

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 931**

51 Int. Cl.:

**H04L 1/18** (2006.01)

**H04L 1/16** (2006.01)

**H04L 1/06** (2006.01)

**H04L 1/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.10.2007 PCT/SE2007/050691**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.04.2008 WO08041932**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2007 E 07835276 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016 EP 2070242**

54 Título: **Codificación de protección de errores óptima para información de ACK/NACK/PRE/POST de MIMO**

30 Prioridad:

**02.10.2006 US 827806 P**

**26.10.2006 US 863036 P**

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

**14.12.2016**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)**  
**(100.0%)**

**164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**CHENG, JUNG-FU;**  
**WANG, YI-PIN ERIC;**  
**GÖRANSSON, BO y**  
**PARKVALL, STEFAN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 593 931 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

Codificación de protección de errores óptima para información de ACK/NACK/PRE/POST de MIMO

5 **Campo técnico**

El campo técnico se refiere a las comunicaciones de datos y, en particular, a los mensajes de codificación de comunicación de paquetes de datos de múltiple entrada múltiple salida (MIMO).

10 **Antecedentes**

El protocolo de petición automática (ARQ) es el esquema básico usado en las comunicaciones de datos en el que la estación receptora solicita la retransmisión de un paquete de datos si se produce un error, es decir, que fue recibido con errores que no pueden ser corregidos o que no fue recibido en absoluto. El término "paquete de datos" se usa aquí en el sentido general de cualquier tipo de unidad de datos. Con referencia a la figura 1, un sistema 10 de comunicaciones incluye un transmisor 12 y receptor 14. El transmisor 12 envía uno o más paquetes de datos al receptor 14. El receptor 14 envía un mensaje de acuse de recibo (ACK) al transmisor 12 para indicar que ha recibido correctamente un paquete de datos. Alternativamente, el receptor 14 envía un mensaje de acuse de recibo negativo (NACK) al transmisor 12 para indicar que no ha recibido un paquete de datos a tiempo o que no ha recibido correctamente un paquete de datos.

La figura 2 ilustra la secuencia de acontecimientos. El transmisor 12 envía el paquete A al receptor 14 que detecta algún tipo de error. Por lo que el receptor devuelve un mensaje NACK. El transmisor 12 renvía el paquete A, y como es recibido correctamente esta segunda vez, el receptor 14 envía un mensaje ACK de vuelta. El siguiente paquete B puede entonces ser enviado. Por supuesto, hay esquemas ARQ más complicados, tales como ARQ híbrida (HARQ), que se basan en este protocolo ARQ fundamental. HARQ se usa en las comunicaciones de radio para permitir una recuperación más rápida de los errores mediante el almacenamiento de paquetes dañados en el dispositivo receptor en lugar de desecharlos. Incluso si los paquetes retransmitidos tienen errores, un buen paquete puede ser derivado de la combinación de los malos. HARQ se usa, por ejemplo, en el acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA), que es un servicio de datos digital de alta velocidad 3G proporcionado por soportes celulares para proporcionar velocidades de bits más rápidas por la interfaz aérea. HSDPA es una importante mejora de la tecnología de acceso múltiple de división de código de banda ancha (WCDMA), que añade canales adicionales y aplica selectivamente diferentes técnicas de modulación y codificación.

La figura 3 muestra un ejemplo simplificado de un sistema 15 de comunicación HSDPA, donde un equipo de usuario (UE) 17 (a veces llamado un terminal o estación de radio móvil) recibe paquetes de datos por el aire desde una estación base 19 (a veces llamada un Nodo B). Los paquetes se transmiten mediante enlace descendente usando un canal compartido de enlace descendente de alta velocidad (HS-DSCH). La estación base usa un canal de control compartido de alta velocidad (HS-SCCH) para enviar la información de control de capa física correspondiente (por ejemplo, identidad del UE y asignación de código de difusión e información de descodificación que también soporta combinación suave en caso de retransmisión). En la figura, el HS-SCCH se usa para informar al UE 17 del destinatario pretendido del paquete de datos que se va a transmitir. En la dirección de enlace ascendente, el UE 17 usa un canal de control físico dedicado de alta velocidad (HS-DPCCH) para transmitir a la estación base 19 mensajes ACK y NACK, mensajes preámbulo (PRE) y postámbulo (POST), y la información de retroalimentación sobre la calidad del canal de enlace descendente.

La comunicación a través de canales HSDPA se produce como tramas de subtramas previstas durante los intervalos de tiempo de transmisión (TTI), es decir, una subtrama es un TTI (por ejemplo, 2 ms para HSDPA). Una subtrama en el HS-DSCH se puede usar para transmitir un paquete de datos o de otra unidad. Para facilitar la decodificación eficiente del UE de un paquete de datos en una subtrama en el HS-DSCH dirigida a ese UE, el UE primero recibe una indicación en el HS-SCCH de que el paquete está dirigido a él, así como la información necesaria para demodular canales de código asignados. Si el UE 17 determina, basándose en el indicador de avance en el HS-SCCH que el próximo paquete está destinado para el UE 17, se envía un mensaje PRE de vuelta a la estación base 19 a través del HS-DPCCH para reconocer que está dispuesto para recibir y decodificar ese paquete de datos. Después de que el paquete de datos se ha transmitido, lo que puede llevar múltiples TTI, y el UE detecta que ha recibido el final del paquete, el UE 17 reconoce ese hecho mediante el envío de un mensaje POST de vuelta a la estación base 19 a través del HS-DPCCH.

La figura 4 ilustra un ejemplo de la relación de temporización entre los mensajes y los paquetes enviados en el HS-SCCH, HS-DSCH, y el HS-DPCCH. Cuando el UE detecta la información de control dirigida a este en la subtrama N en el HS-SCCH, el UE transmite un preámbulo (PRE) en la subtrama N-1 en el HS-DPCCH. Después de decodificar el paquete HS-DSCH y transmitir el ARQ híbrido ACK/NACK en la subtrama N en el HS-DPCCH, el UE transmite un postámbulo (POST) en la subtrama N+1 en el HS-DPCCH (a menos que se detecte un paquete en la subtrama N+1 en el HS-DSCH, en cuyo caso se envía un ACK/NACK, o información de control de HS-SCCH se detecta en la subtrama N+2, en cuyo caso se envía PRE). En consecuencia, una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK es típicamente precedida de un TTI que contiene la señal PRE. Una serie de TTI contiene señales ACK/NACK

puede ser también sustituido por un TTI que contiene la señal POST.

Para mejorar el rendimiento de la detección de ACK/NACK/PRE/POST, una estructura de enrejado puede ser empleada por el canal de señalización ACK/NACK (por ejemplo, el HS-DPCCH) como se muestra en la figura 5. Para una sesión de datos, un UE de interés comienza en un estado de transmisión discontinua (DTX) en el que no se envía nada a través del HS-DPCCH. Mientras el HS-SCCH se dirige a otros UE, el UE de interés permanece en el estado DTX. Si el HS-SCCH se dirige al UE de interés, entonces el UE se mueve desde el estado DTX al estado PRE donde un mensaje PRE se envía a través del HS-DPCCH. Mientras que en el estado PRE en la subtrama N-1, el UE demodula y decodifica el paquete HS-DSCH en la subtrama N y envía un mensaje ACK o NACK a través del HS-DPCCH en la subtrama N, dependiendo de si el HS-DSCH es recibido correctamente. Después de enviar un ACK o NACK a través del HS-DPCCH, el UE cambia del estado PRE al estado ACK/NACK donde puede continuar recibiendo datos en el HS-DSCH en la subtrama N+1. En ese caso, el UE envía un ACK o NACK en el HS-DPCCH y permanece en el estado ACK/NACK. Alternativamente, si no hay más datos en el HS-DSCH en la subtrama N+1, o información en el HS-SCCH en la subtrama N+2 se dirige a otro UE, el UE envía un mensaje POST en el HS-DPCCH durante la subtrama N+1 y cambia de nuevo al estado DTX. Si no hay más datos en el HS-DSCH para el UE durante la subtrama N+1, pero el HS-SCCH se dirige al UE en la subtrama N+2, entonces ese UE envía un mensaje PRE en el HS-DPCCH durante la subtrama N+1 y cambia de nuevo al estado PRE.

Los mensajes ACK y NACK son mensajes importantes que necesitan ser recibidos de forma fiable y correcta. La codificación de canal es una manera de proporcionar una mayor fiabilidad de mensaje. Actualmente en la versión 5 de HSDPA, los mensajes ACK y NACK de HARQ se envían usando la codificación de repetición de más de 10 bits. En otras palabras, un binario "1" se repite diez veces para un mensaje ACK y un binario "0" se repite diez veces para un mensaje NACK. Cuantos más bits de repetición se usen para codificar el mensaje, de forma más fiable puede el receptor decodificar con precisión la información recibida y extraer el mensaje que fue transmitido en realidad. Un código de repetición es un código lineal en el sentido de que una palabra de código  $w$  pueden ser representada por  $w=xG$ , donde  $G$  es una llamada matriz de generador para el código lineal y  $x$  es el bit de información (1 ó 0). La matriz de generador para el código de repetición mencionado anteriormente es:

$$G = [1111111111].$$

Tal esquema de codificación de repetición de 10 bits ha sido empleado para los mensajes ACK/NACK a transmitir tal como se definen ilustrados en la tabla de abajo, donde la salida se indica  $w_0, w_1, \dots, w_9$ . Los mensajes PRE y POST se transmiten usando otras dos palabras de código, también mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1

Mensaje HARQ-ACK	$w_0$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$
ACK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
NACK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PRE	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
POST	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0

Múltiple entrada múltiple salida (MIMO) se está introduciendo en las comunicaciones inalámbricas para mejorar las tasas de transmisión y el rendimiento general. MIMO significa que se usan múltiples antenas de transmisión y/o múltiples antenas receptoras. Cuando se usan dos antenas de transmisión y dos o más antenas de recepción, dos flujos de datos simultáneos pueden ser enviados, lo que duplica la velocidad de datos. Múltiples receptores solo permiten mayores distancias entre los dispositivos inalámbricos.

