálculo de parámetros 220, y un comparador 230. El aparato 200 se puede usar para ejecutar el método mostrado en la FIG. 2.

10 El receptor 210 está configurado para recibir datos, donde los datos incluyen N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos incluidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, con el primer símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos.

15 El módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado para: obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos recibido por el receptor 210, determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos recibido por el receptor 210, y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, donde
20 el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos.

25 El comparador 230 está configurado para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y se obtienen por medio del módulo 220 de cálculo de parámetros, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

30 Por lo tanto, de acuerdo con el aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para 2N símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los
35 2N símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se aumenta la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

40 El módulo 220 de cálculo de parámetros puede configurarse, además, para: cuando se detecta el primer bloque de datos, calcular los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos; el comparador 230 está configurado, además, para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el primer bloque de datos y determinados por el módulo 220 de cálculo de parámetros, que el primer símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC. Opcionalmente, el primer símbolo puede ser el primer símbolo a detectar en los datos, es decir, los datos actuales no incluyen un bloque de datos previo del primer bloque de datos; o el primer símbolo puede ser un símbolo a detectar central en los datos actuales, es decir, los datos actuales incluyen un
45 bloque de datos previo del primer bloque de datos, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

50 En esta realización de la presente invención, P puede ser un entero positivo superior o igual a 1. Por ejemplo, P es el grado de paralelismo de un códec de FEC, es decir, la cantidad de valores de parámetros que puede admitir un canal de datos real del códec de FEC, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones. Los s valores de parámetros pueden ser s valores de un factor de corrección o s valores de un factor de verificación. Si los s valores de parámetros son los s valores del factor de verificación, $s = 1$; si los s valores de parámetros son los s valores del factor de corrección, s puede ser inferior o igual a $2t$, donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se pueden corregir en una trama de FEC. En general, un valor mayor de s indica una mayor precisión de detección de un límite de trama aunque más recursos de circuito consumidos. Por lo tanto, el valor de s se puede
55 determinar de acuerdo con el requisito de precisión concreto y el consumo concreto de recursos, por ejemplo, $s = P$, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

Opcionalmente, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de corrección, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de corrección, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se

determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j \quad (15), \text{ donde:}$$

a es una constante, y r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos.

- 5 Opcionalmente, en otra realización, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de verificación, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de verificación, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^{n(j)} \quad (16), \text{ donde:}$$

- 10 a es una variable, r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos, y n(j) indica un número de secuencia del símbolo j^{ésimo}.

En este caso, a puede ser específicamente x en un polinomio generador g(x).

- 15 El primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se puede obtener sustituyendo los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos en la fórmula H(a), y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se puede obtener sustituyendo los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos en la fórmula H(a).

- 20 Opcionalmente, en otra realización, el aparato 200 incluye, además, una memoria. La memoria está configurada para almacenar los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos; de manera correspondiente, el módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado específicamente para: obtener los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos que están almacenados en la memoria, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula H(a); o

- 25 la memoria está configurada para almacenar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos; de manera correspondiente, el módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado específicamente para obtener el primer elemento iterativo que es del segundo bloque de datos, y que está almacenado en la memoria.

- 30 Opcionalmente, en otra realización, si el segundo símbolo no es el símbolo a detectar Q^{ésimo} de los datos actuales, la memoria puede almacenar, además, los primeros P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos, de manera que, cuando se detecte un bloque de datos sucesivo del segundo bloque de datos, se determina un primer elemento iterativo del bloque de datos sucesivo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del segundo bloque de datos.

- 35 Opcionalmente, en otra realización, el módulo 220 de cálculo de parámetros puede estar configurado, además, para sustituir los P primeros símbolos consecutivos del segundo bloque de datos en la fórmula H(a) con el fin de obtener el primer elemento iterativo del bloque de datos sucesivo del segundo bloque de datos, donde el símbolo de inicio del bloque de datos sucesivo tiene un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto al segundo símbolo. De manera correspondiente, la memoria está configurada, además, para almacenar el primer elemento iterativo, es decir, del bloque de datos sucesivo del segundo bloque de datos y se obtiene por medio del módulo 220 de cálculo de parámetros. De esta manera, cuando se detecta el bloque de datos sucesivo del segundo bloque de datos, el módulo 220 de cálculo de parámetros puede obtener el primer elemento iterativo que es del siguiente bloque de datos y se almacena en la memoria.

- 40 En esta realización de la presente invención, la memoria se puede implementar, específicamente, en forma de un registro o una memoria estática de acceso aleatorio (Memoria de Acceso Aleatorio, RAM). Por ejemplo, el aparato 200 para determinar un límite de trama de una trama de FEC puede incluir tanto un registro como una RAM estática, donde el registro está configurado para registrar los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, o está configurado, además, para registrar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, y la RAM estática está configurada para almacenar datos actuales, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

- 50 Opcionalmente, en otra realización, si los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de corrección, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de corrección, $1 < s \leq 2xt$, donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se pueden corregir en una trama de FEC, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo incluyen, cada uno de ellos, s valores.

De manera correspondiente, el módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado específicamente para determinar, de acuerdo con la siguiente fórmula, los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos:

$$S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_1(\alpha_i) \times (\alpha_i)^N + H_2(\alpha_i) \quad 1 \leq i \leq s \quad (17), \text{ donde:}$$

- 5 $S_{actual,i}$ es el valor i ésimo del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, $S_{previo,i}$ es el valor i ésimo del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(\alpha_i)$ es el valor i ésimo del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(\alpha_i)$ es el valor i ésimo del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y α_i es la raíz i ésima de un polinomio generador de un código de FEC.

10 En este caso, los valores del primer elemento iterativo y del segundo elemento iterativo se pueden determinar usando la fórmula (15).

Opcionalmente, en otra realización, si los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de verificación, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de verificación, $s = 1$, y el módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado específicamente para determinar, de acuerdo con la siguiente fórmula, el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos:

$$R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \bmod g(x) + (H_1(x) \times x^P) \bmod g(x) + (H_2(x) \times x^P) \bmod g(x) \quad (18)$$

donde:

20 R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, $R_{último}$ es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(x)$ es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(x)$ es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y $g(x)$ es un polinomio generador de un código de FEC.

En este caso, los valores del primer elemento iterativo y del segundo elemento iterativo se pueden determinar usando la fórmula (16).

Opcionalmente, en otra realización, el comparador 230 está configurado, específicamente, para:

- 25 si los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por el módulo 220 de cálculo de parámetros son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

30 si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por el módulo 220 de cálculo de parámetros no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC.

Opcionalmente, en otra realización, el receptor 210 está configurado, además, para: si la cantidad de símbolos incluidos en los datos es menor que $2N$, recibir datos nuevos, donde los datos nuevos incluyen P símbolos consecutivos, los datos nuevos son adyacentes a los $N+P$ símbolos consecutivos y se reciben después de los $N+P$ símbolos consecutivos, N símbolos consecutivos, con un tercer símbolo del segundo bloque de datos que es un punto de inicio, constituyen un tercer bloque de datos, y el desplazamiento del tercer símbolo con respecto al segundo símbolo es P símbolos.

40 El módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado, además, para: si el comparador 230 determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos, donde el primer elemento iterativo del tercer bloque de datos se obtiene de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P símbolos consecutivos incluidos en los datos nuevos; y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al tercer bloque de datos.

45 El comparador 230 está configurado, además, para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el tercer bloque de datos y determinados por el módulo 220 de cálculo de parámetros, si el tercer símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

Opcionalmente, en otra realización, el receptor 210 está configurado, además, para: si la cantidad de símbolos incluidos en los datos es igual a $2N$, recibir nuevos datos, donde los datos nuevos incluyen un cuarto bloque de datos, el cuarto bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un cuarto símbolo que es un punto de inicio, los datos nuevos no son adyacentes a los $N+P$ símbolos consecutivos y se reciben después de los $N+P$ símbolos consecutivos, el desplazamiento de un bit de inicio del cuarto símbolo con respecto a un bit de inicio

del segundo símbolo es L símbolos, $L \bmod m \neq 0$, ó $L \bmod m = 0$ y $L \bmod P \neq 0$, \bmod indica una operación de módulo, y m es la cantidad de bits incluidos en un símbolo.

5 El módulo 220 de cálculo de parámetros está configurado, además, para: si el comparador 230 determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, determinar, de acuerdo con los N símbolos consecutivos incluidos en el cuarto bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al cuarto bloque de datos.

El comparador 230 está configurado, además, para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el cuarto bloque de datos y determinados por el módulo 220 de cálculo de parámetros, si el cuarto símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

10 En esta realización de la presente invención, si el comparador 230 determina que ninguno de los Q símbolos a detectar en los datos actuales es un límite de trama de una trama de FEC, el aparato 200 puede continuar llevando a cabo la detección de un límite de trama en una unidad de $2N$ símbolos consecutivos. El aparato 200 puede ejecutar el proceso de determinación anterior aplicando en primer lugar un desplazamiento en una unidad de uno o más bits, es decir, $(n_2 - n_1) \bmod m \neq 0$. Si el aparato 200 sigue sin detectar un límite de trama de una trama de FEC
15 después de aplicar un desplazamiento de bits, el aparato 200 continúa con la ejecución del proceso de detección anterior aplicando un desplazamiento en una unidad de uno o más símbolos, es decir, $(n_2 - n_1) \bmod m = 0$, y $(n_2 - n_1) \bmod P \neq 0$. Alternativamente, el aparato 200 puede, en primer lugar, aplicar un desplazamiento en una unidad de uno o más símbolos, y, a continuación, aplicar un desplazamiento en una unidad de uno o más bits, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

20 El aparato 200 para determinar un límite de trama de una trama de FEC según esta realización de la presente invención se puede corresponder con el circuito de determinación de límites de trama del método para determinar un límite de trama de una trama de FEC de acuerdo con la realización de la presente invención, y las operaciones y/o funciones anteriores y otras de los módulos del aparato 200 para determinar un límite de trama de una trama de FEC se usan para implementar procedimientos correspondientes de los métodos en la FIG. 2 a la FIG. 4. Por
25 motivos de brevedad, los detalles no se describen nuevamente en la presente.

