

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 739 665**

51 Int. Cl.:

H04L 1/00 (2006.01)
H04W 74/08 (2009.01)
H04L 27/00 (2006.01)
H04L 27/20 (2006.01)
H04L 27/36 (2006.01)
H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2016** **E 16158201 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019** **EP 3214785**

54 Título: **Adaptación de enlace en comunicaciones inalámbricas**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
03.02.2020

73 Titular/es:
KYYNEL OY (100.0%)
Elektroniikkatie 10
90590 Oulu, FI

72 Inventor/es:
VANNINEN, TEEMU;
RAUSTIA, MATTI y
LINDÉN, TONI

74 Agente/Representante:
ELZABURU, S.L.P

ES 2 739 665 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

Adaptación de enlace en comunicaciones inalámbricas

Sector

La invención se refiere al sector de las comunicaciones de radio y, en particular, a la ejecución de un procedimiento de adaptación de enlace en un sistema de comunicación de radio.

Antecedentes

Los sistemas de comunicación de radio modernos soportan el funcionamiento en un canal de frecuencia seleccionado de entre una pluralidad de canales de frecuencia según un criterio determinado. Algunos sistemas se basan en la planificación de la frecuencia, en la que una banda de frecuencia determinada es asignada al sistema, y el sistema está configurado para funcionar exclusivamente en esa banda de frecuencia. Tales sistemas se basan típicamente en la utilización de bandas de frecuencia con licencia. Otros sistemas están configurados para elegir una frecuencia para ser utilizada de manera más adaptativa, por ejemplo, sobre la base del escaneo de las frecuencias disponibles (no ocupadas) y, a continuación, la transferencia de mensajes de control relativos a la negociación de la banda de frecuencias a utilizar en la transmisión de datos.

La adaptación de enlace es un proceso en el que los parámetros de comunicación, tales como un esquema de modulación y un esquema de codificación de canal se hacen coincidir con las características del canal entre dos dispositivos de radio que se comunican. En el caso de un canal de comunicación deficiente, se puede utilizar un esquema de modulación fuerte, tal como una codificación por cambio de fase binaria (BPSK – Binary Phase Shift Keying, en inglés) o una codificación por cambio de fase en cuadratura (QPSK – Quadrature Phase Shift Keying, en inglés) junto con un esquema de codificación de canal fuerte. Esto mejora la confiabilidad de las comunicaciones con el coste de velocidades de datos potencialmente reducidas. En el caso de buenas condiciones de canal, se puede utilizar un esquema de modulación de alta velocidad, tal como una modulación de amplitud en cuadratura (QAM – Quadrature Amplitude Modulation) junto con un esquema de codificación de canal de alta velocidad de datos. Esto mejora las velocidades de datos y proporciona un mayor rendimiento de datos.

El documento US 2006/209712 da a conocer un sistema de comunicación inalámbrico con estaciones de comunicación que realizan la transmisión de información entre ellas mediante la selección de una velocidad de transmisión adecuada en un entorno de comunicación en el que coexisten varias velocidades de transmisión. Para que una estación de transmisión transmita un paquete para determinar una velocidad de transmisión para la transmisión de subsiguientes paquetes, el sistema incluye un primer modo de determinación de una velocidad de transmisión realimentada desde la estación de recepción como su velocidad de transmisión, un segundo modo de determinación de una estación de transmisión de manera independiente con independencia de una retroalimentación de una velocidad de transmisión desde la estación de recepción, y un tercer modo de determinación de una velocidad de transmisión considerando la velocidad de transmisión retroalimentada desde la estación de recepción. En el primer modo, la estación de recepción retroalimenta una velocidad de transmisión que debe ser utilizada en la transmisión de los paquetes subsiguientes, y establece un tiempo de detención de la transmisión de las estaciones periféricas en base a la velocidad de transmisión que está siendo retroalimentada. En el segundo modo, la estación de recepción establece un tiempo de detención de la transmisión en base a la velocidad de transmisión especificada por la estación de transmisión. En el tercer modo, la recepción reenvía datos de la velocidad de transmisión que debería ser utilizada para transmitir los paquetes subsiguientes a la estación de transmisión, y establece un tiempo de detención de la transmisión de las estaciones periféricas en base a la velocidad de transmisión predeterminada especificada por la estación de transmisión.