La figura 6 muestra un ejemplo de un sistema de comunicaciones que emplea MIMO de doble flujo. La estación base transmite dos flujos 1 y 2 de datos al UE. En la primera transmisión, el primer flujo de datos en este ejemplo incluye el paquete de datos A y el segundo flujo de datos incluye el paquete de datos B. La señalización HS-SCCH informa al UE que hay dos flujos de datos siendo transmitidos por la estación base a través del HS-DSCH dirigidos a ese UE. El UE envía mensajes ACK/NACK para cada una de los dos flujos usando el HS-DPCCH.

El documento US 2005/030964 (en el párrafo 228) discute la señalización de retroalimentación ACK/NACK e implica métodos de reducir errores en la recepción de ACK/NACK. Mediante la agrupación de órdenes ACK relativamente cerca de otras órdenes NACK y órdenes NACK relativamente cerca de otras órdenes ACK pero a una distancia comparativamente mayor del grupo de ACK, se establece que el riesgo de malinterpretar un ACK como un NACK y viceversa se reduce. No hay sin embargo divulgación de cómo tal agrupación debería ser adaptada para proporcionar una mejora también en un escenario de señalización de ACK/NACK de MIMO sin introducir tasas de error más altas o una potencia de transmisión más alta para mantener la misma tasa de error.

MIMO incrementa el nivel de la señalización de ACK/NACK. Como se ilustra en la figura 7, en una transmisión de

5 doble flujo o dual (con la codificación separada de cada flujo), hay cuatro valores posibles para grupos o combinaciones de mensajes ACK/NACK. Continuando con el ejemplo de la figura 6, se reciben las transmisiones de flujos de datos primera y segunda desde la estación base de los paquetes A y B, pero solo se recibe con éxito el paquete B. Por lo tanto, un mensaje NACK se devuelve para el paquete A (del 1<sup>er</sup> flujo) y un mensaje de ACK para el paquete B (del 2<sup>o</sup> flujo). En la siguiente TTI, la estación base envía los paquetes A y C, pero solo se recibe con éxito el paquete A. Por lo tanto, un mensaje ACK es devuelto para el paquete A (1<sup>er</sup> flujo) y un mensaje NACK para el paquete C (2<sup>o</sup> flujo). En la siguiente TTI, la estación base envía los paquetes D (1<sup>er</sup> flujo) y C (2<sup>o</sup> flujo) que ambos son recibidos correctamente de modo que el UE envía dos mensajes ACK. El cuarto grupo o combinación (no ilustrado) de ACK/NACK en ambos paquetes transmitidos no son recibidos con éxito dando como resultado que el UE envíe dos mensajes NACK.

15 Para dar cabida a un esquema de MIMO de dos flujos en el esquema de codificación de protección de errores ACK/NACK de diez bits en el HSDPA actual, esos diez bits se pueden usar para llevar un mensaje ACK /NACK para cada flujo simplemente repitiendo el bits ACK/NACK cinco veces en lugar de diez, cinco "1" para ACK y cinco "0" para NACK. De este modo, dos ACK/NACK se pueden encajar en los diez bits disponibles en el actual HS-DPCCH. Con este esquema las siguientes palabras de código se asignan a las diferentes combinaciones de ACK/NACK.

20 ACK (1<sup>er</sup> flujo) y ACK (2<sup>o</sup> flujo): 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1  
 ACK (1<sup>er</sup> flujo) y NACK (2<sup>o</sup> flujo): 1 1 1 1 1 0 0 0 0 0  
 NACK (1<sup>er</sup> flujo) y ACK (2<sup>o</sup> flujo): 0 0 0 0 0 1 1 1 1 1  
 NACK (1<sup>er</sup> flujo) y NACK (2<sup>o</sup> flujo): 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

25 Este es un código lineal, y por lo tanto, la palabra de código puede ser generada por una operación módulo-2  $w = xG$ , donde la matriz de generador, en este caso es:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

30 y el vector de información es  $x = [b(1) \ b(2)]$ , y donde  $b(1)$  es el bit ACK/NACK para el 1<sup>er</sup> flujo y  $b(2)$  es el bit ACK/NACK para el 2<sup>o</sup> flujo. Pero un problema con este enfoque es que la protección de errores para los mensajes ACK/NACK es considerablemente menor que en el caso de la codificación de repetición de diez bits. El resultado es o bien tasas de error más altas, o una potencia de transmisión más alta para mantener la misma tasa de error. Tampoco es una solución atractiva. Lo que se necesita es un esquema de codificación diferente que proporcione la protección de errores necesaria y optimice el número de bits de codificación para múltiples flujos MIMO, por ejemplo, dos, tres, cuatro, etc.

35 **Sumario**

Es por lo tanto un objeto de las realizaciones en este documento permitir suficiente protección de errores para múltiples flujos MIMO mientras se optimiza el número de bits de codificación requeridos para lo mismo.

40 Esto se logra proporcionando métodos de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 3, así como proporcionando aparatos de acuerdo con las reivindicaciones 5 y 7.

45 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 es un sistema de comunicaciones de datos de ejemplo que emplea un protocolo ARQ;

la figura 2 ilustra un escenario ARQ básico;

50 la figura 3 es un sistema de comunicaciones de radio HSDPA de ejemplo simplificado;

la figura 4 es un diagrama que ilustra una temporización de ejemplo para las comunicaciones entre una estación base y un equipo de usuario en el sistema de la figura 3 a través del HS-SCCH, HS-DSCH y HS-DPCCH;

55 la figura 5 es un diagrama de estado para señalización de ACK/NACK extendida en un sistema de comunicaciones de radio HSDPA de ejemplo:

la figura 6 es una comunicación MIMO de dos flujos en un sistema de comunicaciones de radio de ejemplo;

60 la figura 7 ilustra un escenario ARQ básico en el ejemplo de comunicación MIMO de dos flujos de la figura 5;

la figura 8 ilustra una primera situación de codificación con una distancia de Hamming de cinco;

la figura 9 ilustra una segunda situación de codificación con una distancia de Hamming de tres;

5 la figura 10 es un diagrama de bloques de función simplificada de una comunicación de radio MIMO de dos flujos de ejemplo no limitativo que usa un conjunto de códigos no lineal 10, 6, 6 para proteger de error los mensajes ACK/NACK/PRE/POST en un sistema de comunicaciones por radio HSDPA de ejemplo; y

10 la figura 11 es un diagrama de bloques de función simplificada de una comunicación de radio MIMO de dos flujos de ejemplo no limitativo que usa un conjunto de códigos no lineal 10, 4, 6 para proteger de error los mensajes ACK/NACK en un sistema de comunicaciones de radio HSDPA de ejemplo.

**Descripción detallada**

15 En la siguiente descripción, con fines de explicación y de no limitación, se exponen detalles específicos, tales como nodos particulares, entidades funcionales, técnicas, protocolos, normas, etc. con el fin de proporcionar un entendimiento de la tecnología descrita. En otros ejemplos, se omiten descripciones detalladas de métodos, dispositivos, técnicas, etc. bien conocidas para no ensombrecer la descripción con detalles innecesarios. Los bloques de función individuales se muestran en las figuras. Los expertos en la técnica apreciarán que las funciones de esos bloques pueden ser implementadas usando circuitos de hardware individuales, usando programas de software y datos en conjunción con un microprocesador programado adecuado o un ordenador de fines generales, usando circuitos integrados específicos de aplicaciones (ASIC), sistemas lógicos programables, y/o usando uno o más procesadores de señal digital (DSP). Será evidente para el experto en la técnica que otras realizaciones pueden ser practicadas a parte de los detalles específicos divulgados abajo.

25 El objetivo es emplear un esquema de codificación óptima para señalización de ACK/NACK en un contexto de MIMO como se describe en los antecedentes. Hay típicamente tres características que definen las propiedades de un conjunto de códigos o libro de códigos incluida la longitud de cada palabra de código en el conjunto de códigos (es decir, el número total de bits en cada palabra de código), el número total de palabras de código válido en el conjunto de código, y la distancia de Hamming mínima entre dos palabras de código distintas válidas en el conjunto de códigos. Cuando dos palabras se comparan, la distancia de Hamming es el número de posiciones de símbolo para el que los símbolos correspondientes son diferentes. Por ejemplo, la distancia de Hamming entre códigos de palabras 1011101 y 1001001 es 2 porque los valores de bit en dos posiciones de bit difieren.