Por lo tanto, de acuerdo con el aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para $2N$ símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los
30 $2N$ símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se incrementa la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

La FIG. 6 muestra un ejemplo de implementación específica de un aparato 300 para determinar un límite de trama de una trama de FEC de acuerdo con una realización de la presente invención. El aparato 300 incluye una memoria intermedia 310 de datos (memoria intermedia de datos), un módulo 512 de cálculo de factores de corrección, un comparador 330, un sincronizador (sincronizador) 340, y un multiplexor (Multiplexor, MUX) 350.
40

El módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado para: usar un primer bloque de datos de datos actuales como bloque de datos actual, y calcular y almacenar s valores de un factor de corrección correspondientes al primer bloque de datos, en donde, en el primer bloque de datos, un primer símbolo (es decir, el primer símbolo a detectar) de los datos actuales se usa como punto de inicio.
45

El comparador 330 está configurado para determinar, en función de si los s valores del factor de corrección correspondientes al primer bloque de datos son, todos ellos, 0, si el primer símbolo a detectar es un límite de trama de una trama de FEC.

50 Si el comparador 330 determina que el primer símbolo a detectar no es un límite de trama de una trama de FEC, el multiplexor MUX 350 se hace conmutar de un estado inicial 0 a un estado 1. En este caso, el enlace de transmisión entre el módulo 512 de cálculo de factores de corrección y el sincronizador 513 cambia de un estado de conexión a un estado de desconexión, y, al mismo tiempo, el enlace de transmisión entre la memoria intermedia 511 de datos y el sincronizador 513 cambia de un estado de desconexión a un estado de conexión.

55 En este caso, un bloque de datos sucesivo (es decir, un segundo bloque de datos) del primer bloque de datos se usa como bloque de datos actual nuevo, donde un símbolo de inicio del segundo bloque de datos presenta un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto al primer símbolo a detectar. En la siguiente descripción, en general, al segundo bloque de datos se le hace referencia como bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, donde $1 < i \leq Q$.

El módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado, además, para calcular un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$.

La memoria intermedia 511 de datos está configurada para almacenar el primer elemento iterativo que es del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ y se determina por medio del módulo 512 de cálculo de factores de corrección.

- 5 El módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado, además, para: calcular el segundo elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, y transmitir el segundo elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ al sincronizador 513.

10 De manera correspondiente, el módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado, además, para transmitir, al sincronizador 513, s valores almacenados previamente de un factor de corrección correspondientes al bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$.

15 El sincronizador 513 está configurado para: obtener, a partir del módulo 512 de cálculo de factores de corrección, los s valores del factor de corrección correspondientes al bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$, obtener el segundo elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ a partir del módulo 512 de cálculo de factores de corrección, obtener el primer elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ a partir de la memoria intermedia 511 de datos, y calcular, de acuerdo con los s valores del factor de corrección correspondientes al bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$ y con el segundo elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ que se obtienen a partir del módulo 512 de cálculo de factores de corrección y con el primer elemento iterativo que es del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ y se obtiene a partir de la memoria intermedia 511 de datos, s valores de un factor de corrección correspondientes al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$.

20 El comparador 330 está configurado, además, para determinar, de acuerdo con los s valores del factor de corrección correspondientes al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, si un símbolo de inicio del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ es un límite de trama de una trama de FEC.

El módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado, además, para almacenar los s valores que son del factor de corrección correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ y determinados por el sincronizador 340.

25 Si el comparador 330 determina que el símbolo de inicio del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ no es un límite de trama de una trama de FEC, un bloque de datos sucesivo (es decir, el bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$) del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ se usa como nuevo segundo bloque de datos, y el resto se puede deducir por analogía.

Opcionalmente, el módulo 512 de cálculo de factores de corrección y el sincronizador 513 se puede implementar mediante un sumador y un multiplicador, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

30 Por lo tanto, de acuerdo con el aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para 2N símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los 2N símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se incrementa la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

45 La FIG. 7 muestra esquemáticamente un sistema 400 de descodificación de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema 400 de descodificación incluye un circuito 410 de determinación de límites de trama, un dispositivo 420 de diagnóstico de errores, y un dispositivo 430 de corrección de errores, donde el circuito 410 de determinación de límites de trama está configurado para determinar un límite de trama de un código de FEC, el dispositivo 420 de diagnóstico de errores está configurado para determinar, de acuerdo con el límite de trama determinado por el circuito 410 de determinación de límites de trama, un error que existe en una trama de FEC, el dispositivo 430 de corrección de errores está configurado para llevar a cabo una corrección de errores sobre la trama de FEC de acuerdo con el error que existe en la trama de FEC y que es determinado por el dispositivo 420 de diagnóstico de errores, y el circuito 410 de determinación de límites de trama está configurado, específicamente, para:

55 recibir datos, donde los datos incluyen N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos incluidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, siendo el primer símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, siendo un segundo símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos, donde los s valores de parámetros son s valores de un factor de corrección o s valores de un factor de verificación, y $s \geq 1$;

5 determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos;

determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos; y

10 determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

15 Opcionalmente, el sistema 400 de descodificación puede incluir, además, un desaleatorizador, configurador para llevar a cabo una desaleatorización sobre un flujo continuo de datos a procesar. De manera correspondiente, el dispositivo 430 de corrección de errores está configurado, específicamente, para llevar a cabo, de acuerdo con el error que existe en la trama de FEC y que es determinado por el dispositivo 420 de diagnóstico de errores, una corrección de errores sobre una trama de FEC desaleatorizada por el desaleatorizador.

20 Opcionalmente, en otra realización, el sistema 400 de descodificación puede incluir, además, un controlador, configurado para: si el resultado de la determinación por parte del circuito 410 de determinación de límites de trama indica que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, controlar el circuito 410 de determinación de límites de trama para continuar con la determinación de un límite de trama; o si el resultado de la determinación por parte del circuito 410 de determinación de límites de trama indica que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC, controlar el dispositivo 420 de diagnóstico de errores para determinar, de acuerdo con el límite de trama determinado por el circuito 410 de determinación de límites de trama, el error que existe en la trama de FEC.

25 El circuito 410 de determinación de límites de trama de acuerdo con esta realización de la presente invención se puede corresponder con el circuito de determinación de límites de trama del método destinado a determinar un límite de trama de una trama de FEC de acuerdo con la realización de la presente invención, o se puede corresponder con el aparato destinado a determinar un límite de trama de una trama de FEC de acuerdo con la realización de la presente invención, y las operaciones y/o funciones anteriores y otras de los módulos del circuito 410 de determinación de límites de trama se usan para implementar procedimientos correspondientes de los métodos en la FIG. 2 y la FIG. 4. Por motivos de brevedad, no se describen de nuevo en la presente los detalles.

30 Por lo tanto, de acuerdo con el sistema de descodificación de esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos, con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para 2N símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los 2N símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se incrementa la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

45 La FIG. 8 y la FIG. 9 muestran dos ejemplos de un sistema de descodificación según realizaciones de la presente invención. En un sistema 500 de descodificación mostrado en la FIG. 8 y un sistema 600 de descodificación mostrado en la FIG. 9, los s valores de parámetros son s valores de un factor de corrección. Tal como se muestra en la FIG. 8, el sistema 500 de descodificación incluye un circuito 510 de determinación de límites de trama, un dispositivo 520 de diagnóstico de errores, un dispositivo de corrección de errores, un desaleatorizador 540 y un controlador 550, en donde el circuito 510 de determinación de límites de trama incluye una memoria intermedia 511 de datos, un módulo 512 de cálculo de factores de corrección, un sincronizador 513, y un multiplexor (MUX) 514.

50 El controlador 550 puede controlar el estado del multiplexor 514. Cuando el circuito 510 de determinación de límites de trama lleva a cabo la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, el controlador 550 fija el multiplexor 514 a 0, y cuando el circuito 510 de determinación de límites de trama determina un límite de trama de una trama de FEC, el controlador fija al multiplexor 514 a 1, lo cual, en esta realización de la presente invención, no presenta limitaciones.

55 Las funciones de otros módulos del circuito 510 de determinación de límites de trama son similares a funciones de módulos correspondientes en el aparato 300 destinado a determinar un límite de trama de una trama de FEC mostrado en la FIG. 6. Específicamente, el módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado para

5 calcular y almacenar s valores (S_{primero}) de un factor de corrección correspondiente a un primer bloque de datos de los datos actuales, donde, en el primer bloque de datos, como bit de inicio de usa un primer símbolo de los datos actuales. El comparador 330 está configurado para determinar, en función de si los s valores del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos son, todos ellos, 0, si el primer símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

Si el comparador 330 determina que el primer símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, como bloque de datos actual nuevo se usa un bloque de datos sucesivo (es decir, un segundo bloque de datos) del primer bloque de datos.

10 El módulo 512 de cálculo de factores de corrección está configurado, además, para calcular un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, donde $1 < i \leq Q$.