El documento 2006/107886 da a conocer un método y un sistema para mejorar la capacidad de respuesta en el intercambio de tramas de control y de gestión en una red de área local inalámbrica. Un iniciador envía una trama (trama de acción, gestión, control o datos) a un respondedor. Tras recibir correctamente la trama, el respondedor envía una trama de respuesta al iniciador, en lugar de enviar directamente un paquete de acuse de recibo (ACK – ACKnowledgement, en inglés). El respondedor, preferiblemente, accede al medio inalámbrico para enviar la trama de respuesta en un corto espacio entre tramas (SIFS – Short Inter-Frame Spacing, en inglés). Con este esquema, se evita un retardo largo asociado con tener que luchar para que el medio inalámbrico envíe la trama de respuesta y, por lo tanto, la capacidad de respuesta y la puntualidad del mecanismo de retroalimentación mejoran significativamente. La trama de respuesta puede ser combinada o agregada con otro paquete. El método implica enviar una trama de solicitud a un respondedor por parte de un iniciador, y enviar una trama de respuesta al iniciador sin enviar una trama de acuse de recibo (ACK) separada para acusar la recepción de la trama de solicitud. El respondedor envía la trama de respuesta dentro de un corto espacio entre tramas (SIFS) desde el momento en que el respondedor recibe la trama de solicitud, en el que el respondedor tiene un número de identidad de solicitud en la trama de respuesta. Asimismo, se incluye una reivindicación independiente para un sistema de comunicación inalámbrico que comprende un iniciador.

El documento WO 2012/172162 da a conocer una solución para operar un aparato de comunicación de radio que intercambia mensajes de control de banda estrecha con otros aparatos de comunicación de radio, comprendiendo

cada mensaje de control una secuencia de control y un identificador que identifica un transmisor del mensaje de control. El aparato de comunicación de radio recibe una señal de banda ancha a través de un receptor de radio de banda ancha, y correlaciona las subbandas de la señal recibida para detectar un mensaje de control de banda estrecha dentro de la señal de banda ancha recibida. Tras la detección del mensaje de control de banda estrecha en una subbanda de la señal de banda ancha recibida, el transmisor del mensaje de control de banda estrecha es determinado a partir del identificador del mensaje de control de banda estrecha. También se determina a partir de la recepción del mensaje de control de banda estrecha en la subbanda que el transmisor del mensaje de control de banda estrecha prefiere la subbanda, y que dicha subbanda se utiliza en la comunicación de datos con el transmisor del mensaje de control de banda estrecha.

10 Breve descripción

La invención está definida por el objeto de las reivindicaciones independientes.

Las realizaciones de la invención están definidas en las reivindicaciones dependientes.

Lista de dibujos

15 A continuación, se describen realizaciones de la presente invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la figura 1 ilustra la comunicación entre aparatos de comunicación de radio en un sistema de comunicación de radio;

la figura 2 ilustra una realización de un proceso para llevar a cabo la selección de canales;

la figura 3 ilustra una realización de un receptor de banda ancha configurado para recibir una transmisión de portadora única de banda estrecha;

20 la figura 4 ilustra un diagrama de señalización de un proceso de selección de canal según una realización de la invención;

la figura 5 ilustra una realización de un formato de un mensaje de control;

la figura 6 ilustra un diagrama de señalización de un proceso de transferencia de datos según una realización de la invención;

25 las figuras 7 y 8 ilustran formatos de un mensaje de solicitud de transmisión y un mensaje de respuesta de transmisión según algunas realizaciones de la invención;

la figura 9 ilustra una realización de un mensaje de acuse de recibo que indica parámetros de adaptación de enlace para los paquetes de datos subsiguientes;

la figura 10 es un ejemplo de la propagación del retardo de una señal de radio;

30 la figura 11 ilustra una realización de un proceso que utiliza trayectos de propagación múltiples de radio para determinar los parámetros de adaptación de enlace;

la figura 12 ilustra una realización de un proceso para adaptarse a condiciones variables de canal; y

la figura 13 es un diagrama de bloques de un aparato según una realización de la invención.

Descripción de realizaciones

35 Las siguientes realizaciones son a modo de ejemplo. Aunque la memoria descriptiva se puede referir a “una” (indeterminada), “una” (cantidad) o “alguna” realización o realizaciones, en varias ubicaciones, esto no significa necesariamente que cada referencia se refiera a la misma realización o a las mismas realizaciones, o que la característica solo se aplique a una sola realización. Características únicas de diferentes realizaciones también se pueden combinar para proporcionar otras realizaciones. Además, se debe entender que las expresiones “que comprende o comprenden” y “que incluye o incluyen” no se deben considerar como limitativas de las realizaciones descritas para que consistan solo en aquellas características que se han mencionado, y las realizaciones de este tipo pueden contener asimismo características / estructuras que no han sido mencionadas de manera específica.