35 La figura 8 ilustra un primer conjunto de palabra de código con una distancia de Hamming de cinco, lo que significa que cada palabra de código en el libro de códigos difiere de todas las otras palabras de código en el libro de cinco valores de símbolo o bits. La palabra de código A transmitida originalmente tiene una distancia de Hamming de cinco con respecto a otra palabra de código B en el conjunto de códigos. Cuando se recibe la palabra de código A transmitida, sin embargo, dos de los bits se detectan como valores diferentes de lo que eran cuando la palabra de código A fue transmitida. Afortunadamente, como la distancia de Hamming para el conjunto de códigos es cinco, la palabra de código recibida tiene una distancia de Hamming de dos desde la palabra de código A y una distancia de Hamming de tres desde la palabra de código B. El receptor elige la palabra de código con la distancia de Hamming más corta, lo que en este caso es la palabra de código A correcta.

45 Pero los resultados son menos favorables cuando la distancia de Hamming para un conjunto de códigos disminuye. Por ejemplo, la figura 9 ilustra un segundo conjunto de códigos con una distancia de Hamming de tres. Cuando se recibe la palabra de código A transmitida, dos de los bits se detectan de nuevo como valores diferentes de lo que eran cuando fue transmitida la palabra de código A. Como la distancia de Hamming para el conjunto de códigos es solo tres, la palabra de código recibida tiene una distancia de Hamming de dos desde la palabra de código A. Pero la palabra de código recibida tiene una distancia de Hamming aún más corta de uno desde la palabra de código B incorrecta. El receptor elige la palabra de código B ya que tiene la distancia de Hamming más corta, que en este caso es la palabra de código incorrecta. Así que un libro de códigos con una distancia de Hamming mayor es deseable.

55 Los inventores descubrieron un conjunto de códigos óptimo para la codificación de un mensaje ARQ. Un mensaje ARQ de ejemplo no limitativo puede incluir señales ACK y/o NACK, un indicador ACK o NACK por flujo de MIMO, y posiblemente también un preámbulo (PRE) y un postámbulo (POST) para su uso en diversos esquemas de MIMO, tales como MIMO de 2 flujos, 3 flujos y 4 flujos. Uno o típicamente una serie de TTI contiene señales ACK/NACK puede ir precedido de un TTI que contiene una señal de preámbulo (PRE). Uno o una serie de TTI que contiene señales ACK/NACK puede ser sucedido además por un TTI que contiene una señal de postámbulo (POST). Por lo tanto, en cualquier TTI, una de estas seis señales se puede enviar.

65 Una realización de ejemplo no limitativo preferida usa un conjunto de códigos no lineal óptimo en el que la distancia de Hamming mínima entre todas las palabras de código en el conjunto de códigos logra el límite de Plotkin, que es la distancia Hamming mínima más larga que jamás se puede lograr. Para un caso de MIMO de 2 flujos con PRE, POST y cuatro combinaciones posibles de ACK/NACK diferentes, se usan seis palabras de código. Las cuatro combinaciones posibles diferentes de señales ACK/NACK para dos flujos de MIMO incluyen: 1) ACK/ACK, 2)

5 ACK/NACK, 3) NACK/ACK y 4) NACK/NACK. Uno de estos pares de ACK/NACK se envía durante la transición desde el estado ACK/NACK de nuevo al estado ACK/NACK de acuerdo con el diagrama de estado en la figura 5. Un indicador ACK o NACK se envía por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión. El PRE se envía durante la transición desde el estado DTX al estado PRE y también durante la transición desde el estado ACK/NACK al estado PRE. El POST se envía durante la transición desde el estado ACK/NACK al estado DTX. Cada una de las seis palabras de código en el libro de códigos tiene una longitud de 10 bits, y la distancia de Hamming mínima entre cualquier par de las palabras de código distintas es 6. Por lo tanto el conjunto de códigos ha fijado una propiedad de conjunto de códigos de  $C_{10,6,6}$ .

10 En términos más generales, la notación de propiedad de conjunto de códigos  $C_{i,j,k}$  se usa donde el primer subíndice  $i$  indica la longitud del código (número de bits codificados), el segundo subíndice  $j$  indica el número de palabras de código, y el tercer subíndice  $k$  indica la distancia de Hamming mínima entre cualquier par de palabras de código distinta en ese conjunto de códigos. La propiedad de conjunto de códigos descubierta  $C_{0,6,6}$  es no lineal ya que la relación  $w = xG$  no puede ser usada para generar una palabra de código dentro de un conjunto de códigos que tiene esa propiedad de conjunto de códigos  $C_{10,6,6}$ . (A veces una propiedad de conjunto de códigos no lineal es referida simplemente como un código no lineal ajustado con el entendimiento de que el conjunto de códigos tiene una propiedad de conjunto de códigos particular  $C_{i,j,k}$ ). Por otra parte, como el subconjunto de  $C_{10,6,6}$  con las cuatro palabras de código asociadas con las operaciones de ACK/NACK no puede ser generado por  $w = xG$ , el subconjunto de  $C_{10,6,6}$  también tiene una propiedad de códigos no lineal.

20 Para un caso de MIMO de 3 flujos, los inventores determinaron que 10 palabras de código deberían ser usadas basándose en las ocho diferentes combinaciones posibles de señales ACK/NACK para los tres flujos de MIMO incluyendo: 1) ACK/ACK/ACK, 2) ACK/ACK/NACK, 3) ACK/NACK/ACK, 4) ACK/NACK/NACK, 5) NACK/ACK/ACK, 6) NACK/ACK/NACK, 7) NACK/NACK /ACK, 8) NACK/NACK/NACK. Uno de estos mensajes se envía durante la transición desde el estado ACK/NACK de nuevo al estado ACK/NACK de acuerdo con el diagrama de estado en la figura 5. Un indicador ACK o NACK se envía por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión. El PRE se envía durante la transición desde el estado DTX al estado PRE y también durante la transición desde el estado ACK/NACK al estado PRE. El POST se envía durante la transición desde el estado ACK/NACK al estado DTX. Por lo tanto, en general hay 10 mensajes que se pueden enviar en HS-DPCCH. Un conjunto de códigos lineal óptimo en este caso tiene 10 palabras de código, cada una de longitud 10y y la distancia mínima de Hamming entre cualquier par de las palabras de código distintas es 5. Por lo tanto, el conjunto de códigos no lineal óptimo tiene la propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10,10,5}$ .

35 Para el caso de MIMO de 4 flujos, los inventores determinaron que 18 palabras de código deberían ser usadas basándose en las 16 posibles combinaciones de señales o indicadores ACK/NACK para cuatro flujos de MIMO, además de un PRE y POST. Un indicador ACK o NACK es enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión. En consecuencia, hay 18 palabras de código en el libro de códigos, cada uno de 10 bits de longitud, y la distancia mínima de Hamming entre cualquier par de las palabras de código distintas es 4. El conjunto de códigos óptimo tiene el código de establecer la propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10,10,4}$ .

40 Para una situación de MIMO de 2 flujos, tal como el ejemplo mostrado en la figura 6, se describe un ejemplo que ilustra cómo un conjunto de códigos óptimo que tiene la propiedad de conjunto de códigos no lineal  $C_{10,6,6}$  es construido. Sin embargo, el conjunto de códigos óptimo no se limita a esta construcción particular. En su lugar, cualquier conjunto de códigos que tiene la propiedad de conjunto de códigos  $C_{10,6,6}$  se puede usar. Por ejemplo, una máscara puede ser usada para transformar los valores de las mismas palabras de código, pero el conjunto de códigos enmascarado todavía tendrá la propiedad de conjunto de códigos  $C_{10,6,6}$ . También, cualquier permutación de los bits codificados conserva la distancia de Hamming mínima y por lo tanto da lugar a otro conjunto de códigos con la misma propiedad de conjunto de códigos.

50 Es conocido que se puede derivar un código óptimo con una longitud de palabra de código menor o igual a 12 comenzando con una matriz de Hadamard de tamaño  $12 A_{12}$ .

```

55 1111111111
    101011100010
    100101110001
    110010111000
    101001011100
    100100101110
    100010010111
60 110001001011
    111000100101
    111100010010
    101110001001
    110111000100

```

Una matriz de Hadamard es una matriz cuadrada cuyas entradas son ya sea 1 ó 0 y cuyas filas son ortogonales

entre sí, lo que significa que cada dos filas diferentes en una matriz de Hadamard representan dos vectores perpendiculares cuyo producto vectorial es cero. A continuación, un código de longitud 11 y una distancia mínima de 6 se obtiene mediante la supresión de la primera columna de la matriz de Hadamard  $A_{12}$  para producir el siguiente conjunto de códigos  $C_{11, 12, 6}$ .

- 5 CW0 = [11111111111]
- CW1 = [01011100010]
- CW2 = [00101110001]
- CW3 = [10010111000]
- 10 CW4 = [01001011100]
- CW5 = [00100101110]
- CW6 = [00010010111]
- CW7 = [10001001011]
- CW8 = [11000100101]
- 15 CW9 = [11100010010]
- CW10 = [01110001001]
- CW11 = [10111000100]

20 Una columna del conjunto de códigos  $C_{11, 12, 6}$  puede ser arbitrariamente elegida para ordenar las palabras de código en dos subconjuntos: uno con 1 en una columna elegida particular y el otro con 0 en la misma columna elegida. Los dos subconjuntos contienen cada uno 6 palabras de código. Después de la perforación de la columna de clasificación elegida, cualquiera de estos subconjuntos puede ser elegido para formar un código óptimo de longitud 10 y distancia mínima de 6.