La memoria intermedia 511 de datos está configurada para almacenar el primer elemento iterativo que es del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ y que es determinado por el módulo 512 de cálculo de factores de corrección.

15 El sincronizador 513 está configurado para calcular, de acuerdo con s valores de un factor de corrección correspondientes al bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$ y con el segundo elemento iterativo (H_2) del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ que se obtienen a partir del módulo 512 de cálculo de factores de corrección y con el primer elemento iterativo (H_1) que es del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ y se obtiene a partir de la memoria intermedia 511 de datos, s valores (S_{sucesivo}) de un factor de corrección correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$.

20 El comparador 330 está configurado, además, para determinar, de acuerdo con los s valores del factor de corrección correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, si un símbolo de inicio del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ es un límite de trama de una trama de FEC.

25 El módulo 512 de cálculo de factores de corrección están configurado, además, para almacenar los s valores que son del factor de corrección correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ y que son determinados por el sincronizador 513, de manera que el sincronizador 513 determina, de acuerdo con los s valores del factor de corrección correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, s valores de un factor de corrección correspondiente al bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$.

30 La estructura del sistema 600 de descodificación mostrado en la FIG. 9 es similar a la del sistema 500 de descodificación mostrado en la FIG. 8, y una de las diferencias principales reside en que la estructura del circuito 610 de determinación de límites de trama es diferente de la del circuito 510 de determinación de límites de trama. Específicamente, en el circuito 510 de determinación de límites de trama, el módulo 512 de cálculo de factores de corrección calcula el primer elemento iterativo H_1 del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ de antemano, y almacena el primer elemento iterativo H_1 del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ en la memoria intermedia 511 de datos. De esta manera, cuando se calcula un valor del factor de corrección correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, el sincronizador 513 puede obtener el H_1 almacenado en la memoria intermedia 511 de datos, sin requerir un cálculo en tiempo real.

35 En el circuito 610 de determinación de límites de trama, la memoria intermedia 611 de datos no está configurada para almacenar el primer elemento iterativo del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, sino que está configurada para almacenar los primeros P símbolos consecutivos del bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$. En este caso, cuando un sincronizador 613 necesita calcular el valor del factor de corrección S_{sucesivo} correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, un módulo 614 de cálculo polinómico calcula el primer elemento iterativo H_1 del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ en tiempo real de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos del bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$ que están almacenados en la memoria intermedia 611 de datos, e introduce un resultado del cálculo en el sincronizador 613.

La FIG. 10 muestra un ejemplo de otro sistema 700 de descodificación de acuerdo con una realización de la presente invención, donde los s valores de parámetros son valores de un factor de verificación. Puede deducirse, a partir de la fórmula (16), que un valor de un factor de verificación correspondiente a un bloque de datos sucesivo se puede determinar usando las siguientes fórmulas:

45
$$R_{\text{sucesivo}} = R_{\text{cabeza}} + R_{\text{cuerpo}} + R_{\text{cola}} \quad (19)$$

$$R_{\text{cuerpo}} = [R_{\text{actual}} \cdot x^P] \text{mod} g(x) \quad (20)$$

$$R_{\text{cabeza}} = H_1 \text{mod} g(x) \quad (21)$$

$$R_{\text{cola}} = H_2 \text{mod} g(x) \quad (22)$$

50 De manera correspondiente, un circuito 710 de determinación de límites de trama incluye una memoria intermedia 711 de datos, un circuito 712 de cálculo de OR exclusiva de R_{primero} , un multiplexor 713, un circuito 714 de cálculo de OR exclusiva de R_{cuerpo} , un circuito 715 de cálculo de OR exclusiva de R_{cabeza} , un circuito 716 de cálculo de OR exclusiva de R_{cola} , un sumador 717 y un comparador 718.

El circuito 712 de cálculo de OR exclusiva de R_{primero} está configurado para calcular un valor de un factor de verificación R_{primero} correspondiente a un primer bloque de datos, y el comparador 718 está configurado para determinar, de acuerdo con el valor de R_{primero} determinado por el circuito 712 de cálculo de OR exclusiva de R_{primero} , si un símbolo de inicio del primer bloque de datos es un límite de trama de una trama de FEC.

- 5 Si el comparador 718 determina que el símbolo de inicio del primer bloque de datos no es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito 714 de cálculo de OR exclusiva de R_{cuerpo} sustituye el valor de R_{primero} determinado por el circuito 712 de cálculo de OR exclusiva de R_{primero} en la fórmula (20) para obtener un valor de R_{cuerpo} de un bloque de datos sucesivo (al que se hace referencia, en la presente en lo sucesivo, como segundo bloque de datos) del primer bloque de datos, donde el símbolo de inicio del segundo bloque de datos tiene un desplazamiento hacia atrás de P símbolos, con respecto al símbolo de inicio del primer bloque de datos.

10 A continuación, el MUX 713 se hace conmutar de un estado inicial 0 a un estado 1. En este caso, el enlace de transmisión entre el circuito 712 de cálculo de OR exclusiva de R_{primero} y el circuito 714 de cálculo de OR exclusiva de R_{cuerpo} cambia de un estado de conexión a un estado de desconexión, y al mismo tiempo, el enlace de transmisión entre el circuito 714 de cálculo de OR exclusiva de R_{cuerpo} y el sumador 717 cambia de un estado de desconexión a un estado de conexión.

15 En la siguiente descripción, en general, al segundo bloque de datos se le hace referencia como bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, donde $i < i \leq Q$.

- 20 El circuito 715 de cálculo de OR exclusiva de R_{cabeza} sustituye los primeros P símbolos consecutivos del bloque de datos $(i-1)^{\text{ésimo}}$ en la fórmula (21) para calcular un valor de R_{cabeza} del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$, y el circuito 716 de cálculo de OR exclusiva de R_{cola} sustituye los últimos P símbolos consecutivos del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ en la fórmula (22) para calcular un valor de R_{cola} del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$. A continuación, los valores de R_{cuerpo} , R_{cabeza} y R_{cola} se introducen, todos ellos, en el sumador 717.

El sumador 717 ejecuta una operación de suma sobre los valores de entrada de R_{cuerpo} , R_{cabeza} y R_{cola} para obtener un valor de un factor de verificación R_{sucesivo} correspondiente al bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$.

- 25 El comparador 718 determina, de acuerdo con el valor de R_{sucesivo} , si un símbolo de inicio del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ es un límite de trama de una trama de FEC.

- 30 Si el comparador 718 determina que el símbolo de inicio del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ no es un límite de trama de una trama de FEC, el circuito 710 de determinación de límites de trama continúa con la realización de un cálculo iterativo para determinar si un símbolo de inicio de un bloque de datos sucesivo (el bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$) del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ es un límite de trama de una trama de FEC. Es decir, el circuito 714 de cálculo de OR exclusiva de R_{cuerpo} sustituye el valor de R_{sucesivo} determinado por el sumador 717 en la fórmula (18) para obtener un valor de R_{cuerpo} del bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$; el circuito 715 de cálculo de OR exclusiva de R_{cabeza} sustituye los primeros P símbolos consecutivos del bloque de datos $i^{\text{ésimo}}$ en la fórmula (21) para obtener un valor de R_{cabeza} del bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$; el circuito 716 de cálculo de OR exclusiva de R_{cola} sustituye los últimos P símbolos consecutivos del bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$ en la fórmula (22) para obtener un valor de R_{cola} del bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$; finalmente, el sumador determina, de acuerdo con los valores de R_{cuerpo} , R_{cabeza} y R_{cola} del bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$, un valor de un factor de verificación correspondiente al bloque de datos $(i+1)^{\text{ésimo}}$.

- 35 Por lo tanto, de acuerdo con el sistema de descodificación de esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para 2N símbolos consecutivos recibidos, el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los 2N símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se aumenta la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

- 40 Debe señalarse que los ejemplos de la FIG. 6, y la FIG. 8 a la FIG. 10 están destinados meramente a ayudar a una persona versada en la materia a entender mejor las realizaciones de la presente invención. Sin duda, una persona versada en la materia puede aplicar diversas modificaciones o cambios equivalentes de acuerdo con los ejemplos ilustrados en la FIG. 6, y la FIG. 8 a la FIG. 10.

- 55 Una realización de la presente invención proporciona, además, un aparato para determinar un límite de trama de una trama de corrección de errores hacia adelante. El aparato se puede usar para ejecutar el método mostrado en la FIG. 2. Por ejemplo, el aparato puede ser un circuito de determinación de límites de trama. En relación con los significados y ejemplos de términos técnicos implicados en lo sucesivo, consúltese la realización correspondiente a la FIG. 2. No se describe en la presente los detalles nuevamente. El aparato incluye:

5 una unidad de recepción, configurada para recibir datos, donde los datos incluyen N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos incluidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, con el primer símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

una unidad de obtención, configurada para obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos;

10 una primera unidad de determinación, configurada para determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos recibido por la unidad de recepción, donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos;

15 una segunda unidad de determinación, configurada para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el primer bloque de datos y obtenidos por la unidad de obtención y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos que son determinados por la primera unidad de determinación, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos; y

20 una tercera unidad de determinación, configurada para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por la segunda unidad de determinación, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

25 Opcionalmente, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de corrección, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de corrección, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j \quad (23), \text{ donde:}$$

a es una constante, y r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos.

30 Opcionalmente, en otra realización, los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de verificación, los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de verificación, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^{n(j)} \quad (24), \text{ donde:}$$

35 a es una variable, r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los primeros P símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos, y n(j) indica un número de secuencia del símbolo j^{ésimo}.

