



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 309 192**

51 Int. Cl.:  
**H04B 7/005** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02757874 .9**

96 Fecha de presentación : **28.03.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1374442**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.01.2004**

54 Título: **Procedimiento y aparato para el control de potencia en un sistema de comunicación inalámbrica.**

30 Prioridad: **29.03.2001 US 823015**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**16.12.2008**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**16.12.2008**

73 Titular/es: **QUALCOMM INCORPORATED**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, California 92121-1714, US**

72 Inventor/es: **Sarkar, Sandip y**  
**Holtzman, Jack, M.**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 309 192 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).

# ES 2 309 192 T3

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento y aparato para el control de potencia en un sistema de comunicación inalámbrica.

### 5 Antecedentes

#### Campo

La presente invención y el presente aparato se refieren en general a las comunicaciones y de manera más específica al control de potencia en un sistema de comunicación inalámbrica.

#### Antecedentes

La demanda creciente en la transmisión inalámbrica y la expansión de servicios disponibles a través de la tecnología de comunicación inalámbrica han conducido al desarrollo de sistemas capaces de manejar servicios de voz y de datos. Un sistema de espectro expandido diseñado para manejar los varios requisitos de estos dos servicios es un sistema de acceso múltiple por división de código, CDMA, designado como cdma2000, que se especifica en la "Norma TIA/EIA/IS-2000 para Sistemas de Espectro Expandido cdma2000". También se encuentran en desarrollo las mejoras para cdma2000 así como tipos alternativos de sistemas de voz y de datos.

A medida que aumenta la cantidad de datos transmitidos y aumenta el número de transmisiones, el ancho de banda limitado disponible para las transmisiones radio comienza a ser un recurso crítico. Existe una necesidad, por lo tanto, de un procedimiento eficiente y preciso para la transmisión de información en un sistema de comunicaciones que optimice el uso del ancho de banda disponible.

#### 25 Sumario

Las realizaciones descritas en este documento abordan las necesidades declaradas con anterioridad mediante la provisión en un sistema de comunicación inalámbrica de un procedimiento de control de la potencia que determine un punto de reglaje de energía para conseguir una tasa de error de tramas de transmisión, ajuste el punto de reglaje de energía al producirse la aparición de un error de transmisión, que determine un punto de reglaje de energía de retransmisión para conseguir una tasa de error de tramas de retransmisión y ajuste el punto de reglaje de energía de retransmisión al producirse la aparición de un error de retransmisión.

En un aspecto, un aparato de estación base incluye un procesador operativo para controlar la transmisión y la retransmisión de datos, y un dispositivo de almacenamiento de memoria operativo para almacenar una pluralidad de instrucciones legibles por un ordenador. Las instrucciones incluyen un primer conjunto de instrucciones para determinar una tasa de error de tramas de transmisión y una tasa de error de tramas de retransmisión, un segundo conjunto de instrucciones para determinar un punto de reglaje de energía de transmisión como una función de la tasa de error de tramas de transmisión y la calidad de la transmisión, y un tercer conjunto de instrucciones para determinar el punto de reglaje de energía de retransmisión como una función de la tasa de error de tramas de retransmisión y la calidad de la retransmisión. En una realización, la calidad de la transmisión se mide por medio de una señal de indicación de error recibida, en la que la señal de indicación de error puede ser un bit de indicación de error. De acuerdo con otra realización, el tercer conjunto de instrucciones determina el punto de reglaje de energía de retransmisión como una función de la tasa de error de tramas de retransmisión, la calidad de la retransmisión y el punto de reglaje de energía de transmisión, como por ejemplo por medio del mantenimiento de un valor delta entre el punto de reglaje de energía de transmisión y el punto de reglaje de energía de retransmisión.

En otro aspecto, un procedimiento en un sistema de comunicación inalámbrica incluye la determinación de un punto de reglaje de energía de transmisión para conseguir una tasa de error de tramas de transmisión, ajustar el punto de reglaje de energía de transmisión al producirse la ocurrencia de un error de transmisión, determinar un punto de reglaje de energía de retransmisión para conseguir una tasa de error de tramas de retransmisión y ajustar el punto de reglaje de energía de retransmisión al producirse la aparición de un error de retransmisión. En una realización, el ajuste del punto de reglaje de energía de retransmisión incluye además el ajuste del punto de reglaje de energía de retransmisión como una función del punto de reglaje de energía de transmisión. En otra realización, el ajuste del punto de reglaje de energía de retransmisión incluye además el ajuste del punto de reglaje de energía de retransmisión para conseguir una tasa de error de tramas deseada para la retransmisión.

#### Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de una arquitectura de canal en un sistema de comunicación inalámbrica.

La figura 2 es un diagrama de un sistema de comunicación inalámbrica.

La figura 3 es un diagrama de un escenario de transmisión en un sistema de comunicación inalámbrica.

La figura 4 es un diagrama de escenarios de transmisión y de retransmisión en un sistema de comunicación inalámbrica.

## ES 2 309 192 T3

La figura 5 es un diagrama de temporización que ilustra el ajuste del bucle exterior de un procedimiento de control de la potencia de bucle cerrado en un sistema inalámbrico.

5 La figura 6 es un diagrama de temporización que ilustra la relación de la intensidad de la señal de tráfico respecto a la intensidad de la señal de piloto en un sistema inalámbrico.

La figura 7 es un diagrama de flujo de un procedimiento para el ajuste del punto de reglaje de energía en un sistema de comunicación inalámbrica.

10 La figura 8 es un diagrama de un procedimiento alternativo para el ajuste de un punto de reglaje de energía en un sistema de comunicación inalámbrica.

La figura 9 es un diagrama de un transceptor en un sistema de comunicación inalámbrica.

15 La figura 10 es un diagrama de un procedimiento de ajuste del punto de reglaje de energía en un sistema de comunicación inalámbrica.

### Descripción detallada

20 La palabra “ejemplar” se usa de manera exclusiva en este documento como significativa de que sirve como un ejemplo, caso o ilustración”. Cualquier realización descrita en este documento como “ejemplar” no debe interpretarse de manera necesaria como preferente o como ventajosa sobre las otras realizaciones.

25 Los sistemas de comunicaciones de espectro expandido, tales como los sistemas de acceso múltiple por división de código, CDMA detallados en las normas que incluyen pero que no se limitan a la “Norma de Compatibilidad de Estación Móvil - Estación Base TIA/EIA/IS-95 para Sistema Celular de Espectro Expandido de Banda Ancha en Modo Dual”, a la que se hará referencia en este documento de aquí en adelante como la “norma IS-95”, las “Normas TIA/EIA/IS-2000 para Sistemas de Espectro Expandido cdma2000”, a las que se hace referencia en este documento de aquí en adelante como la “norma cdma2000”, y/o la “Especificación de la Interfaz en el Aire de paquetes de datos  
30 de alta velocidad TIA/EIA/IS-856” a la que se hace referencia en este documento como “la Norma HDR”, expanden señales de manera que múltiples señales ocupen el mismo ancho de banda de canal, en el que cada una de las señales ocupa un mismo ancho de banda de canal, en el que cada una de las señales tiene su propia secuencia de ruido pseudoaleatorio PN distintiva.

35 El funcionamiento de un sistema CDMA se describe en las siguientes patentes de los Estados Unidos: Patente número 4,901,307, titulada “Sistema de comunicaciones de acceso múltiple de espectro expandido que usa repetidores por satélite o repetidores terrestres”; patente de los Estados Unidos número 5,103,459, titulada “Sistema y procedimiento para generar formas de onda de la señal en un sistema de telefonía celular CDMA”; y patente de los Estados Unidos número 5,504,773, titulada “Procedimiento y aparato para el formato de datos para su transmisión”.

40 En un sistema de espectro expandido, múltiples usuarios transmiten mensajes de manera simultánea sobre un mismo ancho de banda de canal. Como el espectro de frecuencia es un recurso finito, estos sistemas proporcionan procedimientos para maximizar el uso de este recurso mediante la participación en el espectro mientras soportan un gran número de usuarios con una mínima interferencia. La ampliación de estos procedimientos a la transmisión de  
45 datos a alta velocidad permite la reutilización del hardware y del software existentes. Los diseñadores que ya estén familiarizados con dichas normas y procedimientos pueden usar este conocimiento y esta experiencia para extender estos sistemas a las transmisiones de datos a alta velocidad.

50 En un sistema de comunicación inalámbrica, incluyendo los sistemas de espectro expandido, una unidad móvil se comunica con la red o las redes de comunicaciones de línea terrestre a través de una estación base. Se puede hacer referencia a la unidad móvil como una estación móvil, una estación remota, abonado, terminal de acceso, etc. Se puede hacer referencia a la estación base como una red de acceso, etc. La estación móvil transmite señales a la estación base a través de un enlace de comunicaciones denominado un Enlace Inverso, RL, y la estación base envía señales a una  
55 estación móvil a través de un enlace de comunicaciones denominado un Enlace Directo, FL. En el RL, cada una de las estaciones móviles transmisoras o cada una de las estaciones remotas transmisoras actúan como interferencia para las otras estaciones remotas de la red.

60 Como cada uno de los usuarios transmite y recibe a y desde la estación base, otros usuarios están de manera concurrente comunicando con la estación base. Cada una de las transmisiones de usuario sobre el RL introduce interferencia a los otros usuarios. Para superar la interferencia en las señales recibidas, un demodulador busca mantener una relación suficiente de energía de bit respecto a la densidad espectral de potencia de interferencia, a la que se hace referencia como la relación  $E_b/N_0$ , con el fin de demodular la señal con una probabilidad de error aceptable. El control de la potencia, PC, es un proceso que ajusta la potencia del transmisor de uno o de ambos transmisores del FL y el RL para satisfacer un criterio de error dado. Idealmente, el proceso de control de potencia ajusta la potencia o las potencias del transmisor para conseguir al menos la relación mínima requerida  $E_b/N_0$  en el receptor designado. Todavía  
65 más, es deseable que ningún transmisor use más de la mínima relación  $E_b/N_0$  requerida para conseguir una Calidad de Servicio QoS deseada. Esto asegura que cualquier beneficio para un usuario conseguido a través del proceso de control de potencia no sea de manera innecesaria a expensas de cualquier otro de los usuarios.

## ES 2 309 192 T3

En un sistema de comunicaciones CDMA, cada uno de los usuarios aparece como ruido aleatorio para los otros usuarios en el sistema debido a los varios códigos de expansión para la identificación de usuarios. El control de la potencia de un usuario individual reduce la interferencia para los otros en todo el sistema. Sin el control de la potencia, múltiples usuarios a diferentes distancias desde una estación base común transmitirían a un mismo nivel de potencia. Las transmisiones desde esos usuarios próximos a la estación base son recibidas entonces en la estación base teniendo una energía más alta dando como resultado una disparidad entre usuarios en la relación Señal a Ruido, SNR. A esta desigualdad se le da el término de “problema cerca-lejos”. Como cada uno de los usuarios necesita conseguir un nivel de SNR requerido, el problema cerca-lejos limita la capacidad del sistema. El control de la potencia se usa para proporcionar el funcionamiento gradual en un sistema de espectro expandido.