45 La figura 1 ilustra un sistema de telecomunicación inalámbrico a modo de ejemplo al que se pueden aplicar realizaciones de la invención. Las realizaciones de la invención se pueden implementar en una red ad hoc que comprende una pluralidad de nodos de red 10, 11, 12 que pueden estar implementados mediante aparatos de comunicación de radio. La red ad hoc se puede referir a una red establecida entre los nodos de red 10 a 12, sin ninguna planificación de red con respecto a la utilización de la infraestructura y/o de la frecuencia. Los nodos de red pueden ser operacionalmente equivalentes entre sí. Al menos algunos de los nodos de red 10 a 12 se pueden mover libremente, y también pueden ser configurados para encaminar paquetes de datos que no están relacionados con su propia utilización, por ejemplo, paquetes de datos de otros nodos de red. Sin embargo, se debe entender que los

principios de la invención pueden ser aplicados a otros tipos de sistemas de comunicación, por ejemplo, redes inalámbricas de malla, sistemas de comunicación que tienen una infraestructura fija, tales como sistemas de comunicación celulares y otros tipos de sistemas. Los principios de la invención también pueden ser aplicados a las conexiones de punto a punto, en las que dos nodos de comunicación de red se comunican directamente entre sí sin utilizar ningún otro nodo de red para encaminar los paquetes de datos.

En la realización de la figura 1, los nodos de red 10 a 12 tienen un rango de comunicación muy largo (incluso miles de kilómetros), y se pueden comunicar directamente con los nodos de red en el otro lado de la Tierra. Sus potencias de transmisión pueden variar desde unos pocos vatios (por ejemplo, 20 W a 50 W) hasta incluso kilovatios, dependiendo de si el nodo de red es móvil o fijo y del tipo de fuente de alimentación. Por ejemplo, un nodo de red instalado en un edificio, un camión o un barco puede utilizar potencias de transmisión altas, mientras que un dispositivo manual puede estar limitado a unos pocos vatios. La banda de frecuencia utilizada por los nodos de red 10 a 12 puede comprender una banda de alta frecuencia (HF – High Frequency, en inglés) (3 MHz a 30 MHz), pero se debe entender que otras realizaciones utilizan otras bandas de frecuencia, por ejemplo, frecuencias muy altas (VHF – Very High Frequency, en inglés) o frecuencias ultra altas (UHF – Ultra High Frequency, en inglés). Una ventaja de las frecuencias HF es su gran rango de propagación, y el hecho de que se pueden propagar a través de varios tipos de trayectos de comunicación. La figura 1 ilustra un escenario en el que un primer nodo de red 10 se comunica con un segundo nodo de red 11 a través de ondas de radio de superficie que se propagan cerca de la superficie del suelo. Sin embargo, se puede alcanzar un tercer nodo de red 12 en el otro lado de la Tierra a través de ondas de radio que se propagan utilizando reflexiones ionosféricas. Algunos nodos de red pueden ser alcanzados utilizando tanto ondas de superficie como reflexiones ionosféricas, y algunas realizaciones de la invención están configuradas para utilizar esta propiedad.

Los nodos de red 10 a 12 están configurados para soportar la comunicación en una banda de alta frecuencia desde la cual las frecuencias de transmisión reales pueden ser seleccionadas según las realizaciones descritas en este documento. La banda de frecuencia soportada puede ser continua o estar dividida en una pluralidad de bandas de frecuencia separadas entre sí. La división puede estar basada en el hecho de que hay otros sistemas que ocupan algunas frecuencias que pueden tener prioridad para ocupar las frecuencias, mientras que el sistema actual tiene que adaptarse a la ocupación de frecuencias de dicho sistema principal. En algunas realizaciones, los sistemas que ocupan la misma banda de frecuencia tienen la misma prioridad para la ocupación de frecuencia, y al menos el sistema actual puede utilizar los procedimientos de selección de canales cognitivos descritos en el presente documento para evitar colisiones entre los sistemas. La utilización de la frecuencia se describe con mayor detalle a continuación con referencia a la figura 3.

La figura 2 ilustra un diagrama de flujo de un proceso para operar un aparato de comunicación radio que puede ser cualquiera de los nodos de red 10 a 12. El proceso se puede implementar mediante un programa informático ejecutado por un ordenador dentro del aparato de comunicación de radio. Con referencia a la figura 2, el aparato de comunicación de radio está configurado para intercambiar mensajes de control de banda estrecha con otros aparatos de comunicación de radio. Cada mensaje de control comprende una secuencia de control y un identificador que identifica un transmisor del mensaje de control. En algunas realizaciones, el mensaje de control consiste en la secuencia de control y el identificador. El intercambio de los mensajes de control se puede llevar a cabo repetidamente según reglas preestablecidas que pueden estar basadas en el tiempo y/o en la necesidad. Con respecto a la operación del ordenador según lo define el programa informático en el bloque 202, el programa informático puede configurar el aparato de comunicación de radio para transmitir, recibir y procesar los mensajes de control de banda estrecha, tal como se describe con mayor detalle en el presente documento.