Opcionalmente, en otra realización, el aparato incluye, además, una unidad de almacenamiento, donde:

la unidad de almacenamiento está configurada para almacenar los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos; y

40 la primera unidad de determinación está configurada específicamente para: obtener los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos que están almacenados en la unidad de almacenamiento, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula H(a); o

la unidad de almacenamiento está configurada para almacenar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos; y

45 la primera unidad de determinación está configurada específicamente para obtener el primer elemento iterativo que es del segundo bloque de datos y está almacenado en la unidad de almacenamiento.

Opcionalmente, en otra realización, si los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de corrección, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de corrección, $1 < s \leq 2xt$, donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se

pueden corregir en una trama de FEC, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo incluyen, cada uno de ellos, s valores.

La segunda unidad de determinación está configurada específicamente para determinar, de acuerdo con la siguiente fórmula, los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos:

$$5 \quad S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_1(\alpha_i) \times (\alpha_i)^N + H_2(\alpha_i) \quad 1 \leq i \leq s \quad (25), \text{ donde:}$$

$S_{actual,i}$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, $S_{previo,i}$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(\alpha_i)$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(\alpha_i)$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y α_i es la raíz $i^{\text{ésima}}$ de un polinomio generador de un código de FEC.

10 Opcionalmente, en otra realización, si los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son los s valores del factor de verificación, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son los s valores del factor de verificación, $s = 1$, y la segunda unidad de determinación está configurada específicamente para determinar, de acuerdo con la siguiente fórmula, el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos:

$$15 \quad R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \bmod g(x) + (H_1(x) \times x^P) \bmod g(x) + (H_2(x) \times x^P) \bmod g(x) \quad (26)$$

donde:

20 R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, R_{previo} es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(x)$ es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(x)$ es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y $g(x)$ es un polinomio generador de un código de FEC.

Opcionalmente, en otra realización, la tercera unidad de determinación está configurada, específicamente, para:

si los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por la segunda unidad de determinación son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

25 si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por la segunda unidad de determinación no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC.

Opcionalmente, en otra realización, la unidad de recepción está configurada, además, para: si la cantidad de símbolos incluidos en los datos es menor que $2N$, recibir datos nuevos, donde los datos nuevos incluyen P símbolos consecutivos, los datos nuevos son adyacentes a los $N+P$ símbolos consecutivos y se reciben después de los $N+P$ símbolos consecutivos, N símbolos consecutivos, con un tercer símbolo del segundo bloque de datos que es un punto de inicio, constituyen un tercer bloque de datos, y el desplazamiento del tercer símbolo con respecto al segundo símbolo es P símbolos.

30 La segunda unidad de determinación está configurada, además, para: si la tercera unidad de determinación determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos, donde el primer elemento iterativo del tercer bloque de datos se obtiene de acuerdo con los primeros P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P símbolos consecutivos incluidos en los datos nuevos; y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del tercer bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al tercer bloque de datos.

La tercera unidad de determinación está configurada, además, para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el tercer bloque de datos y determinados por la segunda unidad de determinación, si el tercer símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

45 Opcionalmente, en otra realización, la unidad de recepción está configurada, además, para: si la cantidad de símbolos incluidos en los datos es igual a $2N$, recibir nuevos datos, donde los datos nuevos incluyen un cuarto bloque de datos, el cuarto bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un cuarto símbolo que es un punto de inicio, los datos nuevos no son adyacentes a los $N+P$ símbolos consecutivos y se reciben después de los $N+P$ símbolos consecutivos, el desplazamiento de un bit de inicio del cuarto símbolo con respecto a un bit de inicio del segundo símbolo es L símbolos, $L \bmod m \neq 0$, ó $L \bmod m = 0$ y $L \bmod P \neq 0$, mod indica una operación de módulo, y m es la cantidad de bits incluidos en un símbolo.

La segunda unidad de determinación está configurada, además, para: si la tercera unidad de determinación

determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC, determinar, de acuerdo con los N símbolos consecutivos incluidos en el cuarto bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al cuarto bloque de datos.

5 La tercera unidad de determinación está configurada, además, para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el cuarto bloque de datos y determinados por la segunda unidad de determinación, si el cuarto símbolo es un límite de trama de una trama de FEC.

10 Por lo tanto, de acuerdo con el aparato para determinar un límite de trama de una trama de FEC en esta realización de la presente invención, se determinan s valores de parámetros correspondientes a un segundo bloque de datos usando s valores de parámetros correspondientes a un primer bloque de datos, donde el primer bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, el segundo bloque de datos está constituido por N símbolos consecutivos con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos; y un circuito de determinación de límites de trama determina, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC. Para 2N símbolos consecutivos recibidos, 15 el circuito de determinación de límites de trama puede detectar, usando un algoritmo iterativo, si N/P símbolos de los 2N símbolos consecutivos son un límite de trama de una trama de FEC, con lo cual se mejora la eficiencia en la determinación de un límite de trama de una trama de FEC, se aumenta la velocidad de sincronización de un enlace de comunicaciones, y se mejora el rendimiento del sistema.

20 Debe entenderse que el término “y/o” en esta realización de la presente invención describe solamente una relación de asociación destinada a escribir objetos asociados y representa que puede haber tres relaciones. Por ejemplo, A y/o B puede representar los tres siguientes casos: solamente existe A, existen tanto A como B, y solamente existe B. Además, el carácter “/” en esta memoria descriptiva indica en general una relación de “o” entre los objetos asociados.

25 Una persona con conocimientos habituales en la materia puede percibir que, en combinación con los ejemplos descritos en las realizaciones dadas a conocer en esta memoria descriptiva, se pueden implementar etapas de métodos y unidades por medio de *hardware* electrónico, *software* de ordenador, o una combinación de los mismos. Para describir de forma clara la intercambiabilidad entre el *hardware* y el *software*, lo anterior ha descrito en general etapas y composiciones de cada realización de acuerdo con las funciones. El hecho de que las funciones se lleven a cabo mediante *hardware* o *software* depende de las aplicaciones y las condiciones restrictivas de diseño particulares de las soluciones técnicas. Una persona con conocimientos habituales en la materia puede usar diferentes métodos para implementar las funciones descritas para cada aplicación particular. 30

35 Una persona versada en la materia puede entender claramente que, por motivos de comodidad y brevedad en la descripción, se puede consultar un proceso correspondiente en las realizaciones de método anteriores con el fin de tener un proceso de funcionamiento detallado del sistema, aparato y unidad anteriores, y que los detalles no se describen de nuevo en la presente.

40 En las diversas realizaciones proporcionadas en la presente solicitud, debe entenderse que el sistema, el aparato y el método dados a conocer se pueden implementar de otras maneras. Por ejemplo, la realización de aparato descrita es meramente un ejemplo. Por ejemplo, la división en unidades es una división de funciones meramente lógica y, en una implementación concreta, puede ser otra división. Por ejemplo, una pluralidad de unidades o componentes se puede combinar o integrar en otro sistema, o algunas características se pueden ignorar o no llevarse a cabo. Además, los acoplamientos mutuos o acoplamientos directos o conexiones de comunicación presentados visualmente o descritos se pueden implementar a través de algunas interfaces. Los acoplamientos indirectos o conexiones de comunicación entre los aparatos o unidades se pueden implementar de forma electrónica, mecánica o de otras formas.

45 Las unidades descritas como partes independientes pueden ser o no independientes físicamente, y las partes presentadas visualmente como unidades pueden ser o no unidades físicas, pueden estar situadas en una posición, o pueden estar distribuidas en una pluralidad de unidades de red. Algunas o la totalidad de las unidades se pueden seleccionar de acuerdo con las necesidades concretas para lograr los objetivos de las soluciones de las realizaciones de la presente invención.

50 Además, unidades funcionales de las realizaciones de la presente invención pueden estar integradas en una unidad de procesado, o cada una de las unidades puede existir de manera individualmente físicamente, o dos o más unidades están integradas en una unidad. La unidad integrada se puede implementar en forma de *hardware*, o se puede implementar en forma de una unidad funcional de *software*.

55 Cuando la unidad integrada se implementa en forma de una unidad funcional de *software* y se comercializa o usa como un producto independiente, la unidad integrada se puede almacenar en un soporte de almacenamiento legible por ordenador. Sobre la base de dicha interpretación, las soluciones técnicas de la presente invención en esencia, o la parte que contribuye a la técnica anterior, o la totalidad o una parte de las soluciones técnicas se pueden implementar en forma de un producto de *software*. El producto de *software* se almacena en un soporte de

5 almacenamiento e incluye varias instrucciones para dar órdenes a un dispositivo de ordenador (el cual puede ser un ordenador personal, un servidor o un dispositivo de red) con el fin de llevar a cabo la totalidad o algunas de las etapas de los métodos descritos en las realizaciones de la presente invención. El soporte de almacenamiento mencionado incluye: cualquier soporte que puede almacenar código de programa, tal como una unidad de almacenamiento *flash* USB, un disco duro extraíble, una memoria de solo lectura (Memoria de Solo Lectura, ROM), una memoria de acceso aleatorio (Memoria de Acceso Aleatorio, RAM), un disco magnético, o un disco óptico.