El control de potencia tiene impacto sobre la capacidad del sistema asegurando que cada uno de los transmisores solamente introduzca una cantidad mínima de interferencia a otros usuarios; y de esta manera, aumente la ganancia de procesamiento. La ganancia de procesamiento es la relación del ancho de banda de transmisión,  $W$ , respecto de la velocidad de datos,  $R$ . La relación de  $E_b/N_0$  respecto de  $W/R$  está relacionada con la SNR. La ganancia de procesamiento supera una cantidad finita de interferencia proveniente de otros usuarios, es decir, el ruido total. La capacidad del sistema es, por lo tanto, proporcional a la ganancia de procesamiento y a la SNR. La información de realimentación se proporciona desde un receptor a un transmisor como una medida de la calidad del enlace. La realimentación de manera ideal es una transmisión rápida que tiene una baja latencia. El control de potencia usa después esta información de realimentación relativa a la calidad del enlace para ajustar los parámetros de la transmisión.

El control de la potencia permite al sistema adaptarse a las condiciones cambiantes dentro de un entorno, incluyendo pero no limitándose a las condiciones geográficas y a la velocidad del móvil. Como las condiciones cambiantes tienen impacto en la calidad de un enlace de comunicaciones, los parámetros de la transmisión se ajustan para acomodarse a los cambios. Se hace referencia a este proceso como “adaptación de enlace”. Es deseable para la adaptación de enlace hacer un seguimiento de las condiciones del sistema de la manera tan precisa y tan rápida como sea posible.

De acuerdo con una realización, la adaptación de enlace está controlada por la calidad de un enlace de comunicaciones, en el que la SNR del enlace proporciona una métrica de calidad para evaluar el enlace. La SNR del enlace puede medirse como una función de la relación Portadora a Interferencia,  $C/I$ , en el receptor. Para las comunicaciones de voz, la métrica de calidad  $C/I$  se puede usar para proporcionar órdenes de control de la potencia que ordenen al transmisor aumentar o disminuir la potencia. Para las comunicaciones de paquetes de datos, tales como los transmitidos en un sistema HDR como se especifica en la “Especificación de Interfaz en el Aire de Paquetes de Datos de Alta Velocidad cdma2000 TIA-856”, y en la 3GPP2, las comunicaciones de datos son programadas entre múltiples usuarios, en donde en cualquier instante de tiempo dado, solamente un usuario recibe datos desde la red de acceso o la estación base. En un sistema de datos por conmutación de paquetes, la medida de la métrica de calidad, tal como la SNR, puede proporcionar información valiosa a la estación base o al transmisor de la red de acceso para determinar la velocidad de datos, la codificación, la modulación y la programación de las comunicaciones de datos apropiadas. Por lo tanto, es beneficioso proporcionar la eficiencia de la métrica de calidad desde la estación remota a la estación base.

Para minimizar la interferencia y para maximizar la capacidad del RL, la potencia de transmisión de cada una de las estaciones remotas está controlada por medio de tres bucles de control de la potencia de RL. El primer bucle de control de la potencia, al que se hace referencia como control de potencia de “bucle abierto”, ajusta la potencia de transmisión de la estación o de las estaciones remotas de manera que la potencia recibida desde cada uno de los usuarios sea aproximadamente igual en la estación base. Un esquema de control de la potencia fija la potencia de transmisión de manera inversamente proporcional a la potencia recibida en el FL. En un sistema de acuerdo con una realización, la potencia de transmisión viene dada por la cota  $= -73 - P_{in}$ , donde  $P_{in}$  es la potencia recibida por la estación remota dada en dBm, y  $-73$  es una constante. El control de potencia de bucle abierto se realiza en la estación remota y se realiza sin la dirección desde la estación base. El control de potencia de bucle abierto se inicia cuando una estación remota consigue el acceso a la estación base y se establece una comunicación. El entorno operativo continúa cambiando mientras una comunicación se encuentre activa; por lo tanto, las pérdidas de trayecto experimentadas sobre el FL y sobre el RL entre la estación base y la estación remota cambian como una función del tiempo.

El control de potencia de bucle abierto compensa la variación lenta y los efectos de sombra logaritmo-normal, en donde existe una correlación entre el desvanecimiento FL y RL. Otros efectos son dependientes de la frecuencia, tales como el desvanecimiento rápido de Rayleigh y otros. De manera específica, para un enlace de comunicaciones dado, se da una única asignación de frecuencia al FL que es diferente de la asignación de frecuencia del RL. El control de potencia usando la señal recibida desde un enlace solamente no es suficiente para corregir los efectos dependientes de la frecuencia sobre los otros enlaces. Por ejemplo, el comportamiento de las señales FL recibidas en la estación remota no proporciona necesariamente información suficiente para el ajuste de las transmisiones RL que son procesadas a una frecuencia diferente. En otras palabras, el control de la potencia de bucle abierto aislado no compensa los efectos dependientes de la frecuencia.

Otro mecanismo o un mecanismo adicional de control de la potencia, al que se hace referencia como control de la potencia de “bucle cerrado”, se puede usar para resolver fluctuaciones de la potencia debidas a efectos desvanecimientos de Rayleigh, así como otros efectos dependientes de la frecuencia. Después del establecimiento de la llamada, se usa el control de la potencia de bucle cerrado en coordinación con el control de la potencia de bucle abierto. El control de la potencia de bucle cerrado tiene un bucle interior y un bucle exterior. El bucle interior usa un umbral SNR o punto

## ES 2 309 192 T3

de reglaje predeterminado para tomar decisiones de subir o de bajar la potencia. El bucle exterior ajusta de manera dinámica el umbral SNR para mantener una calidad de enlace deseada.

5 Con respecto al bucle interior del control de potencia de bucle cerrado, la estación base supervisa de manera continua el RL y mide la calidad del enlace. Para el RL, el control de la potencia de bucle cerrado ajusta la potencia de transmisión de la estación remota de forma que se mantenga a un nivel predeterminado la calidad del enlace, medida por la relación de Energía por bit respecto al ruido más la interferencia,  $E_b/I_0$ , de la señal RL recibida en la estación base. Se hace referencia a este nivel como el punto de reglaje  $E_b/I_0$ . La estación base mide la relación  $E_b/I_0$  de la señal RL recibida en la estación base y transmite un bit de control de potencia RL a la estación remota sobre el canal de tráfico directo en respuesta a la relación medida  $E_b/I_0$ . Cuando la relación  $E_b/I_0$  medida sea demasiado alta, la estación base ordena a la estación remota que disminuya la potencia de transmisión. Si la  $E_b/I_0$  es demasiado baja, la estación base ordena a la estación remota que aumente la potencia de transmisión. Las instrucciones son enviadas sobre un subcanal del FL. En una realización, las instrucciones de control de la potencia son enviadas como bits de control de la potencia, en la que los incrementos son en pasos de +1 dB y las disminuciones son en pasos de -1 dB. De acuerdo con esta realización, los bits de control de la potencia RL son enviados 16 veces por cada trama de 20 ms, o a una velocidad de 800 bps. El canal de tráfico directo porta los bits de control de potencia RL junto con los datos provenientes de la estación base a la estación remota.

20 Para la transmisión de datos por paquetes, el sistema de espectro expandido transmite paquetes de datos como tramas discretas de datos. El nivel deseado de rendimiento o de calidad del enlace se mide de manera típica como una función de la Tasa de Error de Tramas, FER. El cálculo de la FER introduce retardos en el tiempo con el fin de acumular suficientes bits para llevar a cabo el cálculo.

25 El control de potencia de bucle interior ajusta el punto de reglaje  $E_b/I_0$  de forma que se mantenga el nivel deseado de rendimiento, medido por la FER. La relación requerida  $E_b/I_0$  para obtener una FER dada depende de las condiciones de propagación. El control de potencia de bucle exterior ajusta el punto de reglaje  $E_b/I_0$  en respuesta a los cambios en el sistema.

30 Para la transmisión de datos por paquetes, el sistema de espectro expandido transmite paquetes de datos como tramas discretas de datos. El nivel deseado de rendimiento o de calidad del enlace es medido de manera típica como una función de la FER. El cálculo de la FER introduce retardos en el tiempo con el fin de acumular bits. El control de potencia de bucle interno ajusta después el punto de reglaje  $E_b/I_0$  de forma que se mantenga el nivel deseado de rendimiento, medido por la FER. La relación requerida  $E_b/I_0$  depende de las condiciones de propagación, en las que la  $E_b/I_0$  se calcula para obtener una FER dada. Este control de la potencia a menudo se denomina el bucle exterior.

35 En el FL, la potencia de transmisión de la estación base está controlada por varias razones. Una alta potencia de transmisión desde la estación base puede provocar una excesiva interferencia con las señales recibidas en otras estaciones remotas. Existe otro problema para los multitrayectos recibidos en una estación móvil, en la que al menos algunos de los multitrayectos no son resolubles en las señales constituyentes. Esos multitrayectos que no son resolubles crean "autointerferencia". De manera alternativa, si la potencia de transmisión de la estación base es demasiado baja, la estación remota puede recibir transmisiones de datos erróneas. Puede que no haya energía suficiente para la estación base para que pueda comunicar con todas las estaciones móviles, en particular con las estaciones móviles que no estén próximas a la estación base. El desvanecimiento de canal terrestre y otros factores conocidos pueden afectar a la calidad de la señal FL recibida por la estación remota. Como resultado, cada una de las estaciones base intenta ajustar su potencia de transmisión para mantener el nivel deseado de rendimiento en la estación remota.

50 El control de potencia sobre el FL es especialmente importante para las transmisiones de datos. La transmisión de datos es de manera típica asimétrica, siendo la cantidad de datos transmitidos sobre el FL mayor que la cantidad de datos transmitidos sobre el RL. Con un mecanismo efectivo del control de la potencia sobre el FL, en el que la potencia de transmisión esté controlada para mantener el nivel deseado de rendimiento, se puede mejorar la capacidad global del FL.

55 En una realización, la estación remota transmite un mensaje de Bit Indicador de Error (EIB) a la estación base cuando se recibe con errores una trama de datos transmitida. El EIB puede ser un bit contenido en la trama de canal de tráfico inverso o puede ser un mensaje separado enviado sobre el canal de tráfico inverso. En respuesta al mensaje EIB, la estación base aumenta su potencia de transmisión a la estación remota.