Los bloques 204 a 210 se refieren a la recepción de un único mensaje de control de banda estrecha en el aparato de comunicación de radio. En el bloque 204, el aparato recibe una señal de banda ancha a través de un receptor de radio de banda ancha. El receptor de radio de banda ancha está configurado para llevar a cabo la recepción en una banda de frecuencia que es significativamente más ancha que el ancho de banda del mensaje de control de banda estrecha. En algunas realizaciones, el ancho de banda del receptor puede ser más de diez veces el ancho de banda del mensaje de control de banda estrecha, y, en otras realizaciones, incluso cientos o miles de veces el ancho de banda del mensaje de control de banda estrecha. En el bloque 206, el aparato lleva a cabo un procedimiento de detección de señal en la señal de banda ancha recibida para detectar un mensaje de control de banda estrecha dentro de la señal de banda ancha recibida. La detección de la señal puede ser llevada a cabo para una pluralidad de subbandas de la señal de banda ancha recibida. Por ejemplo, la señal de banda ancha recibida puede dividirse en una pluralidad de subbandas que tienen el ancho de banda correspondiente al ancho de banda conocido del mensaje de control de banda estrecha, y el proceso de detección de la señal se puede llevar a cabo para cada subbanda de manera separada. En la práctica, la señal recibida desde una subbanda dada puede ser correlacionada con una secuencia de control almacenada en una memoria del aparato. La secuencia de control puede ser la misma que la secuencia de control agregada al mensaje de control de banda estrecha en su transmisor.

Tras la detección del mensaje de control de banda estrecha en una subbanda de la señal de banda ancha recibida, el transmisor del mensaje de control de banda estrecha se determina en bloque 208 del identificador comprendido en el mensaje de control de banda estrecha. Los nodos de red 10 a 12 pueden ser configurados para transmitir los mensajes de control solo en las subbandas que son subbandas preferidas, por ejemplo, el transmisor del mensaje

de control de banda estrecha estima que la calidad de comunicación de la subbanda es suficientemente alta. Por lo tanto, un receptor del mensaje de control puede determinar, a partir de la subbanda en la que se recibió el mensaje de control, que el transmisor del mensaje de control de banda estrecha prefiere la subbanda. Dicha determinación se realiza en el bloque 210. Por lo tanto, la subbanda se puede utilizar en la comunicación de datos con el transmisor del mensaje de control de banda estrecha.

Como resultado del procedimiento de selección de canal mencionado anteriormente, no se necesita una planificación manual de la frecuencia ni una señalización de control excesiva relativa a la negociación de la banda o las bandas de frecuencia a utilizar en la comunicación. La transmisión repetida de los mensajes de control permite asimismo una rápida adaptación a un entorno de radio cambiante. Típicamente, una subbanda puede tener una alta calidad durante un período de tiempo determinado, después del cual otros sistemas ocupan la subbanda y la calidad de la subbanda se deteriora. Por ejemplo, las frecuencias HF son susceptibles a diversos fenómenos naturales, por ejemplo, a la actividad solar y a otras radiaciones que se originan en el espacio, y los otros sistemas de radio también contribuyen a un entorno de radio cambiante. Los sistemas con planificación estática de la frecuencia no se pueden adaptar a cambios de este tipo y, por lo tanto, su rendimiento se degrada. Además, el entorno de radio puede ser completamente diferente para dos nodos de red alejados entre sí. Esto plantea los requisitos para la adaptación rápida, ya que aumenta la probabilidad de que al menos uno de los dos nodos de red experimente una degradación de las subbandas actuales. El aparato de comunicación de radio puede, al detectar un rendimiento deficiente en la subbanda o las subbandas utilizadas actualmente, explorar mejores subbandas y transmitir los mensajes de control en las nuevas subbandas que se detecta que tienen una mejor calidad. Tras la recepción de los mensajes de control en nuevas subbandas, un segundo nodo de red puede actualizar de manera correspondiente la lista de canales preferidos. El proceso de selección de canal que comprende el intercambio de los mensajes de control y el procesamiento del mensaje o los mensajes de control recibidos en el receptor puede llevar incluso menos de 200 ms, lo que permite una rápida adaptación a un entorno de radio cambiante y, necesariamente, ninguna negociación distinta de la transmisión unidireccional del mensaje de control. Sin embargo, se puede utilizar una señalización adicional en relación con la transmisión de datos, tal como se describirá más adelante.