Las descripciones anteriores son meramente realizaciones específicas de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Método para determinar un límite de trama de una trama de corrección de errores hacia adelante, FEC, en un escenario en el cual se lleva a cabo una corrección de errores hacia adelante usando un código de RS o un código de BCH, que comprende:

5 recibir (S110), por parte de un circuito de determinación de límites de trama, datos, en donde los datos comprenden N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos comprendidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, siendo el primer símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, siendo un segundo símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

obtener (S120) s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos;

15 determinar (S130) un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, en donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos;

determinar (S140), de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos; y

20 determinar (S150), de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC;

en donde los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de corrección, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de corrección, $1 < s \leq 2t$,

25 en donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se pueden corregir en una trama de FEC, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo comprenden, cada uno de ellos, s valores; y

los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_1(\alpha_i) \times (\alpha_i)^N + H_2(\alpha_i) \quad 1 \leq i \leq s, \text{ en donde:}$$

30 $S_{actual,i}$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, $S_{previo,i}$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(\alpha_i)$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(\alpha_i)$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y α_i es la raíz $i^{\text{ésima}}$ de un polinomio generador de un código de FEC;

35 en donde la determinación (S150), de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, de si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC comprende:

si los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC;

40 en donde el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j, \quad \text{en donde:}$$

a es una constante, y r(j) indica el símbolo $j^{\text{ésimo}}$ de los P primeros símbolos consecutivos o el símbolo $j^{\text{ésimo}}$ de los últimos P símbolos consecutivos;

45 el valor $i^{\text{ésimo}}$ S_i del factor de corrección se determina usando la siguiente fórmula:

$$S_i = r(x) \Big|_{x=\alpha_i}, \text{ en donde } r(x) \text{ es una palabra de código polinómica.}$$

2. Método según la reivindicación 1, en el que la determinación (S130) de un primer elemento iterativo del segundo bloque de datos comprende:

5 obtener los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos a partir de una primera área de almacenamiento preestablecida, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula $H(a)$; u

obtener el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos a partir de una segunda área de almacenamiento preestablecida.

10 3. Método para determinar un límite de trama de una trama de corrección de errores hacia adelante, FEC, en un escenario en el cual se lleva a cabo una corrección de errores hacia adelante usando un código de RS o un código de BCH, que comprende:

15 recibir (S110), por parte de un circuito de determinación de límites de trama, datos, en donde los datos comprenden N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos comprendidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, siendo el primer símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, siendo un segundo símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

obtener (S120) s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos;

20 determinar (S130) un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, en donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos;

25 determinar (S140), de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos; y

determinar (S150), de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC;

30 en donde los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de verificación, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de verificación, $s = 1$, y el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos se determina usando la siguiente fórmula:

$$R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \bmod g(x) + (H_1(x) \times x^P) \bmod g(x) + (H_2(x) \times x^P) \bmod g(x),$$

en donde:

35 R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, R_{previo} es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(x)$ es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(x)$ es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y $g(x)$ es un polinomio generador de un código de FEC;

en donde la determinación (S150), de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, de si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC comprende:

40 si los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC;

45 en donde el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^{n(j)}, \text{ en donde:}$$

a es una variable, $r(j)$ indica el símbolo $j^{\text{ésimo}}$ de los P primeros símbolos consecutivos o el símbolo $j^{\text{ésimo}}$ de los P últimos símbolos consecutivos, y $n(j)$ indica un número de secuencia del símbolo $j^{\text{ésimo}}$;

un valor de un factor de verificación R se determina usando la siguiente fórmula:

$R = r(x) \bmod g(x)$, en donde $r(x)$ es una palabra de código polinómica.

4. Método según la reivindicación 3, en el que la determinación (S130) de un primer elemento iterativo del segundo bloque de datos comprende:

5 obtener los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos a partir de una primera área de almacenamiento preestablecida, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula $H(a)$; u

obtener el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos a partir de una segunda área de almacenamiento preestablecida.

10 5. Aparato (200) para determinar un límite de trama de una trama de corrección de errores hacia delante, FEC, en un escenario en el que se lleva a cabo una corrección de errores hacia delante usando un código de RS o un código de BCH, que comprende un receptor (210), un módulo (220) de cálculo de parámetros, y un comparador (230), en donde:

15 el receptor (210) está configurado para recibir datos, en donde los datos comprenden N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos comprendidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, con el primer símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

20 el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado para: obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos recibido por el receptor (210), determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos recibido por el receptor (210), y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, en donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos; y

25 el comparador (230) está configurado para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y se obtienen por medio del módulo (220) de cálculo de parámetros, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC;

en donde los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de corrección, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de corrección, $1 < s \leq 2t$,

35 en donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se pueden corregir en una trama de FEC, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo comprenden, cada uno de ellos, s valores; y

el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado específicamente para determinar, de acuerdo con la siguiente fórmula, los s valores del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos:

$$S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_1(\alpha_i) \times (\alpha_i)^N + H_2(\alpha_i) \quad 1 \leq i \leq s, \text{ en donde:}$$

40 $S_{actual,i}$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, $S_{previo,i}$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(\alpha_i)$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(\alpha_i)$ es el valor $i^{\text{ésimo}}$ del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y α_i es la raíz $i^{\text{ésima}}$ de un polinomio generador de un código de FEC;

en donde el comparador (230) está configurado para:

45 si los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por el módulo (220) de cálculo de parámetros son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

50 si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por el módulo (220) de cálculo de parámetros no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC;

en donde el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se

determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j, \text{ en donde:}$$

a es una constante, y r(j) indica el símbolo j^{ésimo} de los P primeros símbolos consecutivos o el símbolo j^{ésimo} de los últimos P símbolos consecutivos;

5 el valor i^{ésimo} S_i del factor de corrección se determina usando la siguiente fórmula:

$$S_i = r(x) \Big|_{x=\alpha_i}, \text{ en donde } r(x) \text{ es una palabra de código polinómica.}$$

6. Aparato según la reivindicación 5, en el que el aparato comprende, además, una memoria, en donde:

la memoria está configurada para almacenar los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos; y

10 el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado específicamente para: obtener los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos que están almacenados en la memoria, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula H(a); o

la memoria está configurada para almacenar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos; y

15 el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado específicamente para obtener el primer elemento iterativo que es del segundo bloque de datos, y que está almacenado en la memoria.

7. Aparato (200) para determinar un límite de trama de una trama de corrección de errores hacia adelante, FEC, en un escenario en el que se lleva a cabo una corrección de errores hacia adelante usando un código de RS o un código de BCH, que comprende un receptor (210), un módulo (220) de cálculo de parámetros, y un comparador (230), en donde:

20 el receptor (210) está configurado para recibir datos, en donde los datos comprenden N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos comprendidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, con el primer símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, con un segundo símbolo que es un punto de inicio, y que se encuentran en los N+P símbolos consecutivos, constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

30 el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado para: obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos recibido por el receptor, determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos recibido por el receptor, y determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, en donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos; y

35 el comparador (230) está configurado para determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y se obtienen por medio del módulo (220) de cálculo de parámetros, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC;

40 en donde los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de verificación, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de verificación, s = 1, y el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado específicamente para determinar, de acuerdo con la siguiente fórmula, el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos:

$$R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \bmod g(x) + (H_1(x) \times x^P) \bmod g(x) + (H_2(x) \times x^P) \bmod g(x),$$

45 en donde:

R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, R_{previo} es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, H₁(x) es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, H₂(x) es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y g(x) es un polinomio

generador de un código de FEC;

en donde el comparador (230) está configurado para:

5 si los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por el módulo (220) de cálculo de parámetros son, todos ellos, 0, determinar que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos y determinados por el módulo (220) de cálculo de parámetros no es igual a 0, determinar que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC;

10 en donde el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^{n(j)}, \quad \text{en donde:}$$

a es una variable, r(j) indica el símbolo jésimo de los P primeros símbolos consecutivos o el símbolo jésimo de los P últimos símbolos consecutivos, y n(j) indica un número de secuencia del símbolo jésimo;

un valor de un factor de verificación R se determina usando la siguiente fórmula:

15 $R = r(x) \bmod g(x)$, en donde r(x) es una palabra de código polinómica.

8. Aparato según la reivindicación 7, en el que el aparato comprende, además, una memoria, en donde:

la memoria está configurada para almacenar los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos; y

20 el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado para: obtener los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos que están almacenados en la memoria, y determinar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos y la fórmula H(a); o

la memoria está configurada para almacenar el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos; y

25 el módulo (220) de cálculo de parámetros está configurado específicamente para obtener el primer elemento iterativo que es del segundo bloque de datos, y que está almacenado en la memoria.

9. Sistema (400) de descodificación en un escenario en el cual se lleva a cabo una corrección de errores hacia delante usando un código de RS o un código de BCH, que comprende un circuito (410) de determinación de límites de trama, un dispositivo (420) de diagnóstico de errores, y un dispositivo (430) de corrección de errores, en donde el circuito (410) de determinación de límites de trama está configurado para determinar un límite de trama de un código de corrección de errores hacia delante, FEC, el dispositivo (420) de diagnóstico de errores está configurado para determinar, de acuerdo con el límite de trama determinado por el circuito (410) de determinación de límites de trama, un error que existe en una trama de FEC, el dispositivo (430) de corrección de errores está configurado para llevar a cabo una corrección de errores sobre la trama de FEC de acuerdo con el error que existe en la trama de FEC y que es determinado por el dispositivo (420) de diagnóstico de errores, y el circuito (410) de determinación de límites de trama está configurado, específicamente, para:

30 recibir datos, en donde los datos comprenden N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos comprendidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, siendo el primer símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, siendo un segundo símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos;

45 determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, en donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos;

determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos; y

determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC;

5 en donde los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de corrección, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de corrección, $1 < s \leq 2t$,

en donde t es la cantidad máxima de símbolos de error que se pueden corregir en una trama de FEC, y el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo comprenden, cada uno de ellos, s valores; y

los s valores del factor de corrección correspondientes al segundo bloque de datos se determinan de acuerdo con la siguiente fórmula:

10
$$S_{actual,i} = S_{previo,i} \times (\alpha_i)^P + H_1(\alpha_i) \times (\alpha_i)^N + H_2(\alpha_i) \quad 1 \leq i \leq s$$
, en donde:

$S_{actual,i}$ es el valor i ésimo del factor de corrección correspondiente al segundo bloque de datos, $S_{previo,i}$ es el valor i ésimo del factor de corrección correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(\alpha_i)$ es el valor i ésimo del primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(\alpha_i)$ es el valor i ésimo del segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y α_i es la raíz i ésima de un polinomio generador de un código de FEC;

15 la determinación de si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC se realiza de la manera siguiente:

si los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, se determina que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

20 si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos no es igual a 0, se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC;

en donde el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j, \quad \text{en donde:}$$

25 a es una constante, y r(j) indica el símbolo j ésimo de los P primeros símbolos consecutivos o el símbolo j ésimo de los últimos P símbolos consecutivos;

el valor i ésimo S_i del factor de corrección se determina usando la siguiente fórmula:

$$S_i = r(x) \Big|_{x=\alpha_i}, \quad \text{en donde } r(x) \text{ es una palabra de código polinómica.}$$

30 10. Sistema (400) de decodificación en un escenario en el cual se lleva a cabo una corrección de errores hacia delante usando un código de RS o un código de BCH, que comprende un circuito (410) de determinación de límites de trama, un dispositivo (420) de diagnóstico de errores, y un dispositivo (430) de corrección de errores, en donde el circuito (410) de determinación de límites de trama está configurado para determinar un límite de trama de un código de corrección de errores hacia delante, FEC, el dispositivo (420) de diagnóstico de errores está configurado para determinar, de acuerdo con el límite de trama determinado por el circuito (410) de determinación de límites de trama, un error que existe en una trama de FEC, el dispositivo (430) de corrección de errores está configurado para llevar a cabo una corrección de errores sobre la trama de FEC de acuerdo con el error que existe en la trama de FEC y que es determinado por el dispositivo (420) de diagnóstico de errores, y el circuito (410) de determinación de límites de trama está configurado, específicamente, para:

40 recibir datos, en donde los datos comprenden N+P símbolos consecutivos con un primer símbolo que es un punto de inicio, N es la cantidad de símbolos comprendidos en una trama de FEC, N es un entero positivo múltiplo de P, N es mayor que P, N símbolos consecutivos, siendo el primer símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un primer bloque de datos, N símbolos consecutivos, siendo un segundo símbolo un punto de inicio, que están en los N+P símbolos consecutivos constituyen un segundo bloque de datos, y el desplazamiento del segundo símbolo con respecto al primer símbolo es P símbolos;

45 obtener s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos;

determinar un primer elemento iterativo y un segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, en donde el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de acuerdo con los P primeros símbolos consecutivos del primer bloque de datos, y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se obtiene de

acuerdo con los últimos P símbolos consecutivos del segundo bloque de datos;

determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos y con el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos; y

- 5 determinar, de acuerdo con los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos, si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC;

10 en donde los s valores de parámetros correspondientes al primer bloque de datos son s valores de un factor de verificación, y los s valores de parámetros correspondientes al segundo bloque de datos son s valores de un factor de verificación, $s = 1$, y un valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos se determina de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$R_{actual} = (R_{previo} \times x^P) \bmod g(x) + (H_1(x) \times x^P) \bmod g(x) + (H_2(x) \times x^P) \bmod g(x),$$

en donde:

15 R_{actual} es el valor del factor de verificación correspondiente al segundo bloque de datos, R_{previo} es el valor del factor de verificación correspondiente al primer bloque de datos, $H_1(x)$ es el primer elemento iterativo del segundo bloque de datos, $H_2(x)$ es el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos, y $g(x)$ es un polinomio generador de un código de FEC;

la determinación de si el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC se realiza de la manera siguiente:

20 si los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos son, todos ellos, 0, se determina que el segundo símbolo es un límite de trama de una trama de FEC; o

si por lo menos un valor de parámetro de los s valores de parámetros que se corresponden con el segundo bloque de datos no es igual a 0, se determina que el segundo símbolo no es un límite de trama de una trama de FEC;

25 en donde el primer elemento iterativo y el segundo elemento iterativo del segundo bloque de datos se determinan usando la siguiente fórmula:

$$H(a) = \sum_{j=0}^{P-1} r(j) \times a^j, \quad \text{en donde:}$$

a es una variable, $r(j)$ indica el símbolo $j^{\text{ésimo}}$ de los P primeros símbolos consecutivos o el símbolo $j^{\text{ésimo}}$ de los P últimos símbolos consecutivos, y $n(j)$ indica un número de secuencia del símbolo $j^{\text{ésimo}}$;

un valor de un factor de verificación R se determina usando la siguiente fórmula:

30 $R = r(x) \bmod g(x)$, en donde $r(x)$ es una palabra de código polinómica.