60 Una desventaja de este procedimiento es el largo tiempo de respuesta. El retardo de procesamiento abarca el intervalo de tiempo desde el instante en que la estación base transmite la trama con potencia no adecuada hasta el instante en que la estación base ajusta su potencia de transmisión en respuesta al mensaje de error proveniente de la estación remota. Este retardo de procesamiento incluye el tiempo que tarda para que: (1) la estación base transmita la trama de datos con potencia no adecuada; (2) la estación remota reciba la trama de datos; (3) la estación remota detecte el error de la trama (por ejemplo, un borrado de trama); (4) la estación remota transmita el mensaje de error a la estación base; y (5) la estación base reciba el mensaje de error y ajuste de manera apropiada su potencia de transmisión. La trama de canal de tráfico directo se debe recibir, demodular y codificar antes de que se genere el mensaje EIB. Después, se debe generar, codificar, transmitir, descodificar y procesar la trama de canal de tráfico inverso que porta el mensaje EIB antes de que se pueda usar el bit para ajustar la potencia de transmisión del canal de tráfico directo.

## ES 2 309 192 T3

De manera típica, el nivel deseado de rendimiento es de un uno por ciento de la Tasa de Error de Trama, FER. Por lo tanto, como promedio, la estación remota transmite un mensaje de error indicativo de un error de trama cada 100 tramas. De acuerdo con la norma IS-95-A, cada trama es de 20 ms de duración. Este tipo de control de la potencia basado en el EIB funciona bien para ajustar la potencia de transmisión de FL para manejar las condiciones de ensombrecimiento, pero debido a su lenta velocidad no maneja tan bien las condiciones de desvanecimiento.

Un procedimiento para controlar la potencia de transmisión de FL utiliza la  $E_b/I_0$  de la señal recibida en la estación remota. Como la FER depende de la  $E_b/I_0$  de la señal recibida, se puede diseñar un mecanismo de control de la potencia para mantener la  $E_b/I_0$  al nivel deseado. Este diseño encuentra dificultad si los datos son transmitidos sobre el FL a velocidades variables. En el FL, se ajusta la potencia de transmisión dependiendo de la velocidad de transmisión de datos de la trama de datos.

A bajas velocidades de transmisión de datos, cada uno de los bits de datos es transmitido sobre un período de tiempo más largo por medio de la repetición del símbolo de modulación. La energía por bit,  $E_b$ , es la acumulación de la potencia recibida sobre un período de tiempo de un bit y se obtiene por medio de la acumulación de la energía en cada símbolo de modulación. Para una cantidad equivalente de  $E_b$ , cada bit de datos se puede transmitir a una potencia de transmisión proporcionalmente menor a las velocidades de transmisión de datos más bajas. De manera típica, la estación remota no conoce la velocidad de transmisión *a priori* y no puede calcular la energía por bit  $E_b$  recibida hasta que se haya demodulado y descodificado la trama completa de datos, y se haya determinado la velocidad de transmisión de datos de la trama de datos, en la que la velocidad es un mensaje de control de la potencia por trama. Esto contrasta con la aproximación RL en la que puede haber un mensaje de control de la potencia (bit) dieciséis veces por trama como en una realización.

A velocidades inferiores, la estación remota puede no transmitir de manera continua. Cuando la estación remota esté transmitiendo, la estación remota transmite al mismo nivel de potencia y la misma estructura de forma de onda con independencia de la velocidad de transmisión. La estación base determina el valor de un bit de control de la potencia y envía este bit a la estación remota dieciséis veces por trama. Como la estación remota conoce a velocidad de transmisión, la estación remota puede ignorar los bits de control de la potencia correspondientes a las veces en las que no se transmitió. Esto permite un rápido control de la potencia RL. Sin embargo, la velocidad efectiva de control de la potencia varía con la velocidad de transmisión. Para una realización, la velocidad es de 800 bps para tramas a velocidad completa, y de 100 bps para tramas a una velocidad de 1/8.

Las normas CDMA originales se han optimizado para la transmisión de tramas de voz a velocidad variable. Con el fin de soportar las comunicaciones bidireccionales, como se tipifica en las aplicaciones de telefonía sin hilos, es deseable que un sistema de comunicaciones proporcione un retardo de datos mínimo y casi constante. Por esta razón, muchos sistemas CDMA están diseñados con potentes protocolos de Corrección de Error en Recepción, FEC, y codificadores de la voz que están diseñados para responder a los errores de la trama de voz. Los protocolos de control de errores que implementan los procedimientos de retransmisión de trama añaden retardos inaceptables para la transmisión de la voz.

El empaquetado de los datos permite una velocidad y una precisión aumentadas de la comunicación, y es deseable por lo tanto para las comunicaciones de datos inalámbricas. En esfuerzos para integrar la comunicación sin hilos y otros medios de comunicaciones con Internet, se están desarrollando un número creciente de aplicaciones usando un Protocolo de Internet normalizado, o IP. Este IP es una norma software que describe cómo hacer un seguimiento de las direcciones de trabajo de Internet, encaminar mensajes y reconocer los mensajes entrantes; de esta manera se permite que un paquete de datos atraviese varias redes que se encuentre en su camino desde el originador hasta el destinatario objetivo. El originador es la unidad móvil que inicia la comunicación, y el objetivo es el participante deseado. Dentro de una red IP, cada uno de los recursos, tales como un ordenador, está asignado a una dirección IP para su identificación.

En muchas aplicaciones que no son de voz, tales como la transmisión de datos IP, los requisitos de retardo del sistema de comunicaciones son mucho menos restrictivos que en las aplicaciones de voz. En el Protocolo de Control de la Transmisión, TCP, probablemente el más extendido de los protocolos usados en una red IP, se permiten los retardos de transmisión virtualmente infinitos con el fin de garantizar la transmisión libre de errores. El TCP usa retransmisiones de datagramas IP, como los paquetes IP son denominados comúnmente, para proporcionar esta fiabilidad en el transporte.

Los datagramas IP se transmiten en tramas, en donde cada una de las tramas está definida por una duración de tiempo predeterminada. Por lo general, los datagramas IP son demasiado largos para caber dentro de una única trama como se define para la transmisión de voz. Incluso después de dividir un datagrama IP en segmentos lo suficientemente pequeños para caber dentro de un conjunto de tramas, el conjunto entero de tramas tendría que ser recibido sin errores para que el datagrama IP único sea útil para el TCP. La FER objetivo típica de un sistema de voz CDMA hace que la probabilidad de la recepción libre de errores de todos los segmentos de un único datagrama sea muy baja.

Las normas CDMA proporcionan para dichas opciones de servicio alternativas, servicios de datos por ejemplo, para hacer posible la transmisión de otros tipos de datos en lugar de tramas de voz. En una realización, un protocolo de enlace radio, RLP incorpora un protocolo de control de errores con procedimientos de retransmisión de trama sobre una capa de tramas CDMA. El RLP es de una clase de protocolos de control de errores conocidos como basados en

## ES 2 309 192 T3

acuse de recibo negativo o basados en NAK, Solicitud de Repetición Automática o protocolos ARQ, que son bien conocidos en la técnica. El RLP facilita la transmisión de un flujo de octetos, en lugar de una serie de tramas de voz, a través de un sistema de comunicaciones CDMA.

5 La figura 1 ilustra una estructura en capas arquitectónica 10 de una realización ejemplar de un protocolo de sistema inalámbrico. La capa física 12 indica la estructura del canal, la frecuencia, la salida de potencia, el tipo de modulación y las especificaciones de la codificación para el enlace directo y los RL. La capa de control de acceso al medio, MAC, 14 define los procedimientos usados para recibir y transmitir sobre la capa física 12. Para un sistema HDR, la capa MAC 14 incluye capacidades de programación para equilibrar a los usuarios o las conexiones. Dicho equilibrio programa de manera típica una baja capacidad de procesamiento a la salida para los canales con una pobre cobertura, liberando de esta manera recursos permitiendo una alta capacidad de procesamiento a la salida para los canales con buenas conexiones. También, la capa MAC procesa las transmisiones cuando un canal tiene una buena conexión. La siguiente capa, la capa de control de acceso al enlace, LAC, 16, proporciona un procedimiento de acceso para el enlace radio. De acuerdo con una realización, la capa del protocolo de enlace radio, RLP, 18 proporciona la retransmisión y la detección por duplicado de un flujo de datos alineado por octetos. RLP es de una clase de protocolos de control de error conocidos como protocolos ARQ basados en NAK, que son bien conocidos en la técnica. En una realización, RLP facilita la transmisión de un flujo de octetos, en lugar de una serie de tramas de voz, a través de un sistema de comunicaciones.

En el contexto de un servicio por paquetes, la capa LAC 16 lleva paquetes de protocolo punto a punto, paquetes PPP. La capa HDLC de enlace de datos de nivel alto 20 es una capa de enlace para las comunicaciones PPP. La información de control se coloca en patrones específicos que son totalmente diferentes de los datos con el fin de reducir errores. La capa HDLC 20 realiza la conformación de las tramas de los datos antes del procesamiento PPP. La capa PPP 22 proporciona después la compresión, autenticación, encriptado y soporte multiprotocolo. La capa IP 24 conserva el seguimiento del direccionamiento de funcionamiento Internet para diferentes nodos, encamina los mensajes salientes y reconoce los mensajes entrantes.

Los protocolos que se estén ejecutando sobre la parte superior de PPP, tales como la capa IP 24, llevan tráfico de usuario. Nótese que cada una de estas capas puede contener uno o más protocolos. Los protocolos usan mensajes de señalización y/o cabeceras para llevar información a una entidad del mismo nivel en el otro lado de la interfaz aire. Por ejemplo, en un sistema de alta velocidad de datos, HDR, los protocolos envían mensajes con una aplicación de señalización por defecto.

La arquitectura 10 es aplicable a una Red de Acceso, AN, para proporcionar conectividad de datos entre una red IP, tal como Internet, y terminales de acceso, incluyendo las unidades móviles inalámbricas. Los terminales de acceso, AT, proporcionan conectividad de datos a un usuario. Un AT se puede conectar a un dispositivo de cómputo tal como un ordenador personal portátil, o puede ser un dispositivo de datos autocontenidos tal como un asistente digital personal. Existe una variedad de aplicaciones sin hilos y un número siempre en crecimiento de dispositivos, a los que a menudo se hace referencia como equipos IP o equipos *web*.

Como se ilustra en la figura 1, las capas por encima de la capa RLP 18 son capas de red de servicio y las capas por debajo de la capa HDLC 20 son capas de red radio. En otras palabras, las capas de redes radio afectan a los protocolos de la interfaz aire. Las capas de red radio de la realización de ejemplo son consecuentes con aquéllas aplicables en un sistema HDR. HDR proporciona por lo general un procedimiento eficiente de transmitir datos en un sistema de comunicación inalámbrica. Las realizaciones alternativas pueden implementar la norma cdma2000, una norma IS-95 u otros sistemas de conexión de acuerdo con el usuario, tales como la Norma Borrador ANSI J-STD-01 para la Norma de Compatibilidad de la Interfaz Aire W-CDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha) para aplicaciones PCS de 1,85 a 1,99 GHz, a la que se hace referencia como "W-CDMA".