Considérese la utilización de la frecuencia y la operación del aparato de comunicación de radio con mayor detalle con referencia a la figura 3. La figura 3 ilustra que la banda operacional de todo el sistema se divide en una pluralidad de bloques de frecuencia, teniendo cada bloque de frecuencias un ancho de banda a modo de ejemplo de 192 kHz. El aparato de comunicación de radio está sintonizado para recibir señales de 192 kHz de cada bloque de frecuencias. El aparato de comunicación de radio puede comprender una pluralidad de receptores de radio 30, 31, 32, en la que cada receptor de radio 30 a 32 está sintonizado para recibir señales de radio en al menos un bloque de frecuencias. En algunas realizaciones en las que el número de bloques de frecuencia soportados por el sistema es mayor que el número de receptores de radio 30 a 32, al menos algunos de los receptores de radio 30 a 32 están sintonizados para recibir una pluralidad de bloques de frecuencia. A continuación, los receptores de radio 30 a 32 puede llevar a cabo un salto de frecuencia entre dicha pluralidad de bloques de frecuencia. El ancho de banda de las transmisiones reales es de 3 kHz en esta realización. Cada bloque de frecuencias de 192 kHz se divide en subbandas de 3 kHz (1 kHz u otro ancho de banda en otras realizaciones). En algunas realizaciones, el número de subbandas en los bloques de frecuencia es el ancho de banda del bloque de frecuencias dividido por el ancho de banda de la subbanda, por ejemplo, $192 \text{ kHz} / 3 \text{ kHz} = 64 \text{ kHz}$. En realizaciones de este tipo, la separación entre las frecuencias centrales de las subbandas adyacentes es igual al ancho de banda de las subbandas, por ejemplo 3 kHz. Sin embargo, en realizaciones más eficientes, la separación entre las frecuencias centrales de las subbandas adyacentes es menor que el ancho de banda de las subbandas. Esto significa, en la práctica, que las subbandas se superponen en el dominio de la frecuencia, pero aún se puede lograr una separación de frecuencias suficiente para que la interferencia del canal adyacente se pueda mitigar en el receptor. Por ejemplo, la separación de la frecuencia central puede ser de 1 kHz o incluso de 500 Hz, mientras que el ancho de banda de la subbanda es de varios kHz. En otras realizaciones, se proporciona una banda de seguridad entre subbandas adyacentes. El transmisor puede estar configurado para seleccionar una o más subbandas por bloque de frecuencias para llevar a cabo la transmisión. Si un bloque de frecuencias no contiene una subbanda desocupada, el bloque de frecuencias se puede omitir en la selección de la subbanda. Como consecuencia, el número de subbandas utilizadas en la transmisión puede ser igual al número de bloques de frecuencia soportados por el sistema. Sin embargo, tal como se mencionó anteriormente, el número de subbandas utilizadas en la transmisión puede ser diferente del número de bloques de frecuencia, cuando se pueden seleccionar desde cero a más de una subbanda por bloque de frecuencias. Las subbandas utilizadas en la transmisión típicamente no son consecutivas, excepto en casos especiales, por ejemplo, cuando la subbanda más alta de un primer bloque de frecuencias y la subbanda más baja de un bloque de frecuencias vecino en una frecuencia más alta se seleccionan para la transmisión.

Puesto que el transmisor puede seleccionar las subbandas en las que transmitir los mensajes de control, cada receptor de banda ancha 30 a 32 no necesariamente conoce en cuál de las 64 (o 192) subbandas del bloque de frecuencias se encuentra la transmisión. Como consecuencia, cada rama de recepción puede incluir un filtro adaptado 33, 34, 35 adaptado a la forma de onda de la secuencia de control y configurada para explorar las subbandas (3 kHz) de la señal de banda ancha recibida (192 kHz), y para detectar la secuencia de control que se sabe que está comprendida en el mensaje de control. Cada nodo de red 10 a 12 puede utilizar la misma secuencia de control para reducir la complejidad de la estructura del filtro adaptado 33 a 35. La estructura de la secuencia de control se describe con mayor detalle a continuación con referencia a la figura 5.

En una realización, el receptor utiliza la correlación en el dominio del tiempo, en el que cada receptor de radio 30 a 32 divide la señal de banda ancha de 192 kHz recibida en subbandas de 3 kHz utilizando una estructura de filtro de paso de banda que puede ser implementada mediante un banco de filtros que divide la señal recibida en una pluralidad de (3 kHz) señales de subbanda, por ejemplo. A continuación, las señales de banda estrecha de 3 kHz son aplicadas a un filtro adaptado 33, 34 o 35 correspondiente, y el filtro adaptado realiza una correlación con cada señal de 3 kHz para detectar un pico de correlación que indicaría la presencia de la secuencia de control en la señal recibida. Para detectar el pico de correlación, los filtros adaptados 33 a 35 pueden emplear un detector de pico que compare el resultado del filtrado adaptado con un valor umbral. Un resultado que excede el umbral se considera como una detección de la secuencia de control en la señal recibida.

En otra realización, la correlación en el dominio del tiempo es reemplazada por una transformada de Fourier (rápida) de la señal recibida y una multiplexación entre la señal recibida transformada y una representación en el dominio de la frecuencia de la secuencia de control. Este tipo de procedimiento de filtrado puede emplear el conocido método de superposición y adición o el método de superposición y guardado.