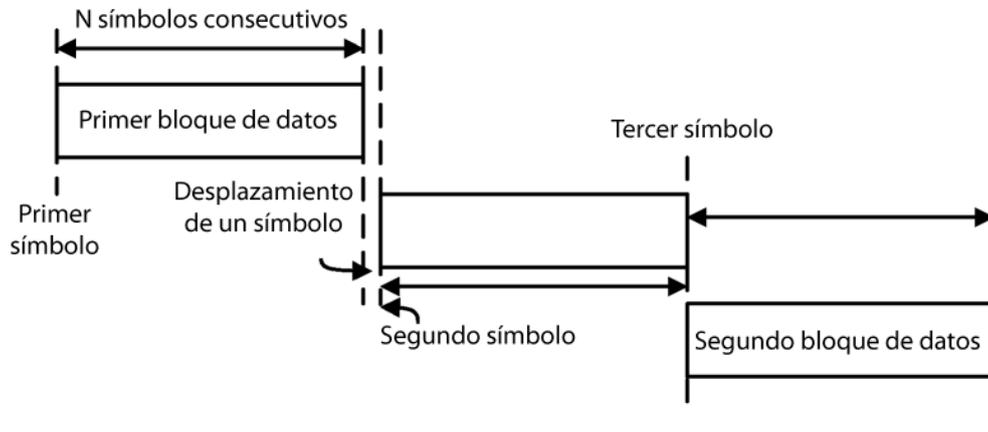


FIG. 1

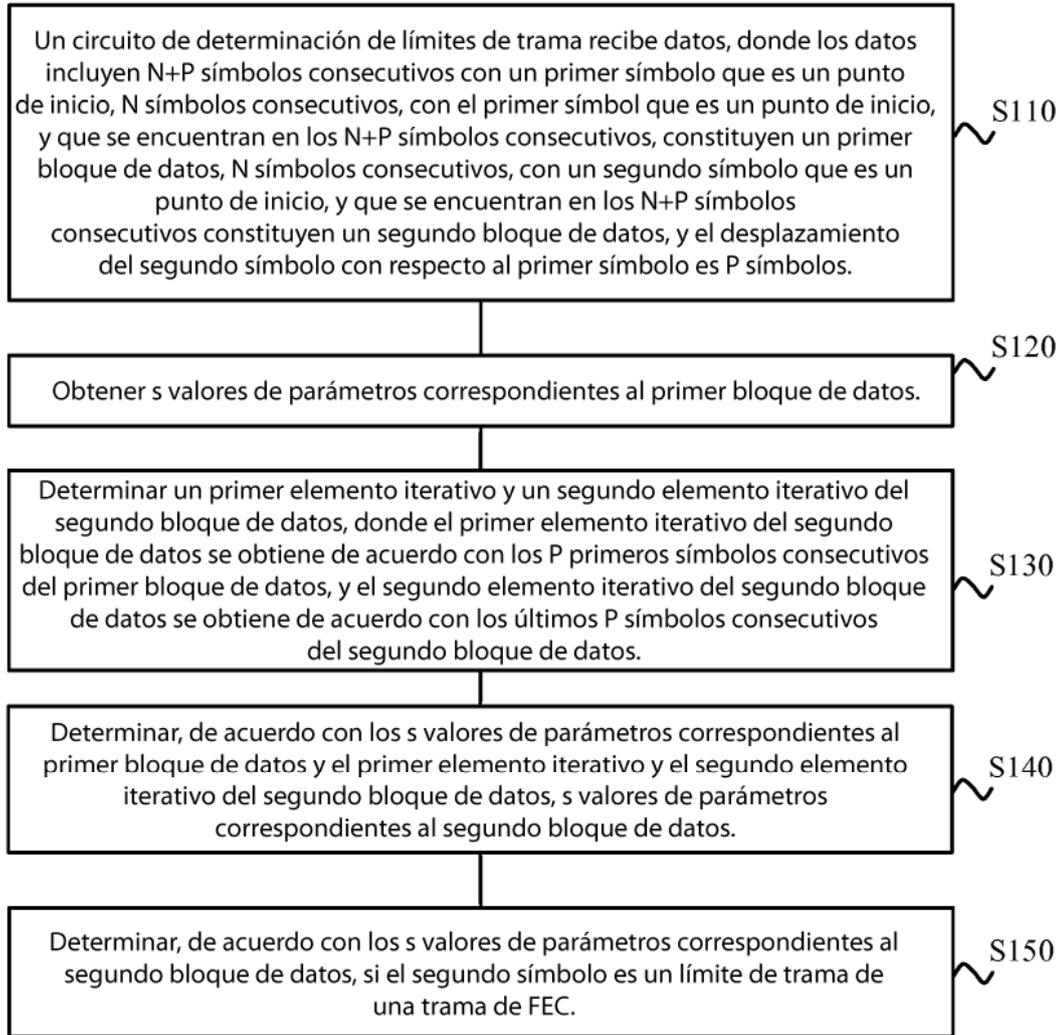


FIG. 2

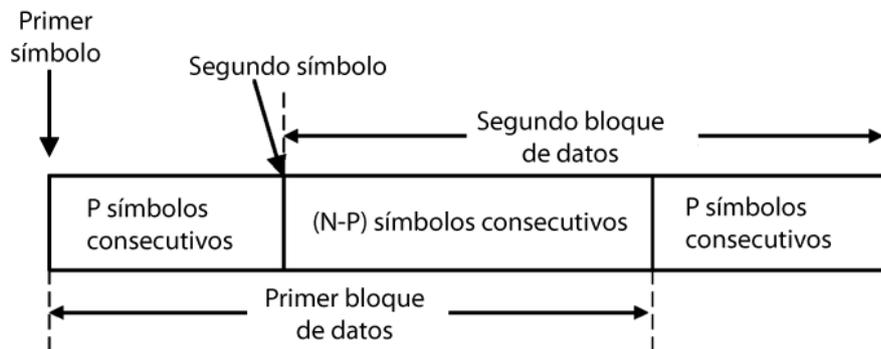


FIG. 3

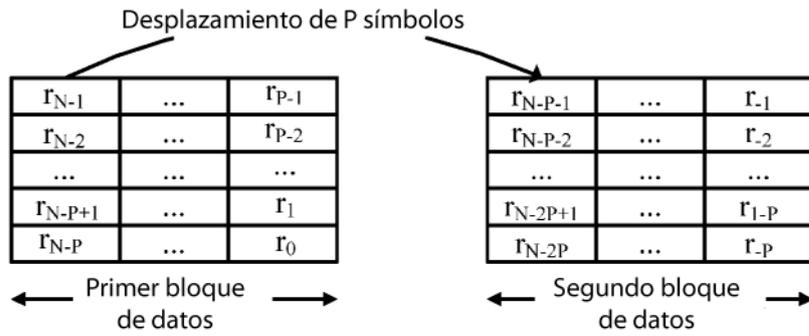
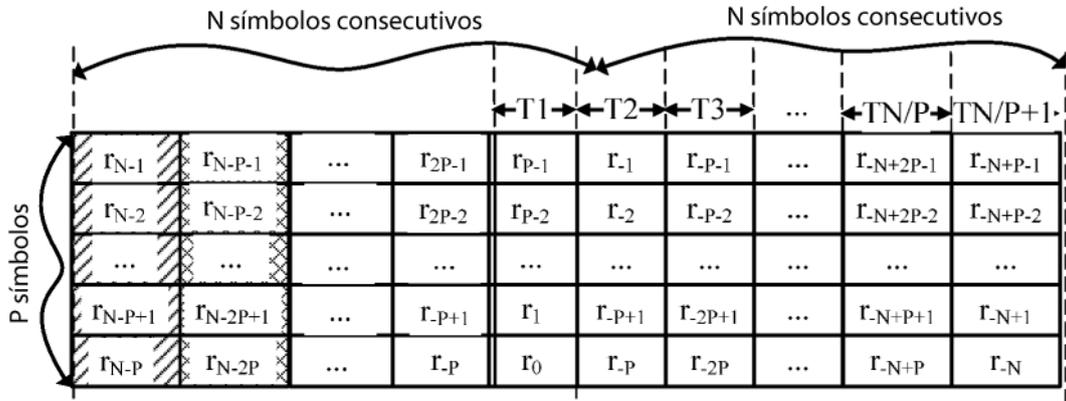