Como se ilustra en la figura 1, en una realización de un protocolo sin hilos, varias capas de protocolo residen de manera típica por encima de la capa RLP. Los datagramas IP, por ejemplo, son convertidos de manera típica en un flujo de octetos PPP antes de ser presentados como un flujo de octetos a la capa de protocolo RLP. Como la capa RLP ignora el protocolo y la conformación de tramas de las capas de protocolo superiores, el flujo de datos transportado por RLP se dice que es un "flujo de octetos sin función especial".

55 RLP se designó originariamente para satisfacer los requisitos de enviar grandes datagramas a través de un canal CDMA. Por ejemplo, si un datagrama IP de 500 octetos se iba a enviar simplemente en tramas llevando 20 octetos cada una, el datagrama IP rellenaría 25 tramas consecutivas. Sin ninguna clase de capa de control de errores, todas estas 25 tramas RLP tendrían que ser recibidas sin errores en orden para que el datagrama IP sea útil para las capas de protocolo superiores. En un canal CDMA que tenga un 1% de tasa de error de tramas, la tasa de error efectiva de la entrega de datagramas IP sería de  $(1 - (0,99)^{25})$ , o de un 22%. Ésta es una tasa de error muy alta en comparación con la mayoría de las redes usadas para el tráfico IP. RLP se diseñó como un protocolo de capa de enlace que disminuiría la tasa de error del tráfico IP para ser comparable con la tasa de error típica de un canal Ethernet  $10^{-2}$ .

En un sistema de comunicación inalámbrica de espectro expandido, tal como un sistema cdma2000, múltiples usuarios transmiten a un transceptor, a menudo a una estación base en el mismo ancho de banda al mismo tiempo. La estación base puede ser cualquier dispositivo de datos que se comunique a través de un canal sin hilos o a través de un canal cableado, por ejemplo usando fibra óptica o cables coaxiales. Un usuario puede ser cualquiera de una variedad de dispositivos móviles y/o estacionarios incluyendo pero no limitándose a una tarjeta de PC, una memoria

## ES 2 309 192 T3

*flash* compacta, un módem interno o externo o un teléfono sin hilos o con línea de cable. También se hace referencia a un usuario como una estación remota. Nótese que los sistemas de espectro expandido alternativos incluyen, pero no están limitados a, sistemas tales como: servicios de datos por conmutación de paquetes; CDMA de banda ancha, W-CDMA, sistemas tales como los que se especifican por parte del Proyecto Asociación de Tercera Generación, 3GPP; sistemas de voz y de datos, tales como los que se especifican por parte del Proyecto Asociación de Tercera Generación Dos, 3GPP2.

La figura 2 ilustra una realización de un sistema de comunicación inalámbrica 30, en el que el sistema 30 es un sistema CDMA de espectro expandido capaz de hacer transmisiones de voz y de datos. El sistema 30 incluye dos segmentos: un subsistema cableado y un subsistema inalámbrico. El subsistema cableado es la Red Telefónica Pública con Conmutación, RTPC 36, y la Internet 32. La parte de Internet 32 del subsistema cableado hace de interfaz con el subsistema inalámbrico a través de la Función de Interoperación de Internet, IWF 34. La siempre creciente demanda de comunicaciones de datos está de manera típica asociada con la Internet y por lo tanto, con la facilidad de acceso a los datos disponibles. Sin embargo, las aplicaciones de vídeo y de audio avanzadas aumentan la demanda de ancho de banda de transmisión.

El subsistema cableado puede incluir pero no está limitado a, otros módulos tales como una unidad de instrumentación, una unidad de vídeo, etc. El subsistema inalámbrico incluye el subsistema de estación base, que implica al Centro de Conmutación de Móviles, MSC 38, al Controlador de Estación Base, BSC, 40 la estación o estaciones base transceptoras BTS 42, 44 y a las Estaciones Móviles MS 46, 48. El MSC 38 es la interfaz entre el subsistema inalámbrico y el subsistema cableado. Es un conmutador que habla a una variedad de aparatos sin hilos. El BSC 40 es el sistema de control y de gestión para una o más BTS, 42, 44. El BSC 40 intercambia mensajes con las BTS 42, 44 y el MSC 38. Cada una de las BTS 42, 44 consiste en uno o más transceptores colocados en una única localización. Cada una de las BTS 42, 44, termina el trayecto radio sobre el lado de red. Las BTS 42, 44 pueden estar co-situadas con el BSC 40 o pueden estar localizadas de manera independiente.

El sistema 30 incluye canales físicos de interfaz aire radio 50, 52 entre las BTS 42, 44 y las MS 46, 48. Los canales físicos 50, 52 son trayectos de comunicaciones descritos en términos de codificación digital y características de RF.

Como se ha tratado con anterioridad en este documento, un FL se define como un enlace de comunicaciones para las transmisiones desde una de las BTS 42, 44 a una de las MS 46, 48. Un RL se define como un enlace de comunicaciones para las transmisiones desde una de las MS 46, 48 a una de las BTS 42, 44. De acuerdo con una realización, el control de potencia dentro del sistema 30 incluye el controlar la potencia de transmisión tanto para el RL como para el FL. Se pueden aplicar múltiples mecanismos de control de la potencia al FL y al RL en el sistema 30, incluyendo el control de potencia de bucle abierto inverso, el control de potencia de bucle cerrado inverso, el control de potencia de bucle cerrado directo, etc. El control de potencia de bucle cerrado inverso ajusta la potencia de transmisión del canal de acceso inicial de las MS 46, 48, y compensa las variaciones en la atenuación por pérdidas en el trayecto del RL. El RL usa dos tipos de canales de código: canales de tráfico y canales de acceso.

Nótese que para los servicios de datos se puede hacer referencia a una estación remota como un AT, en los que un AT es un dispositivo que proporciona conectividad de datos a un usuario. Un AT se puede conectar a un dispositivo de cómputo tal como un ordenador personal portátil o puede ser un dispositivo de datos autocontenido, tal como un asistente digital personal. Además, se puede hacer referencia a la estación base como una AN, en la que la AN es equipo de red que proporciona conectividad de datos entre una red de datos con conmutación de paquetes, tal como la Internet, y al menos un AT. El canal de acceso inverso es usado por los AT para comunicar con la AN cuando no hay ningún canal de tráfico asignado. En una realización, existe un canal de acceso inverso independiente para cada uno de los sectores de la AN.

Con referencia a la figura 2, cada canal de comunicaciones 50, 52 incluye un FL, que lleva información desde las BTS 42, 44 a las MS 46, 48, y un RL que lleva información desde las BTS 42, 44 a las MS 46, 48. La información comunicada entre las BTS 42, 44 a las MS 46, 48 respectivamente, se requiere para cumplir con un nivel de fiabilidad predeterminado. En la realización de ejemplo, la información en el FL se transmite en tramas, y el nivel de fiabilidad requerido está expresado como una FER objetivo recibida por las MS 46, 48.

Un procedimiento para conseguir la FER requerida en un sistema tal como el sistema 30, es la retransmisión de la información transmitida. Una estación transmisora transmite información, contenida en tramas, con una primera energía  $E_1$ . La información transmitida es recibida por una estación receptora con una primera tasa de error de tramas  $FER_1$ , en la que el subíndice 1 se refiere a la primera transmisión o a la transmisión original. La estación receptora informa de la primera  $FER_1$  y la identidad de aquellas tramas recibidas de vuelta con error a la estación transmisora. La estación transmisora selecciona una segunda energía de transmisión  $E_2$  y retransmite las tramas recibidas con error. La estación receptora recibe las tramas recibidas con una segunda tasa de error de tramas  $FER_2$ , en la que el subíndice 2 se refiere a la segunda transmisión. Las realizaciones alternativas pueden incluir cualquier número de retransmisiones, en las que cada una de las retransmisiones  $i$  tiene una  $E_i$  y una FER asociadas. Cuando las energías  $E_1$  y  $E_2$  se seleccionen de manera apropiada, la FER efectiva después de la segunda transmisión será igual a la FER objetivo. En otras palabras, la tasa de error de tramas total resultante de la transmisión y de la retransmisión será igual a una FER objetivo. Existe un número infinito de combinaciones de  $E_1$  y de  $E_2$  que conseguirían una FER efectiva igual a la FER objetivo.



## ES 2 309 192 T3

Como los sistemas de comunicaciones, y como los sistemas de comunicaciones CDMA en particular están limitados por el ruido, tiene ventajas elegir  $E_1$  y  $E_2$  de una manera que produzca una energía de transmisión total mínima. La energía total de transmisión ( $E$ ) es igual a la energía usada para la primera transmisión más la energía para la retransmisión de esas tramas recibidas inicialmente con errores, en donde  $\langle E \rangle = E_1 + f(E_1) \cdot E_2$ .  $E_1$  es la energía para la primera transmisión,  $E_2$  es la energía para la retransmisión, y  $f(E_1)$  es una tasa de error de tramas para la transmisión con energía  $E_1$ . La condición de que la FER efectiva sea igual a la FER objetivo se puede expresar como  $T_{FER} = f(E_1) \cdot f(E_2)$ , en donde  $T_{FER}$  es la tasa de error de tramas objetivo. La tasa de error de tramas efectiva es el producto de  $f(E_1)$ , una tasa de error de tramas para la transmisión con energía  $E_1$ , y  $f(E_2)$ , una tasa de error de tramas para la transmisión con energía  $E_2$ .

La tarea de seleccionar  $E_1$  y  $E_2$  para la energía mínima total  $\langle E \rangle$ , mientras se asegura que la FER efectiva después de la segunda transmisión será igual a la FER objetivo, es equivalente a resolver ( $E$ ) sujeta a  $T_{FER}$ . Dicha solución requiere el conocimiento de la FER como una función de la energía o una medida de la energía, en donde  $FER = f(E)$ . La medida de la energía  $E$  puede, por ejemplo, ser la relación de la energía por bit respecto al ruido ( $E_b/N_0$ ). Esta relación es una función de varias variables, incluyendo, pero no limitándose, a la atenuación, el desvanecimiento, el número de multitrayectos, la velocidad relativa de la estación remota con respecto a la estación base, etc.

La retransmisión proporciona la corrección de errores en un sistema de comunicación inalámbrica que es aplicable de manera particular a transmisiones de datos empaquetados. La retransmisión se puede realizar a un nivel de energía aumentado con respecto al nivel de energía de la transmisión original. Se hace referencia al proceso de aumentar el nivel de energía usado para la retransmisión como "aumento de potencia". En una realización, el aumento de la potencia supone que el nivel de energía de la primera transmisión no fue el suficiente como para conseguir la tasa de error de tramas objetivo, y por lo tanto, se aplica energía aumentada a la retransmisión posterior. El aumento de la potencia reduce la energía total usada para conseguir una FER objetivo en comparación con la retransmisión a un mismo nivel de energía que el de la transmisión original, es decir, igual caso de energía.