En otra realización, el receptor utiliza una OFDM (multiplexación por división ortogonal de la frecuencia – Orthogonal Frequency Division Multiplexing, en inglés) o, en general, una estructura de recepción de múltiples portadoras diseñada para la recepción de señales de múltiples portadoras, es decir, señales que tienen símbolos en una pluralidad de subportadoras ortogonales paralelas. Puesto que los símbolos están separados en frecuencia, el receptor de OFDM está configurado típicamente para procesar las señales recibidas en un dominio de frecuencia. El receptor de OFDM puede ser sintonizado para recibir un bloque de frecuencias (192 kHz), y puede ser configurado para considerar cada subbanda (3 kHz) como una “subportadora”. Como consecuencia, se recibe un mensaje de control de una sola portadora con un receptor de múltiples portadoras. Puesto que el receptor OFDM procesa la señal recibida en el dominio de la frecuencia, el receptor de radio 30 a 32 puede comprender circuitería de transformada de Fourier, configurada para convertir la señal recibida en una representación en el dominio de la frecuencia. Se puede seleccionar una ventana de tiempo para la transformada de Fourier para que sea la duración de la secuencia de control del mensaje de control de banda estrecha. A continuación, los filtros adaptados 33 a 35 son adaptados a la forma de onda de una representación en el dominio de la frecuencia de la secuencia de control que procesa cada subbanda. En el dominio de la frecuencia, el procedimiento de filtrado adaptado comprende una simple multiplicación entre la señal recibida y la secuencia de control, proporcionando de este modo una correlación de menor complejidad de cálculo que con una convolución utilizada en la correlación en el dominio del tiempo.

Como se conoce en la técnica, los filtros adaptados 33 a 35 pueden ser reemplazados por una estructura de correlación.

Tras la detección de la secuencia de control en una de las subbandas de la señal recibida, la señal de subbanda es aplicada a un procesador de mensajes de control 36 que puede ser configurado para procesar la señal de subbanda. El procesamiento puede comprender aplicar algoritmos de procesamiento de señales del receptor, por ejemplo, ecualización, a la señal de subbanda. La secuencia de control contenida en la señal de subbanda recibida se puede utilizar como una secuencia de aprendizaje para la ecualización (se puede estimar una respuesta del canal a partir de la secuencia de control) y para otros algoritmos de procesamiento de señal. A continuación, el procesador de mensajes de control 36 puede extraer una parte de la carga útil del mensaje de control contenido en la señal de subbanda y recuperar un identificador contenido en la parte de carga útil. Tras la obtención del transmisor del mensaje de control a partir del identificador, el procesador de mensajes de control 36 puede almacenar en la memoria 37 la subbanda correspondiente como un canal preferido para ese transmisor. A continuación, esa subbanda puede ser utilizada en la comunicación con el transmisor.

Considérese a continuación el proceso de selección de canal en un nivel más alto con referencia a la figura 4. La figura 4 ilustra un diagrama de señalización que ilustra cómo un transmisor y un receptor, que pueden ser ambos los nodos de red 10 a 12 de la figura 1, determinan el a los canales sobre los cuales comunicarse entre sí. Téngase en cuenta que los términos transmisor y receptor solo están relacionados con el transmisor del mensaje de control y el receptor del mensaje de control, y las funciones se pueden invertir en otros contextos, por ejemplo, en la transmisión de datos o la transmisión de un mensaje de control a la otra dirección. Con referencia, a continuación, a la figura 4, el transmisor realiza en primer lugar, en S1, un proceso de exploración en algunos o en todos los canales soportados para comunicación. El transmisor determina en S1 el canal o los canales que proporcionan la mejor calidad de canal. El transmisor puede ser configurado para seleccionar un canal por cada bloque de frecuencias, en el que el canal seleccionado puede tener la mejor calidad de canal dentro del bloque de frecuencias. Las estimaciones de calidad se pueden basar en la estimación de la intensidad de la señal recibida en cada canal, en la relación de señal a ruido (SNR – Signal to Noise Ratio, en inglés) o en la relación de señal a interferencia más ruido (SINR – Signal to Interference plus Noise Ratio, en inglés) en cada canal, o en cualquier otra métrica de calidad de canal.