FIG 4

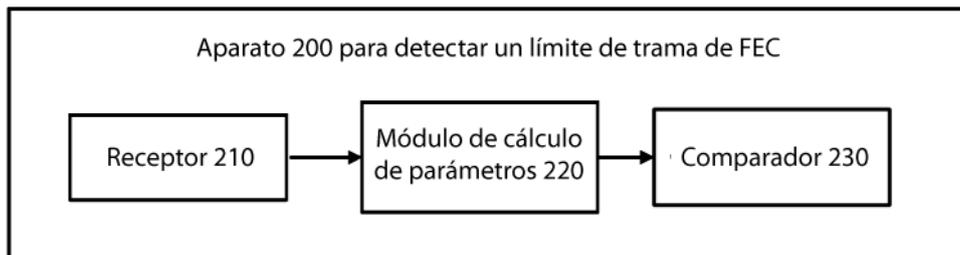


FIG 5

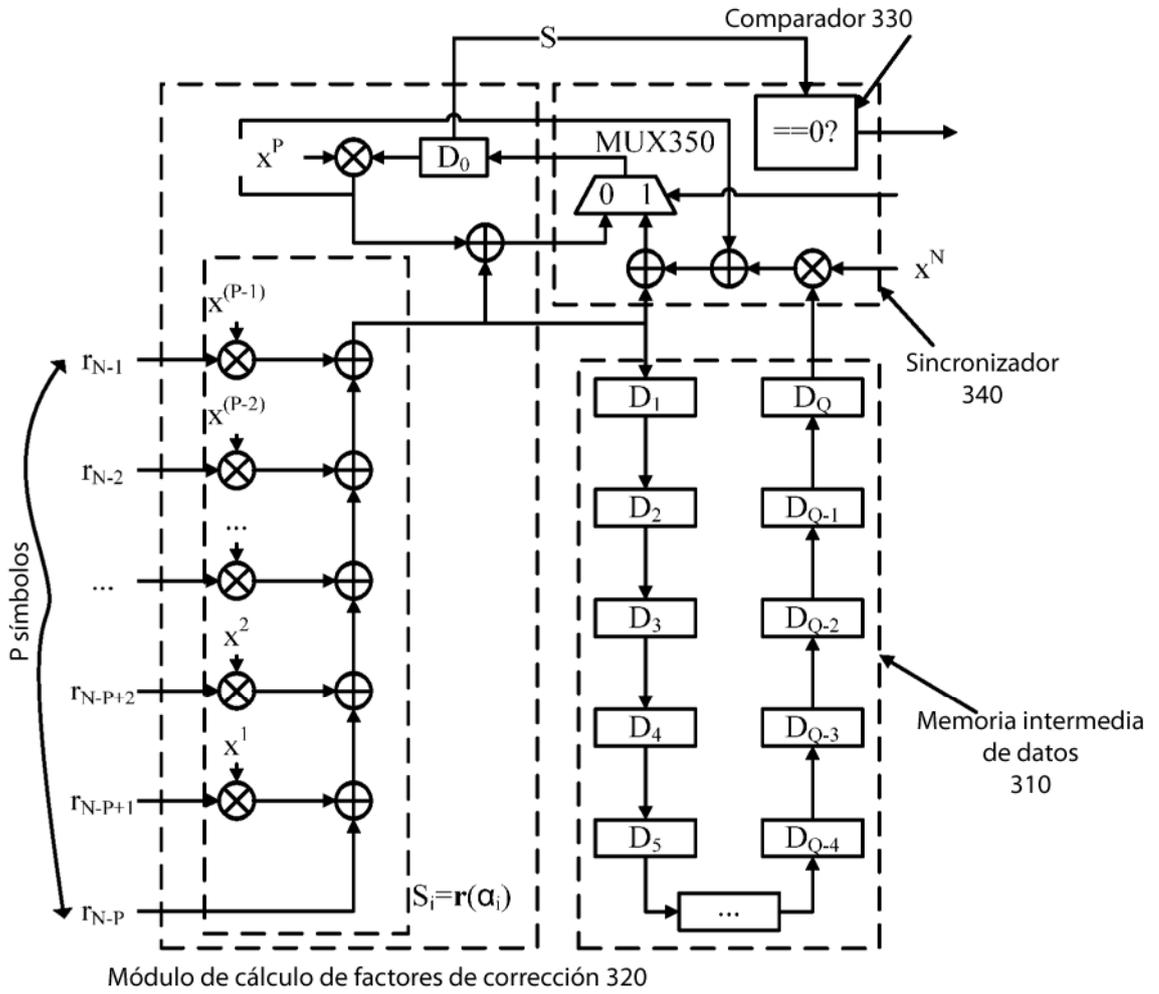


FIG. 6

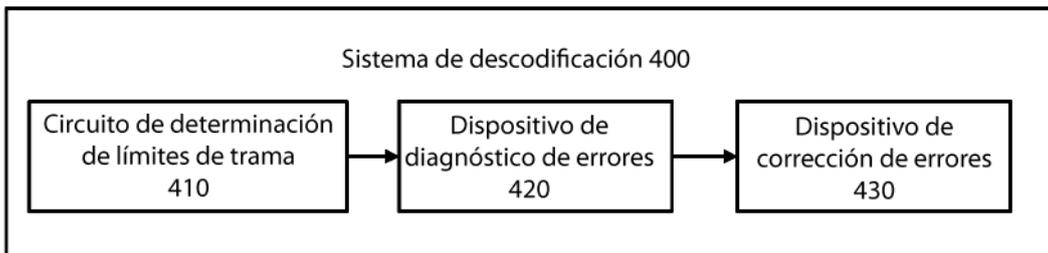


FIG. 7

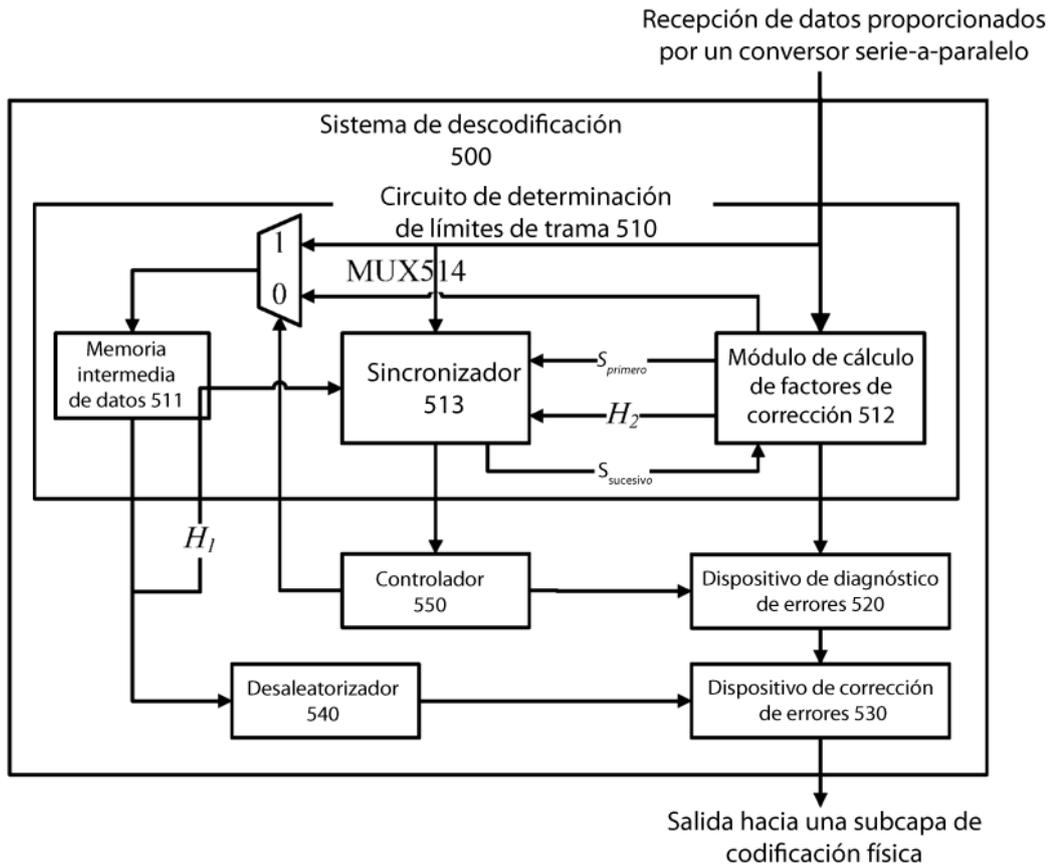


FIG 8

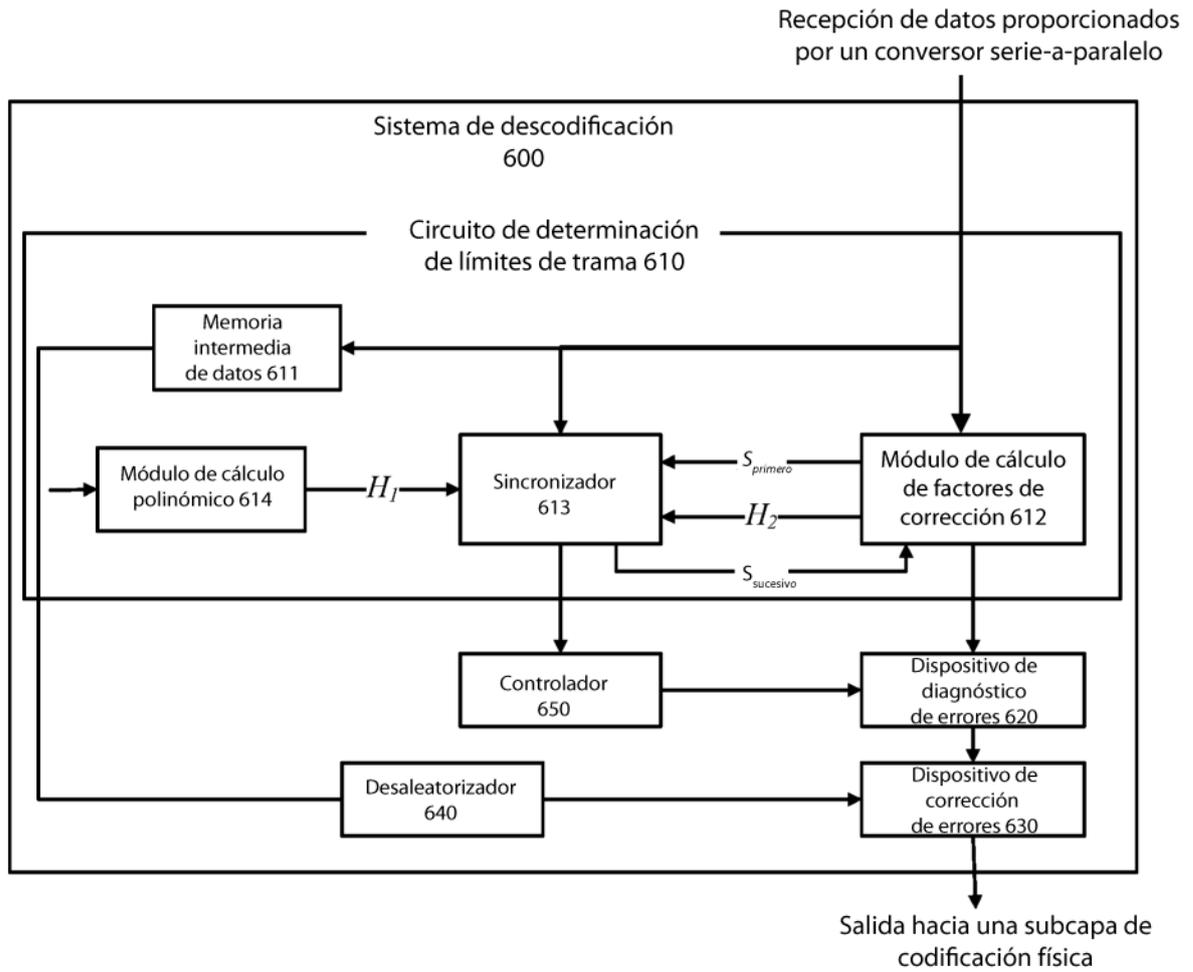


FIG. 9

Recepción de datos proporcionados por un conversor serie-a-paralelo

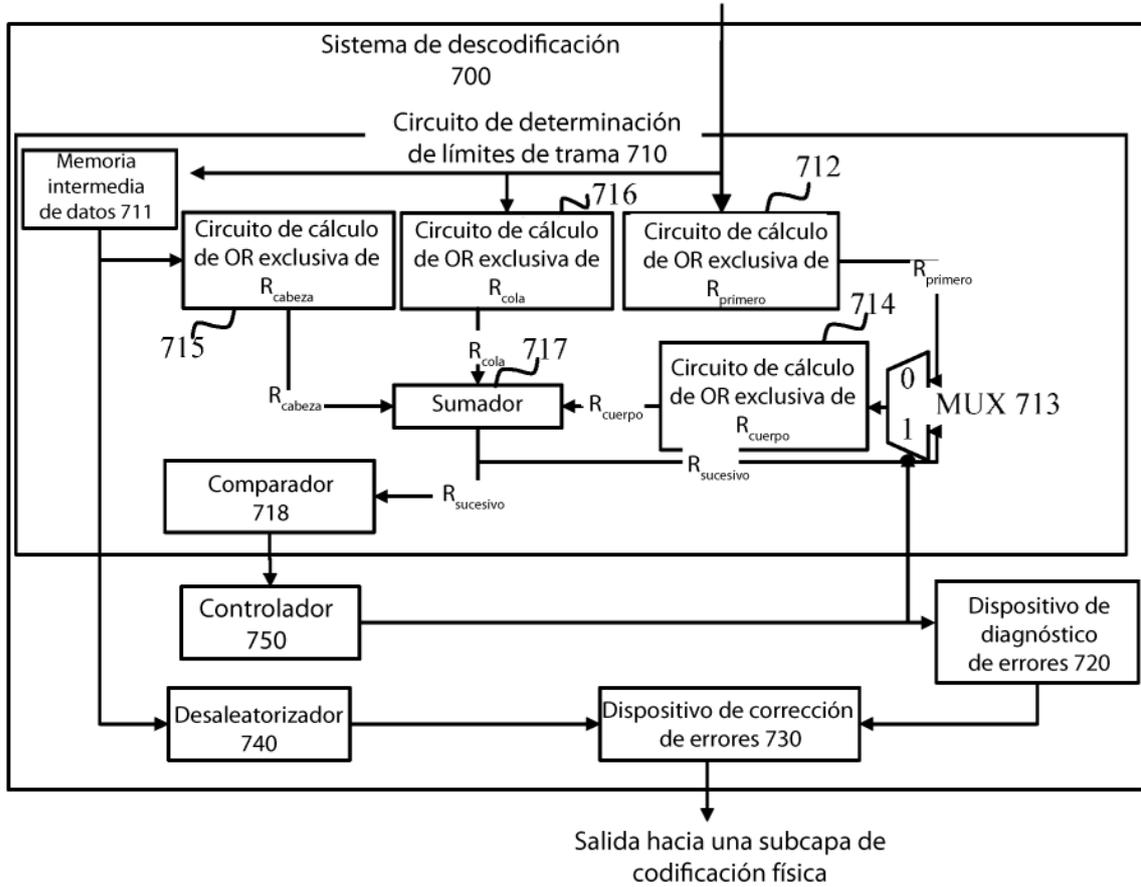


FIG. 10