Como se ilustra en la figura 3, para el caso de una única transmisión que satisfaga la FER objetivo, la  $FER_0$  corresponde a una transmisión a un nivel de potencia  $E_0$ . En el nivel de energía  $E_0$ , las tramas transmitidas son recibidas con una FER aceptable para permitir un procesamiento adicional. En un único escenario de transmisión, el bucle externo de control de potencia ajusta el nivel de energía  $E_0$  en respuesta a la FER de la transmisión recibida. La FER se puede proporcionar desde el receptor de vuelta a la estación base por medio de un mensaje de FER. En una realización, la estación móvil proporciona un bit de indicación de error, EIB como realimentación para la estación base.

La figura 4 ilustra una especificación para la transmisión y para la retransmisión. En una realización, se usa igual energía para la transmisión y para la retransmisión. La FER objetivo se consigue por medio de la aplicación de  $FER_1$  a la transmisión, y de  $FER_2$  a la retransmisión. La FER total efectiva es igual a  $FER_1 * FER_2$ . En la primera transmisión, el nivel de energía se fija a  $E_1$ , mientras que la retransmisión aplica un nivel de energía  $E_2$ .

De acuerdo con un escenario de potencia igual,  $FER_1$  es igual a  $FER_2$  y los correspondientes niveles de energía son iguales, es decir,  $E_1 = E_2$ . Se da una FER objetivo como  $FER_1 * FER_2$ . En este caso, los niveles de energía individuales,  $E_1$  y  $E_2$  son cada uno de ellos menores que el nivel de energía  $E_0$  del caso de la transmisión única de la figura 3.

De acuerdo con una realización, los valores de FER especificados no son iguales, sino que más bien  $FER_1$  es menor que  $FER_2$ . La energía menor se aplica a la transmisión original con el fin de reducir la potencia de transmisión y se usa para conseguir la FER objetivo. Si la primera transmisión consigue la FER objetivo, no existe una retransmisión de datos. En contraste a esto, si la primera transmisión no consigue la FER objetivo, se procesa una retransmisión a un nivel de energía aumentado  $E_2$ . El aumento en la energía supone que  $E_1$  fue insuficiente para conseguir la FER objetivo.

De acuerdo con una realización,  $E_1$  y  $E_2$  se mantienen a una relación predeterminada. El control de la potencia como se ilustra en la figura 5 se usa para ajustar la  $E_1$  para conseguir la  $FER_1$  especificada. En respuesta a esto, el valor de  $E_2$  se calcula en base al valor ajustado de  $E_1$  para mantener la relación predeterminada. El mantenimiento de la relación entre puntos fijados de energía se lleva a la práctica de una manera fácil por medio de una instrucción software.

En una realización alternativa, los bucles de control de la potencia en paralelo, tales como los que se ilustran en la figura 5, son usados para ajustar  $E_1$  y  $E_2$ . Los errores de trama de retransmisión se usan para ajustar el nivel de energía  $E_2$ , mientras que los errores de trama de transmisión se usan para ajustar el nivel de energía  $E_1$ . El ajuste dinámico a diferentes valores de FER proporciona un control de la potencia mejorado. En este caso, se aplica un criterio para actualizar los valores de la FER tal como un disparador de actualizaciones. En una realización, el ajuste de la FER se dispara al producirse la ocurrencia de un error. Las realizaciones alternativas pueden ajustar la FER al producirse la ocurrencia de un número predeterminado de errores. De manera adicional, los ajustes de  $E_1$  y de  $E_2$  pueden ser diferentes permitiendo que la relación entre ellas cambie. En una realización, los valores de paso para los ajustes incrementales para ajustar  $E_1$  y  $E_2$  son direccionales, en los que se usa un primer valor para incrementar  $E_1$  y un segundo valor para incrementar  $E_2$ . De manera similar, de acuerdo con una realización, se usa un tercer valor para disminuir  $E_1$  y un cuarto valor para disminuir  $E_2$ . Las realizaciones alternativas pueden usar un mismo valor para cualquiera de los pasos de incremento o pueden usar cualquier combinación de valores de incremento. De manera similar, los valores de incremento se pueden ajustar de manera dinámica en base al rendimiento del sistema.

## ES 2 309 192 T3

La figura 5 ilustra el bucle exterior de control de potencia en el que la estación base aplica un ajuste en forma de diente de sierra al nivel de energía de transmisión como respuesta a la realimentación proveniente de la estación móvil. El proceso es ilustrado como una función del tiempo. Para una transmisión dada entre una estación base y una estación móvil, la estación base ajusta la energía de transmisión en respuesta a un EIB recibido (que no se muestra). La afirmación del EIB corresponde a una indicación de error de trama, mientras que la negación del EIB corresponde a ningún error de tramas. Al producirse la afirmación del EIB, la energía de transmisión se ve incrementada en un valor de incremento predeterminado o tamaño de paso. Al producirse la negación del EIB, la energía de la transmisión se ve disminuida en un valor de disminución predeterminado o tamaño de paso. En el instante  $t_1$  se indica un primer error de trama por medio de la afirmación del EIB. En respuesta a esto, la estación base incrementa o refuerza el nivel de energía para la siguiente retransmisión. Como se ilustra, en los instantes de tiempo  $t_2$ ,  $t_3$ ,  $t_4$ , los errores de trama de las tramas recibidas se encuentran por debajo de una FER objetivo, y los correspondientes EIB son negados. Al producirse la ocurrencia de cada negación de EIB, el nivel de energía de transmisión se ve disminuido en una cantidad predeterminada. En el instante de tiempo  $t_5$  se detecta un segundo error de trama y se afirma el EIB correspondiente. Como respuesta a esto, la estación base aumenta la energía de la transmisión. De acuerdo con una realización, la relación del tamaño del paso es igual a  $1/FER$ . El mensaje de error puede ser un EIB, o de manera alternativa puede ser un acuse de recibo negativo o señal NAK. Las realizaciones alternativas pueden implementar cualquier señal que proporcione información a la estación base con relación a la calidad de la transmisión y/o de la retransmisión, tal como acusando el recibo de la transmisión o acusando el recibo de que la transmisión se recibió de manera incorrecta.

La figura 6 ilustra la relación entre la intensidad de la señal de tráfico y la intensidad de la señal de piloto de acuerdo con una realización. Como se ilustra, durante una primera parte del funcionamiento, la relación de tráfico respecto de piloto se mantiene en una primera relación etiquetada como RELACIÓN 1. El transmisor puede reforzar la relación a RELACIÓN 2 como respuesta al traspaso duro entre frecuencias u otro evento. De acuerdo con una realización, un sistema de comunicación inalámbrica realiza el control de potencia de la señal de piloto, tal como la señal de piloto del RL. Al producirse la ocurrencia de las tasas de error de tramas, la relación TR/P se ajusta como se ilustra en la figura 6. Una vez que se ha ajustado la señal de piloto en respuesta al control de la potencia, se calculan las energías de transmisión y de retransmisión respectivamente como relaciones TR/P, mientras que el piloto se mantiene a un nivel constante. Como se ilustra en la figura 6, RELACIÓN 1 corresponde a la transmisión, mientras que RELACIÓN 2 corresponde a la retransmisión. Mientras que el piloto permanezca a un nivel de energía constante, las energías de transmisión y de retransmisión son determinadas con respecto a su relación con el nivel de energía de piloto. De acuerdo con una realización, el control de potencia se realiza sobre la señal de piloto del RL y las energías de transmisión y de retransmisión se ajustan en respuesta a lo anterior. Las relaciones TR/P asociadas con la transmisión y con la retransmisión se pueden ajustar de manera dinámica una con respecto a la otra en respuesta al funcionamiento del sistema. La relación o las relaciones TR/P son determinadas para conseguir una FER objetivo.

Para implementar el control de potencia de bucle externo, a menudo las FER objetivo para la transmisión y para la retransmisión son determinadas fuera de línea mediante simulación para proporcionar un rendimiento robusto y consistente sobre una variedad de condiciones operativas. En general, la FER de transmisión o  $FER_1$  no es igual a la FER de retransmisión o  $FER_2$ .

La figura 7 ilustra un procedimiento 100 para implementar el control de potencia de bucle exterior en la estación base. El proceso se inicia en el paso 102 por medio de la inicialización de  $E_1$  y  $E_2$  antes de la transmisión. Los valores por defecto de  $FER_1$  y de  $FER_2$  así como de  $E_1$  y de  $E_2$  se determinan antes de la transmisión y pueden estar basados en simulaciones hechas para optimizar el rendimiento del sistema. Se pueden usar una variedad de criterios para determinar los valores por defecto. En una realización, los valores por defecto se usan para iniciar las transmisiones, en la que los valores se actualizan en base a la realimentación proveniente de la estación móvil con relación a los errores de tramas recibidos. En el rombo de decisión 104, la estación base determina si se envió por parte de la estación móvil un mensaje de error de trama. Si no se recibió ningún mensaje de error de trama, el proceso continúa con el paso 108 para disminuir el nivel de energía  $E_1$ . Si se recibió un mensaje de error en el rombo de decisión 104, la estación base aumenta el nivel de energía  $E_1$  en el paso 106. Después del ajuste de  $E_1$ , el procesado continúa con el paso 110 para fijar  $E_2$  igual a  $E_1$  más un valor delta. Después de un período de tiempo predeterminado, el procesado vuelve al rombo de decisión 104 para comprobar la recepción de un mensaje de error. En una realización, el mensaje de error de trama es un mensaje EIB, en el que el ajuste de  $E_1$  es de acuerdo con un patrón de diente de sierra, tal como se ilustra en la figura 5. De esta manera, el ajuste en diente de sierra se hace al nivel de energía  $E_1$  de la primera transmisión, mientras que el nivel de energía de retransmisión  $E_2$  se calcula como una función de  $E_1$ . Como la mayoría de los errores ocurren en la primera transmisión, el nivel  $E_1$  se ajusta primero, mientras que se mantiene una diferencia entre  $E_1$  y  $E_2$ . La diferencia entre  $E_1$  y  $E_2$  puede ser un valor fijo predeterminado o puede ser ajustado de manera dinámica como una función del rendimiento. En una realización,  $E_2$  es una función de  $E_1$ , en la que la diferencia entre  $E_1$  y  $E_2$  cambia de acuerdo con el rendimiento del enlace.