25 Por ejemplo, la primera columna del conjunto de códigos  $C_{11, 12, 6}$  puede ser elegida para tal clasificación. Un conjunto de códigos óptimo  $C_{10, 6, 6}$  puede obtenerse a partir del subconjunto con 1 en la primera columna. Retirar la primera columna de entre esos códigos  $C_{11, 12, 6}$  que tienen un 1 en la primera columna, (CW0, CW3, CW7, CW8, CW09 y CW 11), produce seis palabras de código reenumeradas como:

- 30 CW0 = [1111111111]
- CW1 = [0010111000]
- CW2 = [0001001011]
- CW3 = [1000100101]
- CW4 = [1100010010]
- 35 CW5 = [0111000100]

Estas seis palabras de código pueden ser usadas para representar los seis posibles mensajes de HS-DPCCH como se muestra en la Tabla 2. Nótese que el subcódigo que contienen los indicadores ACK/NACK es un código no lineal.

40

Tabla 2

Mensaje HARQ-ACK		$w_0$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$
Respuesta al 1 <sup>er</sup> bloque	Respuesta al 2 <sup>o</sup> bloque										
ACK	ACK	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
ACK	NACK	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0
NACK	ACK	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1
NACK	NACK	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1
Indicación PRE/POST											
PRE		1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
POST		0	1	1	1	0	0	0	1	0	0

45 El mínimo o distancia de Hamming entre cualquier señal es seis. La transformada de Hadamard, una clase generalizada de transformada de Fourier, es una ejemplo no limitativo de una transformada que puede ser empleada en un receptor para decodificar las palabras de código en este conjunto de códigos que tiene la propiedad de conjunto de códigos  $C_{10, 6, 6}$ .

50 Como se mencionó anteriormente, el conjunto de códigos puede ser enmascarado, permutado, o de otra manera transformado sin cambiar la propiedad de conjunto de códigos subyacente  $C_{10, 6, 6}$ . Por ejemplo, un conjunto de códigos que difiere del conjunto de códigos mostrado en la Tabla 2 por una máscara y una permutación pero que

también tiene la misma propiedad de conjunto de códigos no lineal  $C_{10, 6, 6}$  para las seis palabras de código diferentes enviadas a través del HS-DPCCH es expuesto en la Tabla 3.

Tabla 3

Mensaje HARQ-ACK		$w_0$	$w_1$	$w_2$	$w_3$	$w_4$	$w_5$	$w_6$	$w_7$	$w_8$	$w_9$
Respuesta al 1 <sup>er</sup> bloque	Respuesta al 2 <sup>o</sup> bloque										
ACK	ACK	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1
ACK	NACK	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
NACK	ACK	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1
NACK	NACK	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Indicación PRE/POST											
PRE		0	0	1	0	0	1	0	0	1	0
POST		0	1	0	0	1	0	0	1	0	0

5 Si la configuración de recursos del sistema cambia en la evolución futura de la especificación del sistema, las palabras de código de diferentes longitudes podrían ser necesarias. La tecnología descrita aquí puede extenderse a la construcción de palabras de código de diferentes longitudes. Por ejemplo, una construcción de un conjunto de códigos no lineal óptimo  $C_{16, 6, 9}$  de longitud 16 y la distancia mínima 9 se demuestra a continuación. A partir del conjunto de códigos óptimo  $C_{10, 6, 6}$  dado anteriormente, seis columnas más se añaden al conjunto de códigos. Cuatro columnas adicionales pueden ser repeticiones de las columnas 1<sup>a</sup>, 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup> y 9<sup>a</sup> T de  $C_{10, 6, 6}$ . Dos columnas más incluyen cuatro consecutivas y dos ceros consecutivos. El resultado de este ejemplo para las palabras de código en conjunto de códigos óptimo  $C_{16, 6, 9}$  son:

- 15 CW0 = [1111111111111110]
- CW1 = [0010111000000010]
- CW2 = [0001001011010111]
- CW3 = [1000100101101011]
- 20 CW4 = [1100010010100101]
- CW5 = [0111000100011001]

Para MIMO de 3 flujos, se necesitan  $2^3+2=10$  palabras de código. Una vez más, comenzar con una matriz de Hadamard tamaño  $12 \times 12$ :

- 25 111111111111
- 101011100010
- 100101110001
- 110010111000
- 101001011100
- 30 100100101110
- 100010010111
- 110001001011
- 111000100101
- 111100010010
- 35 101110001001
- 110111000100

A continuación, un conjunto de códigos no lineal óptimo  $C_{11, 12, 6}$  de longitud 11 y distancia mínima 6 se obtiene mediante eliminando la 1<sup>a</sup> columna:

- 40 CW0 = [11111111111]
- CW1 = [01011100010]
- CW2 = [00101110001]
- CW3 = [10010111000]
- 45 CW4 = [01001011100]
- CW5 = [00100101110]
- CW6 = [00010010111]
- CW7 = [10001001011]
- CW8 = [11000100101]
- 50 CW9 = [111100010010]

CW10 = [01110001001]  
 CW11 = [10111000100]

5 El conjunto de códigos  $C_{11, 12, 6}$  puede ser perforado de nuevo para dar un código óptimo de longitud 10 y distancia mínima 6. Esto se puede lograr eliminando cualquier columna de la lista anterior. Por ejemplo, la perforación del primer bit de  $C_{11, 2, 6}$  da el siguiente conjunto de códigos  $C_{10, 12, 5}$ .

10 CW0 = [1111111111]  
 CW1 = [1011100010]  
 CW2 = [0101110001]  
 CW3 = [0010111000]  
 CW4 = [1001011100]  
 CW5 = [0100101110]  
 15 CW6 = [0010010111]  
 CW7 = [0001001011]  
 CW8 = [1000100101]  
 CW9 = [1100010010]  
 CW10 = [1110001001]  
 20 CW11 = [0111000100]

25 Para codificar las 10 señales requeridas para MIMO de 3 flujos, 10 palabras de código pueden ser elegidas arbitrariamente de entre estas 12 palabras de código. El mínimo o distancia de Hamming entre cualquier mensaje HS-DPCCH es de al menos 5. El subcódigo que contiene las 8 combinaciones de indicadores ACK/NACK es un código no lineal. Una vez más, la transformada de Hadamard se puede emplear en un receptor para decodificar el código. La propiedad de conjunto de códigos no lineal  $C_{10, 12, 5}$  se puede implementar usando diferentes palabras de código, como se explicó anteriormente, siempre y cuando tengan la propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 12, 5}$ .

30 Para MIMO de 4 flujos, se necesitan  $2^4+2=18$  palabras de código. Un conjunto de códigos óptimo que tiene palabras de código de longitud 9 y distancia mínima de 4 contiene 20 palabras de código. Este conjunto de códigos óptimo puede ser construido en un ejemplo no limitativo de una matriz de conferencia de tamaño 10. Una matriz de conferencia (también llamada una matriz C) es una matriz cuadrada C con 0 en la diagonal y 1 y 0 fuera de la diagonal, de manera que  $C^T C$  es un múltiplo de la matriz identidad I. Estas palabras de código se dan a continuación:

35  $C_{9, 20, 4}$   
 CW0 = [000000000]  
 CW1 = [111001010]  
 CW2 = [111100001]  
 40 CW3 = [111010100]  
 CW4 = [010111001]  
 CW5 = [001111100]  
 CW6 = [100111010]  
 CW7 = [001010111]  
 45 CW8 = [100001111]  
 CW9 = [010100111]  
 CW10 = [100110101]  
 CW11 = [010011110]  
 CW12 = [001101011]  
 50 CW13 = [101100110]  
 CW14 = [110010011]  
 CW15 = [011001101]  
 CW16 = [110101100]  
 CW17 = [011110010]  
 55 CW18 = [101011001]  
 CW19 = [111111111]

60 Un conjunto de códigos no lineal de ejemplo para los 18 mensajes de HS-DPCCH puede ser construido como sigue. En primer lugar, un "1" se añade a las palabras de código CW0 y CW 19. En segundo lugar, dos palabras de código de las palabras de código CW1, CW2, ..., CW18 son arbitrariamente descartadas y las 16 palabras restantes de código se añaden con un "0". Por ejemplo, si las palabras de código CW17 y CW18 de  $C_{9, 20, 4}$  se descartan, un conjunto de códigos lineal óptimo para los 18 mensajes de HS-DPCCH en esta situación de MIMO de 4 flujos viene dada por:

65  $C_{10, 18, 4}$   
 CW0 = [0000000001]

CW1 = [1110010100]  
 CW2 = [1111000010]  
 CW3 = [1110101000]  
 CW4 = [0101110010]  
 5 CW5 = [0011111000]  
 CW6 = [1001110100]  
 CW7 = [0010101110]  
 CW8 = [1000011110]  
 CW9 = [0101001110]  
 10 CW10 = [1001101010]  
 CW11 = [0100111100]  
 CW12 = [0011010110]  
 CW13 = [1011001100]  
 CW14 = [1100100110]  
 15 CW15 = [0110011010]  
 CW16 = [1101011000]  
 CW19 = [1111111111]

A pesar de que la distancia mínima de este código es 4, la palabra de código CW0 tiene una distancia de al menos 6 desde cualquiera de las otras palabras de código en el conjunto, y la palabra de código CW19 tiene una distancia de al menos 5 desde cualquiera de las otras palabras de código en el conjunto. Puede ser útil asignar CW0 para representar la señal POST árida CW19 para representar la señal PRE. Las otras 16 palabras de código en el conjunto de códigos no lineal pueden ser usadas para representar las diferentes combinaciones de ACK/NACK de los cuatro flujos individuales. En cualquier caso, la elección de 16 palabras de código de lo anterior para transmitir ACK/NACK resulta en un subcódigo que es no lineal.