En S2, el receptor explora los bloques de frecuencia y las subbandas correspondientes con el receptor de radio de banda ancha para detectar la presencia de mensajes de control de banda estrecha, tal como se describió anteriormente. S1 y S2 son procesos independientes uno de otro, y sus respectivos tiempos pueden variar, por ejemplo, S2 puede llevarse a cabo antes o al mismo tiempo que S1. Tras seleccionar el canal o los canales o las subbandas de bloques de frecuencia en S1, el transmisor transmite en S3 uno o más mensajes de control en el

canal o los canales seleccionados. Los mensajes de control pueden ser mensajes de difusión que no están dirigidos a ningún receptor específico. Como consecuencia, cualquier nodo de red capaz de recibir el mensaje de control puede procesar el mensaje de control. Tras la recepción del mensaje o los mensajes de control en el respectivo canal o los respectivos canales en S3, el receptor detecta el mensaje o mensajes de control y los procesa en S4, para obtener el identificador del transmisor a partir del mensaje o mensajes y llevar a cabo la asociación entre el canal o los canales y el transmisor. Como consecuencia, el receptor obtiene una lista de canales preferidos por el transmisor. A continuación, el receptor determina los canales que prefiere en S5. Esto se puede obtener a través de un proceso similar al realizado en S1. El receptor puede realizar a continuación una comparación entre los canales preferidos por el transmisor y los canales preferidos por el receptor. Los canales comúnmente preferidos se pueden utilizar en la transferencia de datos entre el transmisor y el receptor en S6. En ocasiones, los canales preferidos por el transmisor y el receptor se superponen solo parcialmente (o no se superponen en absoluto), y en tales casos el receptor puede determinar, S6, aquellos canales que proporcionan la mejor calidad de canal para el receptor. La selección del canal en relación con la transferencia de datos se describe con mayor detalle a continuación.

La selección del canal de la figura 4 se puede realizar de manera repetida intercambiando los mensajes de control entre los nodos de red 10 a 12. La transmisión de nuevos mensajes de control puede ser desencadenada por tiempo y/o según las necesidades, tal como se mencionó anteriormente. Por ejemplo, un nodo de red puede ser configurado para llevar a cabo el proceso de selección de canal de manera periódica. En otro ejemplo, el nodo de red puede ser configurado para llevar a cabo la selección de canales tras la degradación de al menos algunos de los canales actualmente seleccionados. Un desencadenante puede ser que haya menos de un número determinado de canales con una calidad suficiente, y la calidad suficiente se puede determinar mediante una métrica determinada (por ejemplo, SINR y/o tasa de error de bits / paquetes) y un umbral. Asimismo, se pueden utilizar otros criterios para desencadenar la selección de nuevos canales. Los mensajes de control pueden ser transmitidos de manera periódica o de otra manera para mantener la conectividad de la red inalámbrica y/o para mantener actualizados otros dispositivos de las subbandas preferidas por el transmisor.

La figura 5 ilustra una realización de un formato del mensaje de control de banda estrecha. Tal como se mencionó anteriormente, el mensaje de control puede comprender la cabecera de control y la carga útil, que comprende el identificador del transmisor del mensaje de control. La cabecera de control puede comprender una pluralidad de secuencias de control concatenadas para proporcionar una secuencia de control larga que ocupa más de la mitad de la longitud del mensaje de control. En una realización, la cabecera de control comprende cuatro secuencias de control concatenadas, en las que cada secuencia de control tiene la longitud de 32 chips. Las secuencias pueden ser códigos de secuencia directa (DS – Direct Sequence, en inglés) utilizados en las comunicaciones de espectro ensanchado. Ejemplos de las secuencias que pueden ser utilizadas como secuencia de control DS incluyen secuencias m y secuencias de oro. Sin embargo, en este caso, las secuencias DS no se utilizan para aumentar la tasa de símbolos del mensaje de control, a diferencia de como se utilizan en las comunicaciones de espectro ensanchado. De hecho, la tasa de símbolos de la secuencia de control puede ser la misma que la tasa de símbolos de la porción de carga útil. En el ejemplo de cuatro secuencias de 32 chips y un identificador de 16 bits y una longitud de chip que iguala la longitud de bits, la longitud total del mensaje de control es de 144 bits. En el ejemplo del mensaje de control de banda estrecha de 3 kHz, la tasa de símbolos puede ser de 3 kps (kilosímbolos por segundo). La secuencia de control larga maximiza la probabilidad de recibir el mensaje de control en el receptor. Se debe recordar que cada receptor de radio puede explorar una pluralidad de bloques de frecuencia y, posiblemente, no puede monitorizar cada canal de manera continua. La utilización de una secuencia de control larga mejora la probabilidad de detectar el mensaje de control. El filtro adaptado del receptor puede coincidir con una única secuencia de control, y no necesariamente con toda la parte de control concatenada del mensaje de control. La secuencia de control larga permite asimismo determinar si la señal recibida es una onda de superficie o una reflexión ionosférica, una mejor estimación de canal, etc.

La carga útil puede comprender asimismo una marca de tiempo cifrada para suprimir la interferencia de repetición. Un mensaje de control que tiene una marca de tiempo que ha expirado se puede considerar como una interferencia y, por lo tanto, se puede descartar.