La figura 8 ilustra un procedimiento alternativo 150, en el que tanto  $E_1$  como  $E_2$  son actualizados para proporcionar la  $FER_1$  y la  $FER_2$  objetivos, respectivamente. Los valores de  $E_1$  y de  $E_2$  se inicializan en el paso 152. De acuerdo con una realización, los valores para  $FER_1$  y para  $FER_2$  son determinados fuera de línea por medio de la simulación por ordenador usando información estadística relativa al funcionamiento del sistema y al tipo de datos transmitidos. Los valores de inicialización de  $E_1$  y de  $E_2$  se pueden determinar también fuera de línea como una función de los valores de la  $FER_1$  y de la  $FER_2$ , respectivamente. En el rombo de decisión 154 el procedimiento incluye una determinación de si la comunicación actual es una transmisión o una retransmisión. En la primera transmisión, el procesado continúa hasta el trayecto del rombo de decisión 156. Si se detecta un error de trama en el rombo de decisión 156, el punto

## ES 2 309 192 T3

de reglaje de energía  $E_1$  se incrementa o se aumenta en el paso 158, de lo contrario el punto de reglaje de energía es disminuido o decrementado en el paso 160. La presente realización implementa de manera efectiva un ajuste de diente de sierra similar al que se ilustra en la figura 5. Los valores de incremento y de decremento pueden ser valores fijos predeterminados, o pueden ser ajustados de manera dinámica en base al funcionamiento del sistema. En una realización, el valor incrementado y el valor decrementado tienen un valor absoluto igual. A partir de los pasos 158 y 160, el punto de reglaje de energía  $E_1$  se actualiza en el paso 162 y después de un período de tiempo predeterminado el procesado vuelve al rombo de decisión 154 para la siguiente comunicación. De acuerdo con una realización, la siguiente comunicación es la siguiente trama.

Continuando con el procedimiento 150 de la figura 8, para una retransmisión, el procesado continúa desde el rombo de decisión 154 al trayecto del rombo de decisión 164. Si se detecta un error de trama en el rombo de decisión 164, el punto de reglaje de energía  $E_2$  se incrementa o se aumenta en el paso 166, de lo contrario el punto de reglaje de energía se decrementa o se disminuye en el paso 168. La presente realización implementa de manera efectiva un ajuste en forma de diente de sierra independiente similar al que se ilustra en la figura 5 para el punto de reglaje de energía  $E_2$ . Los valores de incremento y de decremento pueden ser valores fijos predeterminados o pueden ser ajustados de manera dinámica en base al funcionamiento del sistema. En una realización el valor de incremento y el valor de decremento tienen el valor absoluto igual. A partir de los pasos 166 y 168 el punto de reglaje de energía  $E_2$  se actualiza en el paso 170 y después de un período de tiempo predeterminado el procesado vuelve al rombo de decisión 154 para la siguiente comunicación.

Nótese que las realizaciones alternativas pueden implementar múltiples retransmisiones, cada una de las cuales tiene asociada una FER tal como la  $FER_i$  y un punto de reglaje de energía asociado  $E_i$ . Los valores de cada uno de los  $E_i$  pueden ser el mismo que el valor ajustado de  $E_2$ , o pueden ser calculados de manera individual en un trayecto de procesado similar al trayecto del rombo de decisión 164. En una realización, el valor o los valores de  $E_i$  se calculan como función o como funciones de  $E_2$ , para mantener una relación predeterminada con  $E_2$ .

La figura 9 es un diagrama de bloques de una realización de ejemplo de una estación transmisora operativa en un sistema de comunicación inalámbrica. La información que va a ser transmitida es generada por medio de una fuente de datos 302, y es entregada a un elemento de canal 304 que particiona los datos, codifica CRC los datos e inserta bits de cola de código como se requiere por parte del sistema. El elemento de canal 304 después codifica de manera convolucional los datos, los bits de paridad CRC y los bits de cola de código, intercala los datos codificados, aleatoriza los datos intercalados con la secuencia PN larga de usuario y cubre los datos aleatorizados con una secuencia de Walsh. El elemento de canal 304 proporciona después los datos cubiertos a una etapa de ganancia 306, que dimensiona los datos en respuesta a una señal proveniente de un procesador 308, de forma que los datos con la energía requerida  $E_i$  se entregan a un transmisor 310. El transmisor 310 expande los datos dimensionados con las secuencias cortas  $PN_I$  y  $PN_Q$ . Los datos expandidos son después modulados con las sinusoides en fase y en cuadratura de fase, y la señal modulada se filtra, se convierte a una frecuencia superior y se amplifica. La señal se transmite sobre el canal directo si la estación transmisora es una estación base, o sobre un canal inverso si la estación transmisora es una estación remota.

La señal de realimentación proveniente de la estación receptora es recibida por medio de una antena 314, y se entrega al receptor 316. El receptor 316 filtra, amplifica, convierte a una frecuencia inferior, demodula en cuadratura y cuantifica la señal. Los datos digitalizados se entregan al demodulador 318 que desexpande los datos con las secuencias cortas  $PN_I$  y  $PN_Q$ , y descubre los datos desexpandidos con la secuencia de Walsh. Los datos desexpandidos provenientes de diferentes correladores dentro del demodulador 318 son combinados y desaleatorizados con la secuencia PN larga de usuario. Los datos desaleatorizados (o demodulados) se entregan al descodificador 320 que realiza la inversa de la codificación realizada dentro del elemento de canal 304. Los datos descodificados se entregan a un colector de datos 322 y al procesador 308.

El procesador 308 está configurado para controlar la etapa de ganancia 306 para dimensionar los datos que se vayan a transmitir a una potencia. El procesador 308 es sensible a la información proporcionada por el descodificador 320, si se recibió la transmisión en la estación receptora sin errores. El procesador 308 controla además la fuente de datos 302 junto con el elemento de canal 304 y la etapa de ganancia 306 para retransmitir tramas de información que se hayan recibido con errores con la siguiente energía disponible.

La figura 10 es un diagrama de flujo que muestra la estimación de carga de acuerdo con un sistema inalámbrico, tal como se ilustra en la figura 9. El diagrama de flujo comienza en el bloque 202 en el que la estación transmisora evalúa la FER como una función de la energía. En una realización, la estación transmisora evalúa de manera adaptativa la información de realimentación recibida desde la estación de recepción. En otra realización, la estación de transmisión evalúa las condiciones de un canal de transmisión, por ejemplo, el desvanecimiento, el número de multitrayectos, la velocidad relativa de la RS y de la BS, la velocidad de datos. La estación transmisora usa después una tabla de consulta que contiene una FER simulada como una función de la energía para todas las condiciones potenciales de canal, para seleccionar la relación apropiada para condiciones dadas.

En el bloque 204, la estación transmisora lee la FER requerida. En el bloque 206, la estación transmisora evalúa la energía de transmisión para la transmisión inicial  $E_1$ , y para las retransmisiones potenciales  $E_2, \dots, E_N$ , de acuerdo con los principios esbozados con anterioridad. De esta manera, la estación transmisora puede usar una solución precalculada en forma de una tabla de consulta cuando sea apropiado, o resolución de algoritmos por medio de procedimientos analíticos o numéricos.

## ES 2 309 192 T3

En el bloque 208, la estación transmisora transmite una trama de la información con la energía de transmisión fijada a un valor  $E_1$ . En el bloque 210, la estación transmisora evalúa si la trama de información se recibió sin errores. Si el informe proveniente de la estación receptora es positivo, el flujo se reinicia en el bloque 202. Si el informe proveniente de la estación receptora es negativo, la estación transmisora evalúa en el rombo de decisión 212 si existe otra energía de transmisión  $E_2, \dots, E_N$ . Si el resultado de la evaluación es positivo, la estación transmisora continúa en el bloque 214, por medio de la retransmisión de tramas de información que se hayan recibido con errores con la siguiente energía disponible, y el flujo retorna al bloque 210. Si el resultado de la evaluación es positivo, la estación transmisora informa del fallo a un algoritmo de nivel superior en el bloque 216, y el flujo continúa en el bloque 202.

Nótese que los procedimientos ilustrados en las figuras 7 y 8 son también aplicables a un sistema tal como el que se ilustra en la figura 9. El software para ajustar los puntos fijados de energía puede almacenarse en el procesador 308 o se puede almacenar en una localización de almacenamiento de memoria alternativa (que no se muestra). Los puntos fijados de energía ajustados son transmitidos a una estación remota a través de un transmisor 310 y una antena 312. El mensaje o los mensajes de error tales como un mensaje EIB o un indicador de error de trama, etc. Son recibidos por un receptor 316 a través de la antena 314.

De acuerdo con una realización, las inicializaciones del punto de reglaje de energía de transmisión  $E_1$  y del punto de reglaje de energía de retransmisión  $E_2$  se realizan por parte del procesador 308. De manera similar, el procesador 308 determina si se recibió un mensaje de error desde una estación remota, y aumenta o disminuye  $E_1$  en respuesta a esto. El procesador 308 ajusta también  $E_2$  en respuesta a  $E_1$ . El valor delta se puede determinar por parte del procesador 308 o se puede almacenar en un dispositivo de almacenamiento de memoria (que no se muestra).

De acuerdo con otra realización, el procesador 308 ajusta el punto de reglaje de transmisión  $E_1$  de la primera transmisión, y ajusta el punto de reglaje de retransmisión  $E_2$  en la retransmisión. En esta realización, el procesador 308 determina si la comunicación actual es una transmisión o una retransmisión. Para una transmisión, si se recibe un error de trama, el procesador 308 aumenta  $E_1$ , de lo contrario el procesador 308 disminuye  $E_1$ . Para una retransmisión, si se recibe un error de trama, el procesador 308 aumenta  $E_2$ , de lo contrario el procesador 308 disminuye  $E_2$ . Los valores de incremento y de decremento se pueden predeterminedir a un valor fijado o pueden ajustarse de manera dinámica en base al rendimiento del sistema o de algunos otros criterios. En esta realización, el procesador 308 ajusta cada punto de reglaje de energía  $E_1$  y  $E_2$  de manera independiente, en el que el ajuste de  $E_2$  no es necesariamente una función del ajuste de  $E_1$ . En una realización, los ajustes de  $E_1$  y de  $E_2$  se hacen de acuerdo con un ajuste en forma de dientes de sierra tal como se ilustra en la figura 5.

En una realización, el control de potencia es implementado en la capa física. La implementación de capa física proporciona la velocidad para el ajuste de retransmisión. Como la capa física implementa los procesos ordenados por las capas superiores, no es fácil conservar un seguimiento de la calidad de la transmisión y/o de la retransmisión. En una realización alternativa, el control de la potencia se realiza en la capa RLP que está mejor adaptada para la contabilidad implicada en el seguimiento de la calidad de la transmisión y/o de la retransmisión. La capa RLP introduce un retardo en el procesado y por lo tanto no puede ajustar los puntos fijados de energía de una manera tan precisa.

Los que fueran expertos en la técnica comprenderían que la información y que las señales se pueden representar usando cualquiera de una variedad de diferentes tecnologías y técnicas. Por ejemplo, datos, instrucciones, órdenes, información, señales, bits, símbolos y segmentos a los que se puede hacer referencia en toda la descripción anterior y que pueden ser representados por medio de tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos o partículas magnéticas, campos o partículas ópticas o cualquier combinación de los mismos.