La figura 10 es un diagrama de bloque de función simplificada de una comunicación de radio de MIMO de 2 flujos de ejemplo no limitativo que usa un conjunto de códigos lineal de 10, 6, 6 para proteger de error las señales ACK/NACK/PRE/POST en un sistema 30 de comunicaciones de radio HSDPA de ejemplo. El UE 32 incluye circuitos 36 de transceptor de radio acoplados a un codificador 40 de ACK/NACK/ PRE/POST y a un decodificador y detector/corrector 42 de errores de HS-DSCH/HS-SCCH. El codificador 40 está acoplado a una memoria 38 de palabra de código, que en este ejemplo almacena un libro 39 de códigos que tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 6, 6}$ . La estación base 34 incluye circuitos 44 de transceptor de radio acoplados a un decodificador 46 ACK /NACK/PRE/POST. El decodificador 46 está acoplado a una memoria 48 de palabras de código, que en este ejemplo también almacena un libro 49 de códigos que tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 6, 6}$ . El decodificador está acoplado a circuitos 50 de procesamiento.

La estación base 34 envía dos flujos 1 y 2 de datos a través del HS-DSCH al UE 32. Tal como se ha descrito anteriormente en relación con la figura 4, también envía un mensaje de indicación de transmisión de datos correspondiente que es compartido por los dos flujos de datos al UE 32 para alertar al UE de los paquetes que pronto serán transmitidos. El circuito transceptor 36 de radio en el UE proporciona el indicador de datos recibido y los paquetes que corresponden a los dos flujos en el decodificador y detector/corrector 42 de errores de HS-DSCH/HS-SCCH, que después de la decodificación, genera señales ACK/NACK/PRE/POST apropiadas. El codificador ACK/NACK/PRE/POST 40 codifica esas señales ACK/NACK/PRE/POST usando palabras de código obtenidas del libro de códigos 10, 6, 6 39 almacenadas en la memoria 38 de palabra de código. Cada palabra de código de 10 bits es entonces provista en los circuitos transceptores 36 de radio para su transmisión de vuelta a la estación base 34 a través del HS-DPCCH.

La estación base 34 recibe las palabras de código ACK/NACK/PRE/POST en su circuito transceptor 44 de radio que proporciona palabras de código demoduladas al decodificador 46 de ACK/NACK /PRE/POST. El decodificador 46 decodifica las palabras de código usando el libro 49 de códigos que, como el libro 39 de códigos, tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 6, 6}$ . Las señales ACK/NACK/PRE/POST decodificadas son provistas a los circuitos 50 de procesamiento para determinar si retransmitir un paquete o no.

Los inventores descubrieron un conjunto de códigos no lineal óptimo para codificar dos, tres, o cuatro bits de información, cuyo ejemplo son los bits ACK/NACK, en varios esquemas de MIMO, tales como MIMO de 2 flujos, 3 flujos, y 4 flujos. El conjunto de códigos no lineal óptimo para el caso de 2 flujos es  $C_{10, 4, 6}$  que se puede construir usando el mismo procedimiento que en las seis señales (4 indicadores ACK o NACK, un PRE, y un POST), el caso de 2-stream descrito anteriormente y después seleccionando cuatro de las seis palabras de código posibles. Básicamente, el código  $C_{10, 4, 6}$  es un subcódigo de  $C_{10, 6, 6}$ . Un subcódigo de un conjunto de códigos A se forma mediante la selección de un subconjunto de palabras de código desde el conjunto de códigos A. El conjunto de códigos no lineal óptimo para el envío de tres bits ACK/NACK para el caso de 3 flujos es  $C_{10, 8, 5}$  que puede ser construido usando el subcódigo del conjunto de códigos mencionado anteriormente  $C_{10, 10, 5}$ . El conjunto de códigos no lineal óptimo para el envío de cuatro bits ACK/NACK para el caso de 4 flujos es  $C_{10, 6, 4}$  que puede ser construido usando el subcódigo del conjunto de códigos mencionado anteriormente  $C_{10, 8, 4}$ . Todos estos subcódigos son códigos no lineales.

La figura 11 es un diagrama de bloques de función simplificada de una comunicación por radio de MIMO de dos flujos de ejemplo no limitativo que usa un conjunto de códigos no lineal  $C_{10, 4, 6}$  para proteger de errores los mensajes ARQ en un sistema de comunicaciones de radio HSDPA de ejemplo. La figura 11 difiere de la figura 10 en que solo cuatro mensajes correspondientes a los dos bits ACK/NACK con codificados/decodificados, y que un conjunto de códigos no lineal óptimo  $C_{10, 4, 6}$  se usa en la memoria de la palabra de código para realizar esa codificación y decodificación. En general,  $K$  bits ACK/NACK pueden ser codificados/decodificados usando un código no lineal de  $2^K$  palabras de código.

Divulgados en este documento hay métodos de protección de errores y aparatos para su uso en un sistema de comunicaciones de radio de múltiple entrada múltiple salida (MIMO). Un sistema de comunicaciones de radio de ejemplo es un sistema de acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad (HSDPA) en el que los aparatos y métodos pueden ser implementados en una estación de radio móvil o en una estación base de radio. En una realización de ejemplo, un receptor de radio recibe dos o más flujos de datos de MIMO a través de una interfaz de radio. Un decodificador decodifica los flujos de datos de MIMO recibidos para cada intervalo de tiempo de transmisión. Un codificador codifica el mensaje ARQ usando una palabra de código de un conjunto de códigos no lineal.

En otra realización de ejemplo para su uso en un sistema de comunicaciones de radio de múltiple entrada múltiple salida (MIMO), un transmisor transmite en intervalos de tiempo de transmisión una o más unidades de datos para dos o más flujos de datos de MIMO para cada intervalo de tiempo de transmisión. Un decodificador decodifica el mensaje ARQ usando una palabra de código del conjunto de códigos no lineal.

El mensaje ARQ incluye uno o ambas señales de acuse de recibo (ACK) y acuse de recibo negativo (NACK). En una primera implementación de ejemplo, el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes pares de acuse de recibo (ACK) y/o acuse de recibo negativo (NACK), con un indicador ACK o NACK por flujo de MIMO: ACK/ACK, ACK/NACK, NACK/ACK, y NACK/NACK. El conjunto de códigos no lineal para un sistema de dos flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 4, 6}$  de manera que hay diez bits por palabra de código, cuatro palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las cuatro palabras de código de las restantes de las cuatro palabras de código.

En una segunda implementación de ejemplo, el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes tripletes de acuse de recibo (ACK) y/o acuse de recibo negativo (NACK), con un indicador ACK o NACK por flujo de MIMO: ACK/ACK/ACK, ACK/ACK/NACK, ACK/NACK/ACK, ACK/NACK/NACK, NACK/ACK/ACK, NACK/ACK/NACK, NACK/NACK/ACK, y NACK/NACK/NACK. El conjunto de códigos no lineal para un sistema de tres flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 8, 5}$  de manera que hay diez bits por palabra de código, ocho palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cinco entre cada una de las ocho palabras de código de las restantes de las ocho palabras de código.

En una tercera implementación de ejemplo, el mensaje ARQ incluye una de dieciséis combinaciones diferentes de cuatro mensajes ARQ que tienen una o ambas de una señal de acuse de recibo (ACK) y una señal de acuse de recibo negativo (NACK), con un indicador ACK o NACK por flujo de MIMO. El conjunto de códigos no lineal para un sistema de cuatro flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 16, 4}$  de manera que hay diez bits por palabra de código, dieciséis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cuatro entre cada una de las dieciséis palabras de código de las restantes de las dieciséis palabras de código.

En una cuarta implementación de ejemplo, el mensaje ARQ transmitido en un TTI incluye una de cuatro combinaciones diferentes de señales de acuse de recibo (ACK) y/o acuse de recibo negativo (NACK) más un preámbulo (PRE) y un postámbulo (POST). Uno o típicamente una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK es precedida de un TTI que contiene la señal de preámbulo (PRE). Uno o una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK puede ser además sucedida por un TTI que contiene la señal de postámbulo (POST). De este modo, en cualquier TTI, una de estas seis señales puede ser enviada. El conjunto de códigos no lineal para un sistema de dos flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 6, 6}$  de manera que hay diez bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las seis palabras de código de las restantes de las seis palabras de código.

En una quinta implementación de ejemplo, el mensaje ARQ incluye uno de ocho grupos diferentes de diferentes combinaciones de señales de acuse de recibo (ACK) y/o acuse de recibo negativo (NACK) más un preámbulo (PRE) y un postámbulo (POST). Uno o típicamente una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK es precedida de un TTI que contiene la señal de preámbulo (PRE). Uno o una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK puede ser además sucedida por un TTI que contiene la señal de postámbulo (POST). De este modo, en cualquier TTI, una de estas seis señales puede ser enviada. El conjunto de códigos no lineal para un sistema de tres flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{10, 10, 5}$  de manera que hay diez bits por palabra de código, diez palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cinco entre cada una de las diez palabras de código de las restantes de las diez palabras de código.