Los que sean expertos en la técnica apreciarán además que los varios bloques lógicos, módulos, circuitos y pasos de algoritmos ilustrativos descritos junto con las realizaciones descritas en este documento se pueden implementar como hardware electrónico, como software de ordenador o como una combinación de ambos. Para ilustrar de una manera clara esta intercambiabilidad de hardware y de software, se han descrito con anterioridad varios componentes, bloques, módulos, circuitos y pasos ilustrativos por lo general en términos de su funcionalidad. Si dicha funcionalidad se implementa como hardware o como software depende de la aplicación particular y de las restricciones de diseño impuestas sobre el sistema global. Los expertos pueden implementar la funcionalidad descrita de maneras variables para cada una de las aplicaciones particulares, pero dichas decisiones de implementación no se deberían interpretar como que provocan una salida del alcance de la presente invención.

Los varios bloques lógicos, módulos y circuitos ilustrativos descritos junto con las realizaciones descritas en este documento se pueden implementar o se pueden realizar con un procesador de propósito general; Un Procesador Digital de la Señal, DSP; un Circuito Integrado Específico de la Aplicación, ASIC; una Matriz de Puertas Programable en Campo, FPGA; u otros dispositivos lógicos programables; puertas discretas o lógica de transistores; componentes hardware discretos; o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en este documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador; pero en la realización alternativa, el procesador puede ser un procesador convencional, un controlador, un microcontrolador o una máquina de estados. Un procesador también se puede implementar como una combinación de dispositivos de cómputo, por ejemplo, una combinación de un DSP y de un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo DSP o cualquier otra de tales configuraciones.

## ES 2 309 192 T3

Los pasos de un procedimiento o de un algoritmo descritos junto con las realizaciones descritas en este documento se pueden realizar directamente en hardware, en un módulo software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo software puede residir en una Memoria de Acceso Aleatorio, (RAM); una memoria *flash*, una memoria de sólo lectura, ROM; una ROM eléctricamente programable, EPROM; una ROM programable que se puede borrar eléctricamente, EEPROM; registros; disco duro; un disco extraíble, una ROM en disco compacto, CD-ROM; o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocido en la técnica. Un medio de almacenamiento de ejemplo se acopla al procesador, de forma que el procesador pueda leer información desde, y escribir información en el medio de almacenamiento, en la realización alternativa, el medio de almacenamiento puede ser integrado al procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. En la realización alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

La descripción anterior de las realizaciones descritas se proporciona para hacer posible a una persona que sea experta en la técnica hacer o usar la presente invención. Varias modificaciones a estas realizaciones serán rápidamente obvias para los que sean expertos en la técnica, y los principios genéricos definidos en este documento se pueden aplicar a otras realizaciones sin salirse del alcance de la invención. De esta manera, la presente invención no está destinada a estar limitada a las realizaciones mostradas en este documento, sino que debe otorgársele el alcance más amplio consecuente con los principios y las características novedosas descritas en este documento.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de estación base que comprende:

un procesador que es operativo para controlar la transmisión y la retransmisión de datos; y

un dispositivo de almacenamiento de memoria operativo para almacenar una pluralidad de instrucciones legibles por parte de un ordenador, que comprende:

un primer conjunto de instrucciones para determinar una tasa de error de tramas de transmisión y una tasa de error de tramas de retransmisión;

un segundo conjunto de instrucciones para determinar un punto de reglaje de energía de transmisión como una función de la tasa de error de tramas de transmisión y la calidad de la transmisión; y

un tercer conjunto de instrucciones para determinar un punto de reglaje de energía de retransmisión como una función de la tasa de error de tramas de retransmisión y la calidad de la retransmisión.

2. La estación base de la reivindicación 1, en la que la calidad de la transmisión se mide por medio de una señal de indicación de errores recibidos.

3. La estación base de la reivindicación 1, en la que el punto de reglaje de la energía de transmisión y el punto de reglaje de la energía de retransmisión se determinan como relaciones de tráfico respecto de pilotos.

4. La estación base de la reivindicación 1, en la que el tercer conjunto de instrucciones determina el punto de reglaje de energía de retransmisión como una función de la tasa de error de tramas de retransmisión, la calidad de la retransmisión y el punto de reglaje de energía de transmisión.

5. La estación base de la reivindicación 4, en la que el tercer conjunto de instrucciones determina el punto de reglaje de energía de retransmisión por medio de la suma de un valor delta en el punto de reglaje de energía de transmisión.

6. Un procedimiento para su uso en un sistema de comunicación inalámbrica, comprendiendo el procedimiento:

determinar un punto de reglaje de energía de transmisión para conseguir una tasa de error de tramas de transmisión;

ajustar el punto de reglaje de energía de transmisión al producirse la ocurrencia de un error de transmisión;

determinar un punto de reglaje de energía de retransmisión para conseguir una tasa de error de tramas de retransmisión; y

ajustar el punto de reglaje de energía de retransmisión al producirse la ocurrencia de un error de retransmisión.

7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que el ajuste del punto de reglaje de la energía de retransmisión comprende de manera adicional:

ajustar el punto de reglaje de energía de retransmisión como una función del punto de reglaje de energía de transmisión.

8. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que el ajuste del punto de reglaje de energía de retransmisión comprende de manera adicional:

ajustar el punto de reglaje de energía de retransmisión para conseguir una tasa de error de tramas deseada para la retransmisión.

9. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que el ajuste del punto de reglaje de energía de transmisión comprende de manera adicional:

ajustar el punto de reglaje de energía de transmisión para conseguir una tasa de error de tramas deseada para la transmisión.

10. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la tasa de error de tramas de transmisión es mayor que la tasa de error de tramas de retransmisión.

11. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la tasa de error de tramas de transmisión y la tasa de error de tramas de retransmisión dan como resultado una tasa de error de tramas total deseada.

## ES 2 309 192 T3

12. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la tasa de error de tramas de transmisión y la tasa de error de tramas de retransmisión son valores predeterminados.

5 13. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la tasa de error de tramas de transmisión y la tasa de error de tramas de retransmisión son valores dinámicos.

10

15

20

25

30

35

40

45

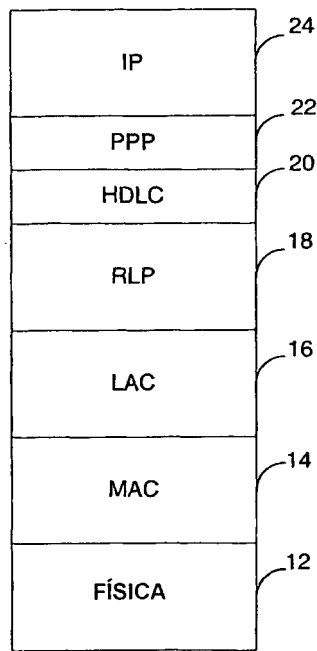
50

55

60

65

10 ↘



**FIG. 1**



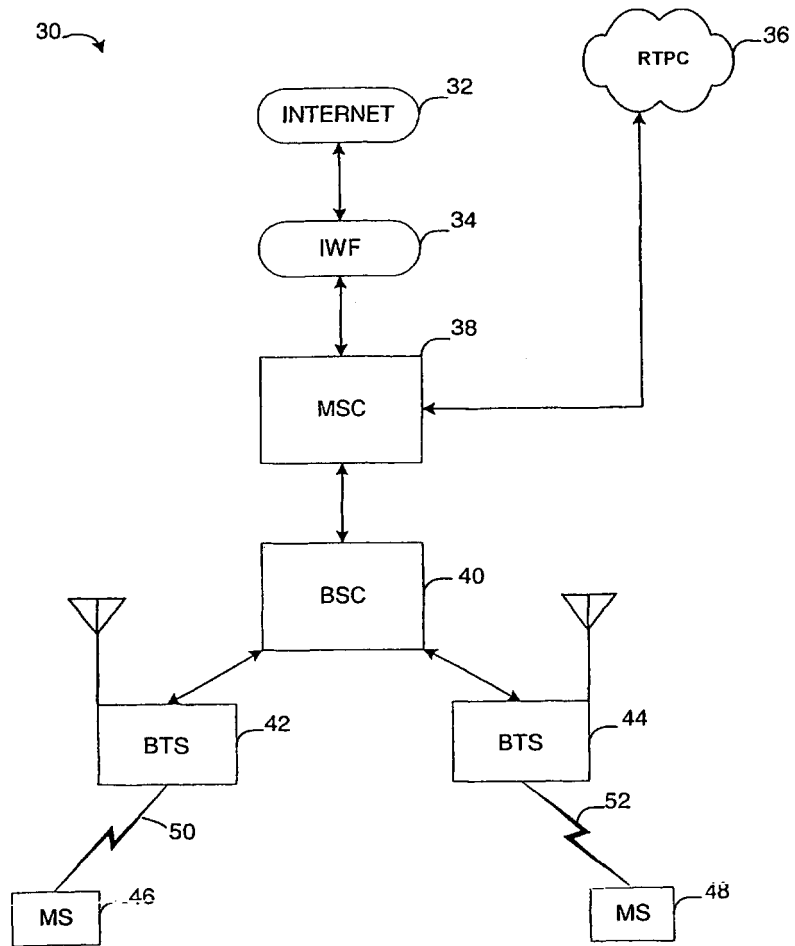


FIG. 2

FER	FER <sub>0</sub>
Nº DE TRANSMISIÓN	1
SECUENCIA DE POTENCIA	E <sub>0</sub>

FIG. 3

FER	FER <sub>1</sub>	FER <sub>2</sub>
Nº DE TRANSMISIÓN	1	2
SECUENCIA DE POTENCIA	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>

FIG. 4

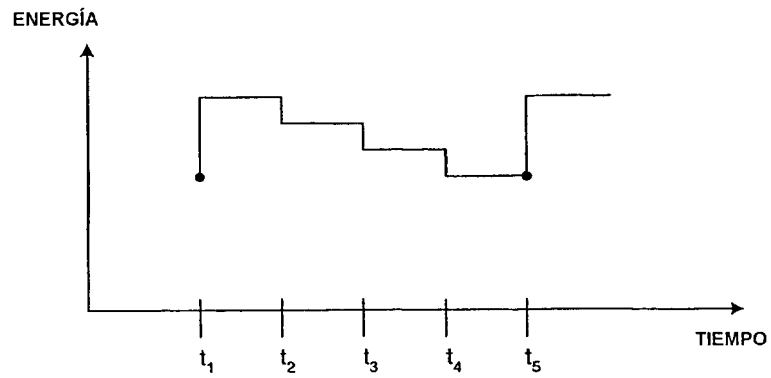


FIG. 5

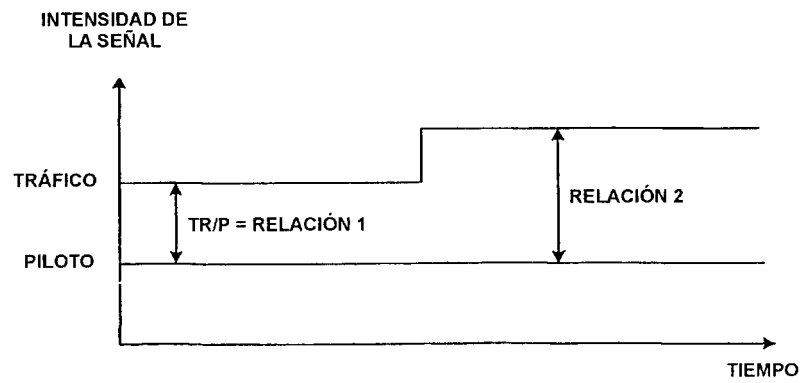


FIG. 6

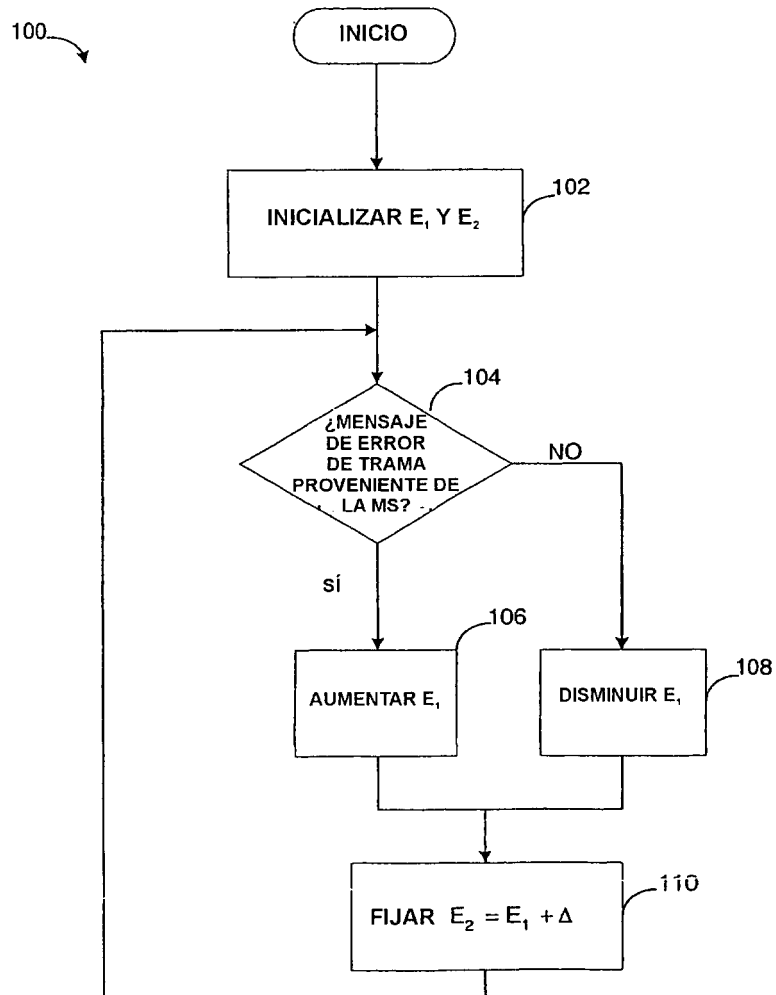


FIG. 7

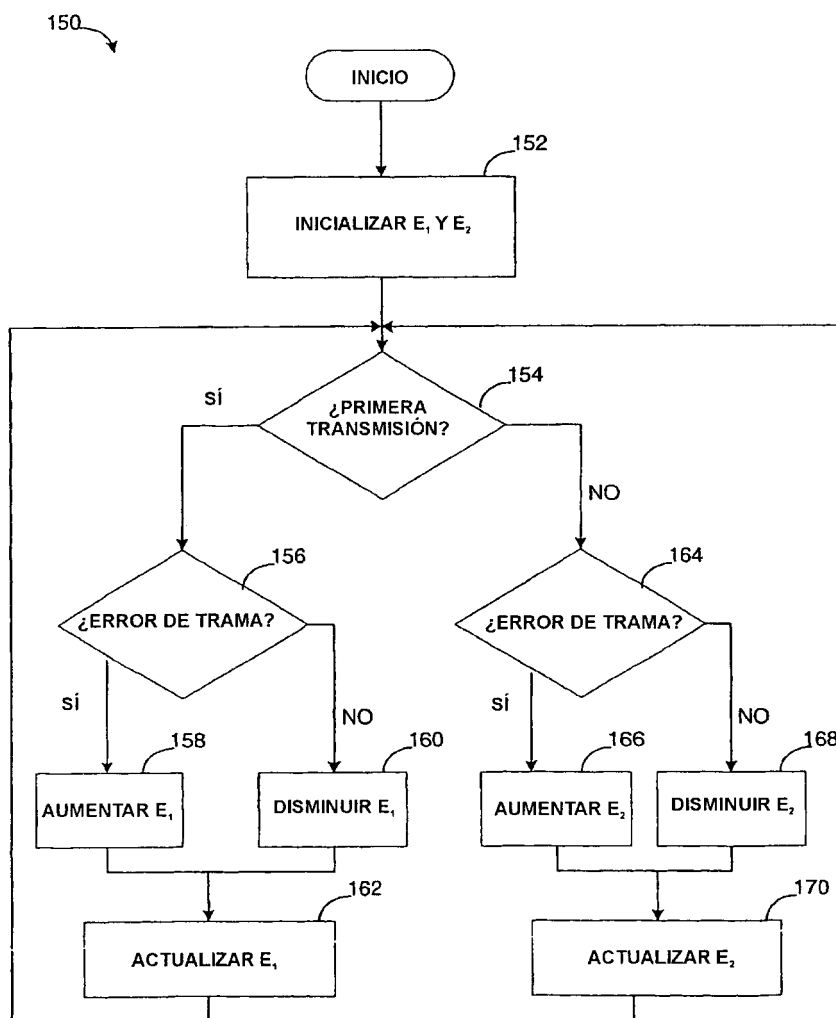


FIG. 8

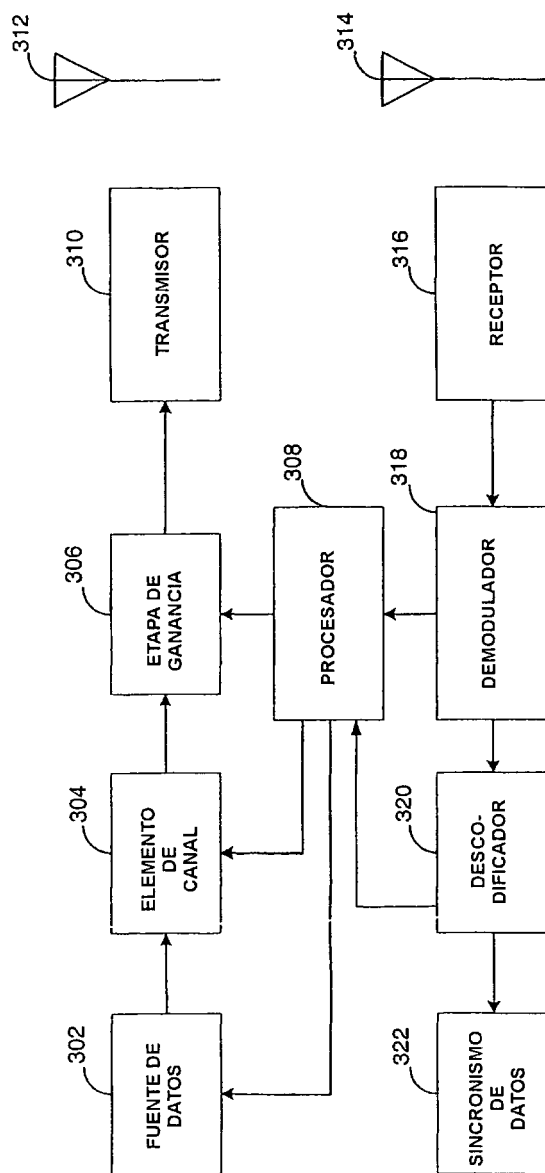


FIG. 9

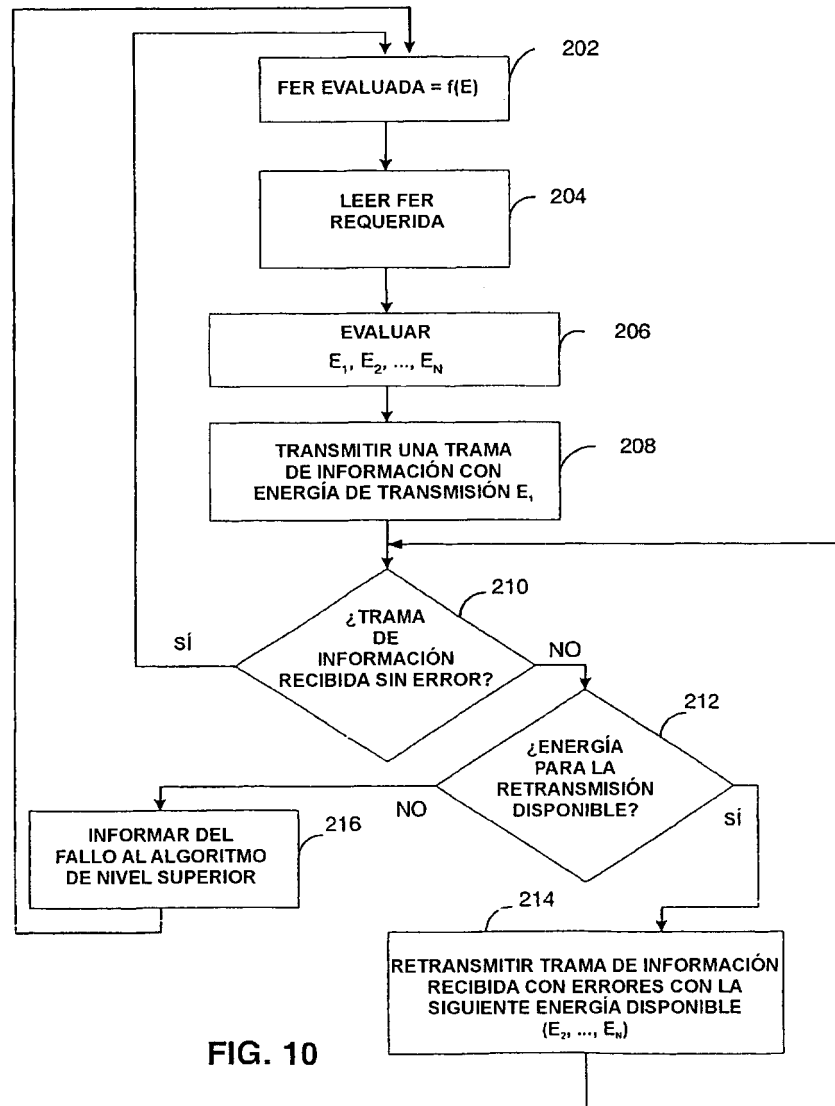


FIG. 10