5 En una sexta implementación de ejemplo, el mensaje ARQ incluye una de cuatro combinaciones diferentes de señales de acuse de recibo (ACK) y/o acuse de recibo negativo (NACK) más un preámbulo (PRE) y un postámbulo (POST). Uno o típicamente una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK es precedida de un TTI que contiene la señal de preámbulo (PRE). Uno o una serie de TTI que contienen señales ACK/NACK puede ser además sucedida por un TTI que contiene la señal de postámbulo (POST). De este modo, en cualquier TTI, una de estas seis señales puede ser enviada. El conjunto de códigos no lineal para un sistema de cuatro flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de  $C_{16, 6, 9}$  de manera que hay dieciséis bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de nueve entre cada una de las seis palabras de código de las restantes de las seis palabras de código.

15 La tecnología descrita anteriormente resuelve los problemas técnicos descritos en los antecedentes. Los conjuntos de códigos no lineales óptimos descritos anteriormente para diferentes números de mensajes, por ejemplo, la combinación de bits ACK/NACK para MIMO de múltiples flujos con o sin señales PRE y POST, proporcionan un rendimiento significativamente mayor en comparación con los códigos de repetición simples y códigos con distancias de Hamming más cortas.

20 Aunque varias realizaciones han sido mostradas y descritas en detalle, las reivindicaciones no se limitan a cualquier realización o ejemplo particular. Por ejemplo, aunque se ha descrito principalmente en términos de MIMO de 2 flujos, 3 flujos, y 4 flujos y para la combinación de bits ACK/NACK con o sin señales PRE y POST, otros conjuntos de códigos no lineales óptimos pueden ser construidos para cualquier número mayor de flujos de MIMO, y diferentes tipos de mensajes.

25 Nada de la descripción anterior debería leerse como que implica que cualquier elemento particular, paso, intervalo o función es esencial de manera que debe ser incluido en el alcance de las reivindicaciones. El alcance de la materia patentada se define solo por las reivindicaciones. La extensión de la protección legal se define por las palabras pronunciadas en las reivindicaciones permitidas.

## REIVINDICACIONES

1.- Un método de protección de errores para uso en un sistema (20) de comunicaciones de radio de múltiple entrada múltiple salida (MIMO), que comprende:

5 recibir dos o más flujos de datos MIMO transmitidos a través de una interfaz de radio, cada flujo de datos MIMO conteniendo unidades de datos,

10 generar un mensaje de petición de repetición automática ARQ para una o más unidades de datos recibido para cada flujo de datos MIMO, y

codificar el mensaje ARQ usando una palabra de código desde un conjunto de códigos no lineal;

15 estando caracterizado el método porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de dos flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal entre el grupo:

20 C 10.4.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, cuatro palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las cuatro palabras de código del resto de las cuatro palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes pares ACK y/o NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión: ACK/NACK, ACK/ACK, NACK/ACK y NACK/NACK, o

25 C 10.6.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las seis palabras de código del resto de las seis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las cuatro combinaciones diferentes de las señales ACK y/o NACK más un preámbulo y un postámbulo, en el que uno o más intervalos de tiempo de transmisión, TTI, que contiene señales ACK/NACK son precedidos de un TTI que contiene la señal de preámbulo y opcionalmente sucedidos por un TTI que contiene la señal de postámbulo, o

30 C 16.6.9, de manera que hay dieciséis bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de nueve entre cada una de las seis palabras de código del resto de las seis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de cuatro combinaciones de señales ACK y/o NACK más un preámbulo y un postámbulo, en el que uno o más TTI que contiene señales ACK/NACK son precedidos de un TTI que contiene la señal de preámbulo y opcionalmente sucedidos por un TTI que contiene la señal de postámbulo;

35 porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de tres flujos MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal entre el grupo:

40 C 10.8.5, de manera que hay diez bits por palabra de código, ocho palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cinco entre cada una de las ocho palabras de código del resto de las ocho palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes tripletes ACK y/o NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión: ACK/ACK/ACK, ACK/ACK/NACK, ACK/NACK/ACK, ACK/NACK/NACK, NACK/ACK/ACK, NACK/ACK/NACK, NACK/NACK/ACK, y NACK/NACK/NACK o

45 C 10.10.5, de manera que hay diez bits por cada palabra de código, diez palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cinco entre cada una de las diez palabras de código del resto de las diez palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los ocho grupos diferentes de combinaciones diferentes de señales ACK y/o NACK más el preámbulo y el postámbulo, en el que uno o más TTI que contienen señales ACK/NACK son precedidos de un TTI que contiene la señal de preámbulo y opcionalmente sucedidos por un TTI que contiene la señal de preámbulo; y

50 porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de cuatro flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal de C 10.16.4, de manera que hay diez bits por palabra de código, dieciséis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cuatro entre cada una de las dieciséis palabras de código del resto de las dieciséis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las dieciséis diferentes combinaciones de cuatro señales ARQ que tienen una o ambas de una señal ACK y una señal NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión.

55 2.- El método en la reivindicación 1, en el que el sistema de comunicaciones de radio es un sistema (30, 60) de acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad, HSDPA, y el método es implementado en una estación (32) de radio móvil o en una estación bases (34) de radio.

60 3.- Un método de protección de errores para uso en un sistema (20) de comunicaciones de radio de múltiple entrada múltiple salida MIMO, que comprende:

transmitir en intervalos de tiempo de transmisión una o más unidades de datos desde dos o más canales de datos de MIMO transmitidos a través de una interfaz de radio,

5 recibir un mensaje de petición de repetición automática ARQ para una o más unidades de datos recibidas para cada flujo de datos de MIMO para cada intervalo de tiempo de transmisión, y

decodificar el mensaje ARQ usando una palabra de código desde un conjunto de códigos no lineal;

10 estando caracterizado el método porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de dos flujos de MIMO tiene una propiedad de conjuntos de códigos no lineal entre el grupo:

15 C 10.4.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, cuatro palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las cuatro palabras de código del resto de las cuatro palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes pares de acuse de recibo, ACK, y/o acuse de recibo negativo, NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión: ACK/ACK, ACK/NACK, NACK/ACK, y NACK/NACK, o

20 C 10.6.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las seis palabras de código del resto de las seis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las cuatro combinaciones diferentes de señales ACK y/o NACK más un preámbulo o un postámbulo.

25 4.- El método en la reivindicación 3, en el que el sistema de comunicaciones de radio es un sistema (30, 60) de acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad HSDPA y el método es implementado en una estación de radio móvil (32) o en una estación base (34) de radio.

30 5.- Un aparato de protección de errores para uso en un sistema (20, 30, 60) de comunicaciones de radio de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, que comprende:

un receptor (22, 32) de radio para recibir dos o más flujos de datos de MIMO transmitidos a través de una interfaz de radio, conteniendo cada flujo de datos de MIMO paquetes de datos,

35 un decodificador (42) para decodificar los flujos de datos de MIMO recibidos y generar un mensaje de petición de repetición automática, ARQ, asociado con una o más unidades de datos recibidas para cada flujo de datos de MIMO, y

un codificador (40) para codificar el mensaje ARQ usando una palabra de código desde un conjunto de códigos no lineal;

40 estando caracterizado el aparato porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de dos flujos de MIMO tiene una propiedad de conjuntos de códigos no lineal entre el grupo:

45 C 10.4.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, cuatro palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las cuatro palabras de código del resto de las cuatro palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes pares de acuse de recibo ACK, y/o acuse de recibo negativo NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión: ACK/ACK, ACK/NACK, NACK/ACK, y NACK/NACK, o

50 C 10.6.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las seis palabras de código del resto de las seis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las cuatro combinaciones diferentes de señales ACK y/o NACK más un preámbulo y un postámbulo, en el que uno o más intervalos de tiempo de transmisión, TTI, que contienen señales ACK/NACK son precedidos de un TTI que contiene la señal de preámbulo y opcionalmente sucedidos por un TTI que contiene la señal de postámbulo, o

55 C 16.6.9, de manera que hay dieciséis bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de nueve entre cada una de las seis palabras de código del resto de las seis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las cuatro combinaciones diferentes de señales de acuse de recibo ACK, y/o acuse de recibo negativo NACK más un preámbulo y un postámbulo, en el que uno o más TTI que contienen señales ACK/NACK son precedidos de un TTI que contiene la señal de preámbulo y opcionalmente sucedidos por un TTI que contiene la señal de postámbulo;

60 porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de tres flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal entre el grupo:

65

5 C 10.8.5, de manera que hay diez bits por palabra de código, ocho palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cinco entre cada una de las ocho palabras de código del resto de las ocho palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes tripletes ACK y/o NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión: ACK/ACK/ACK, ACK/ACK/NACK, ACK/NACK/ACK, ACK/NACK/NACK, NACK/ACK/ACK, NACK/ACK/NACK, NACK/NACK/ACK, y NACK/NACK/NACK o

10 C 10.10.5, de manera que hay diez bits por cada palabra de código, diez palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cinco entre cada una de las diez palabras de código del resto de las diez palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los ocho grupos diferentes de combinaciones diferentes de señales ACK y/o NACK más el preámbulo y el postámbulo, en el que uno o más TTI que contienen señales ACK/NACK son precedidos de un TTI que contiene la señal de preámbulo y opcionalmente sucedidos por un TTI que contiene la señal de preámbulo; y

15 porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de cuatro flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal C 10.16.4, de manera que hay diez bits por palabra de código, dieciséis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de cuatro entre cada una de las dieciséis palabras de código del resto de las dieciséis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las dieciséis diferentes combinaciones de cuatro señales ARQ que tienen una o ambas de una señal ACK y una señal NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión.

20 6.- El aparato en la reivindicación 5, en el que el sistemas de comunicaciones de radio es un sistema (30, 60) de acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad, HSDPA, y el aparato es implementado en una estación (32) de radio móvil o en una estación base (34) de radio.

25 7.- Un aparato de protección de errores para uso en un sistema (20, 30, 60) de comunicaciones de radio de múltiple entrada múltiple salida, MIMO, que comprende:

30 un transmisor (44) para transmitir en intervalos de tiempo de transmisión una o más unidades de datos desde dos o más flujos de datos de MIMO transmitidos a través de una interfaz de radio, y

un receptor (44) para recibir un mensaje de petición de repetición automática, ARQ, para una o más unidades de datos recibidas para cada flujo de datos de MIMO para cada intervalo de tiempo de transmisión,

35 un decodificador (46) para decodificar el mensaje ARQ usando una palabra de código desde un conjunto de códigos no lineal;

40 estando caracterizado el aparato porque el conjunto de códigos no lineal para un sistema de dos flujos de MIMO tiene una propiedad de conjunto de códigos no lineal entre el grupo:

45 C 10.4.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, cuatro palabras de código en el conjunto de códigos no lineal, y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las cuatro palabras de código del resto de las cuatro palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye uno de los siguientes pares de acuse de recibo ACK, y/o acuse de recibo negativo NACK, con un indicador ACK o NACK siendo enviado por flujo de MIMO por intervalo de tiempo de transmisión: ACK/ACK, ACK/NACK, NACK/ACK, y NACK/NACK, o

50 C 10.6.6, de manera que hay diez bits por palabra de código, seis palabras de código en el conjunto de códigos no lineal y una distancia de código mínima de seis entre cada una de las seis palabras de código del resto de las seis palabras de código, en el que el mensaje ARQ incluye una de las cuatro combinaciones diferentes de señales ACK y/o NACK más un preámbulo y un postámbulo.

8.- El aparato en la reivindicación 7, en el que el sistema de comunicaciones de radio es un sistema (30, 60) de acceso de paquetes de enlace descendente de alta velocidad, HSDPA, y el aparato es implementado en una estación (32) de radio móvil o en una estación base (34) de radio.

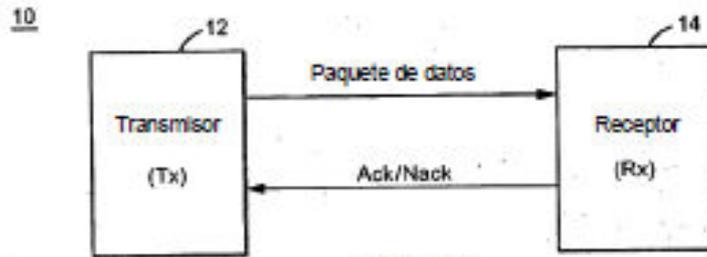


Figura 1

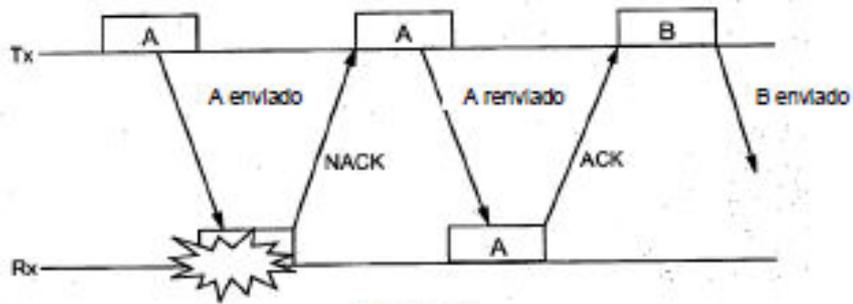


Figura 2

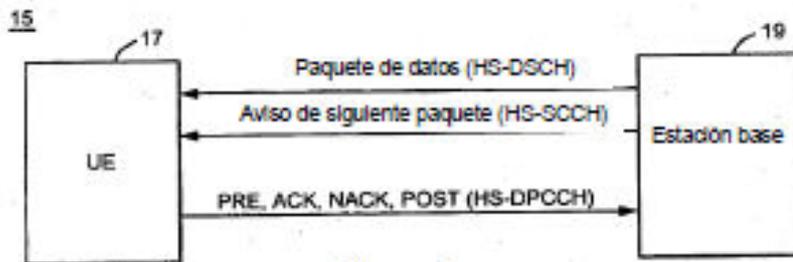


Figura 3

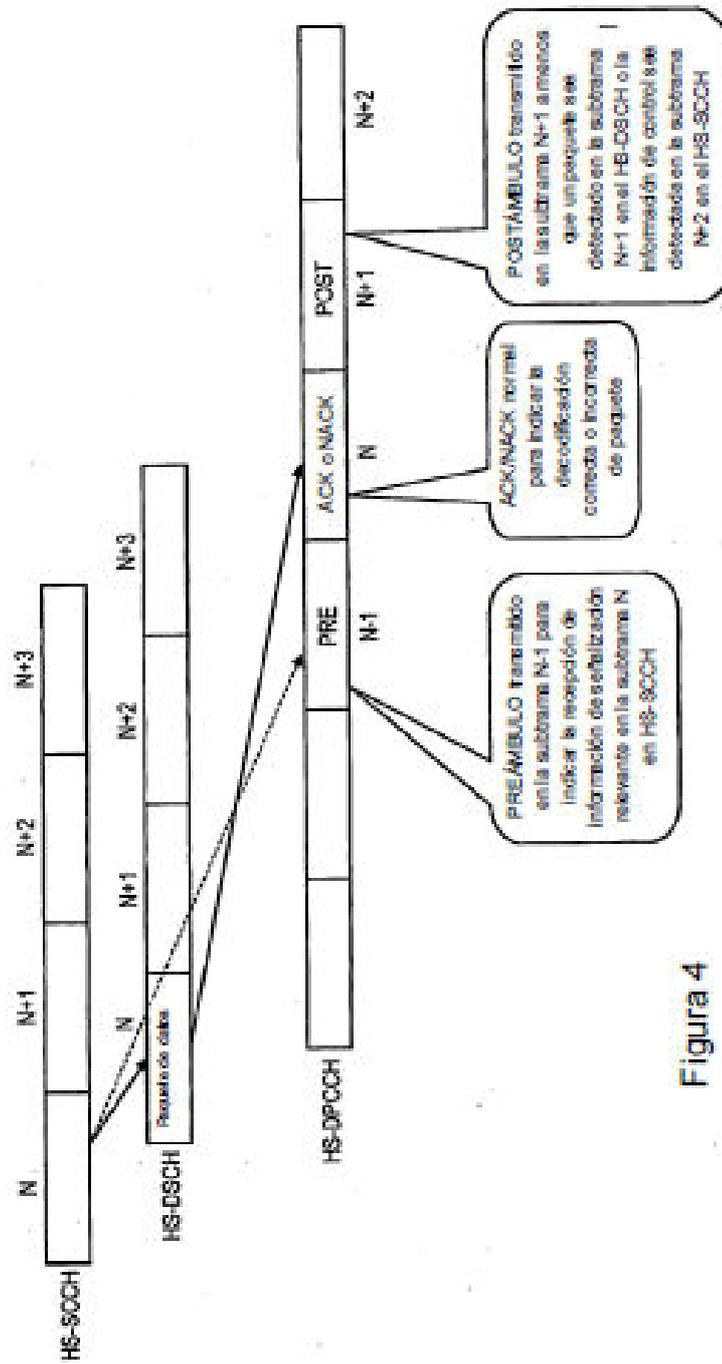


Figura 4

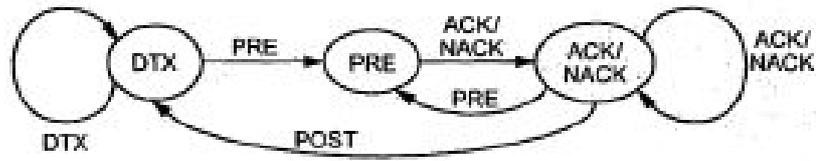


Figura 5 Diagrama de estado para señalización ACK/NACK extendida

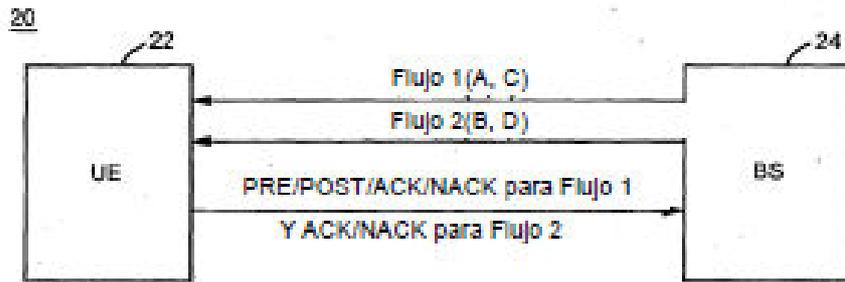


Figura 6

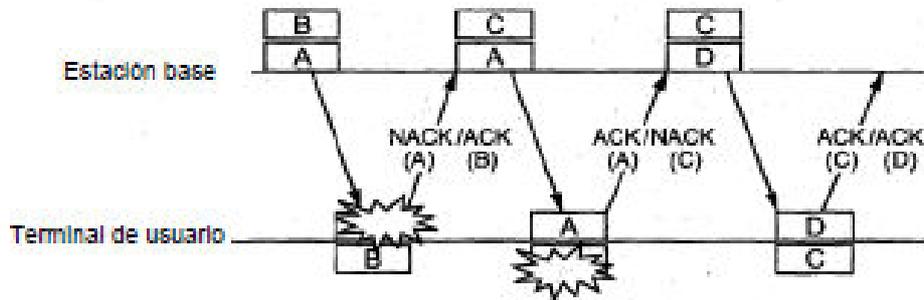


Figura 7

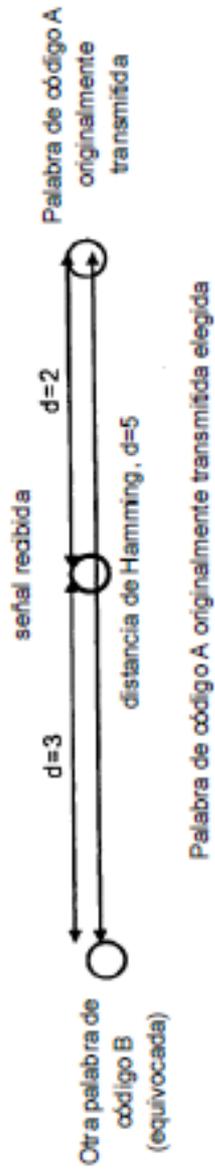


Figura 8

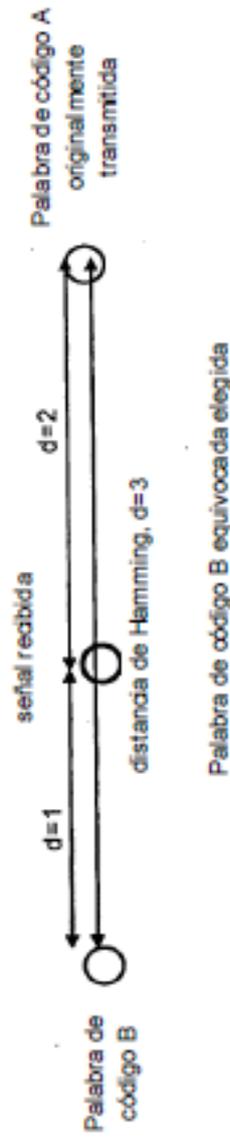


Figura 9

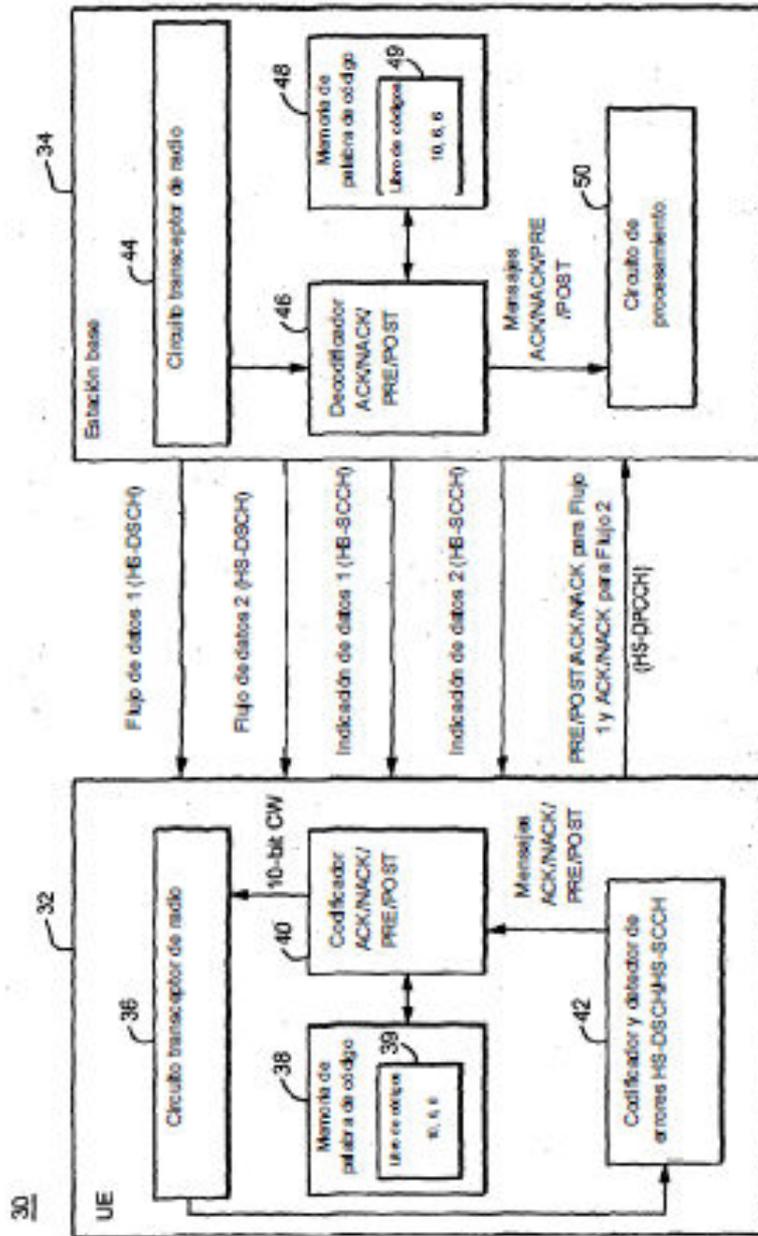


Figura 10

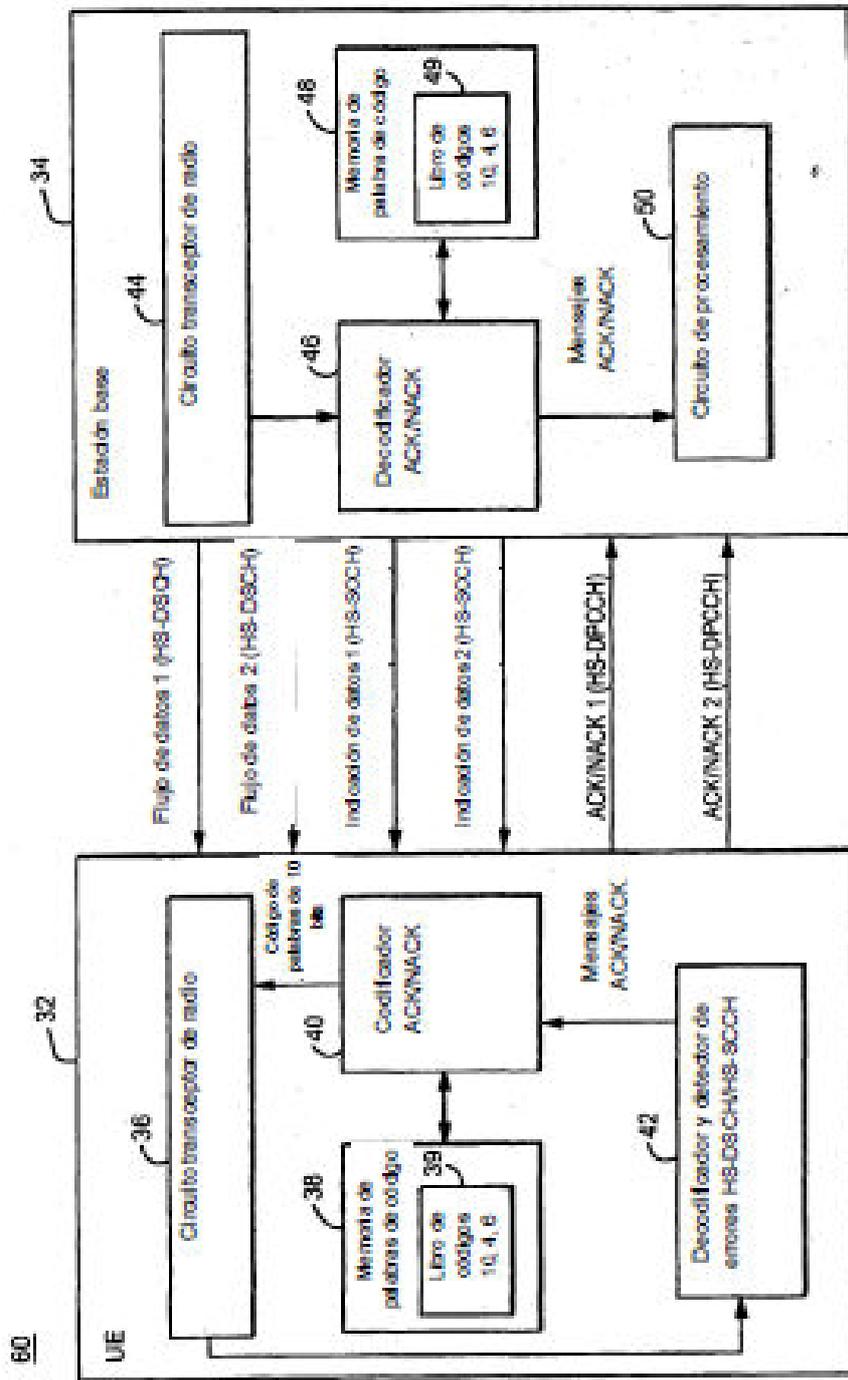


Figura 11

60