En algunas realizaciones, la cabecera de control puede ser única para cada nodo de red y, por lo tanto, la cabecera de control funciona como el identificador del nodo de red. Por lo tanto, la carga útil puede incluso ser omitida, y el mensaje de control puede consistir en la cabecera de control única. En otras realizaciones, la cabecera de control puede ser común a al menos algunos de los nodos de red, y la carga útil puede comprender una secuencia única (DS) que puede funcionar como identificador.

Considérese, a continuación, la transmisión de datos en la red según una realización de la invención con referencia a la figura 6. Supóngase que la selección de canal a través de la transmisión de los mensajes de control de banda estrecha se ha realizado de la manera descrita anteriormente o según otro principio. La selección de canales se lleva a cabo en S11, y se puede llevar a cabo tanto en el transmisor como en el receptor, o, al menos, en el transmisor. En S12, el transmisor determina realizar una transmisión de datos con el receptor. Los parámetros de la transmisión de datos pueden ser negociados a través de una fase de inicialización en la que el transmisor transmite un mensaje de solicitud de transmisión (por ejemplo, una solicitud de envío, RTS, Request to Send, en inglés) al receptor, y el receptor responde con un mensaje de respuesta de transmisión (por ejemplo, listo para enviar, CTS, Clear to Send, en inglés). En S12, el transmisor transmite el mensaje RTS al receptor. La función del mensaje RTS

puede ser que el transmisor le indique al receptor que el transmisor tiene datos para transmitir al receptor. El mensaje RTS se puede transmitir en una pluralidad de canales, por ejemplo, en una subbanda de cada bloque de frecuencias para el cual el transmisor ha seleccionado una subbanda.

La figura 7 ilustra una realización del mensaje RTS. El mensaje RTS puede comprender la misma secuencia de control como encabezado que el mensaje de control de la figura 5. Como parte de carga útil, el mensaje RTS puede comprender el identificador del transmisor y el identificador del destinatario del mensaje RTS, que pueden ser, ambos, exclusivos para cada nodo de red 10 a 12. El mensaje RTS puede comprender, asimismo, un elemento de información utilizado para especificar cuántos datos necesita transmitir el transmisor. Este elemento de información se puede utilizar para definir una clasificación de calidad de servicio (QoS – Quality of Service, en inglés) de los datos que se están transmitiendo. La clasificación de QoS puede especificar necesidades en tiempo real para los datos, y las clasificaciones de QoS típicas pueden incluir la conversación y la transmisión en tiempo real como clases en tiempo real e interactivas, y el fondo como clase que no es transmisión en tiempo real. Otras clases de QoS son igualmente aplicables. El mensaje RTS puede comprender, además, un campo que especifica que al menos un canal se utiliza como un canal de retroalimentación para al menos el mensaje CTS, pero, opcionalmente, también para la transmisión de datos. Este campo puede ser utilizado por el transmisor para especificar al menos un canal de retroalimentación (pero, en algunos casos, una pluralidad, por ejemplo, cuatro) en el que se va a transmitir el mensaje CTS. Además, el canal o canales de retroalimentación se pueden utilizar para transmitir mensajes de acuse de recibo positivo / negativo (ACK / NACK) que indican una recepción de datos con éxito / fallida, respectivamente. El transmisor puede utilizar el mensaje RTS para solicitar ciertos parámetros de comunicación para su utilización en la transmisión de datos, y los parámetros de comunicación solicitados pueden incluir la clasificación de QoS y/o el ancho de banda de la transmisión de datos.

Tras la recepción del mensaje RTS en S12, el receptor detecta el mensaje RTS en S13 en base al filtrado adaptado de la secuencia de control, tal como se ha descrito anteriormente. Además, el receptor puede detectar, a partir de la estructura o a partir de un identificador específico contenido en el mensaje, que el mensaje es el mensaje RTS y no el mensaje de control convencional de la figura 5. Tras la determinación de que el mensaje es el mensaje RTS, el receptor extrae la porción de carga útil del mensaje RTS y procesa la solicitud de transmisión. La extracción puede comprender, de nuevo, la ecualización basada en la utilización de la cabecera de control como secuencia de aprendizaje, y también se puede llevar a cabo la sincronización con los tiempos de los símbolos del mensaje RTS en base a la cabecera de control, como se puede hacer con el mensaje de control de la figura 5.

En S13, el receptor detecta la clasificación de QoS de la solicitud (u otro indicador que especifica la cantidad de recursos de transmisión necesarios), determina el número de subbandas necesarias para cumplir con la solicitud y selecciona las subbandas. La selección de las subbandas puede estar basada en la selección del número necesario de subbandas que se determina que proporcionan la más alta calidad de canal para la comunicación. Se debe recordar que los entornos de radio pueden ser diferentes para el transmisor y el receptor debido a una gran distancia, por ejemplo, por lo que el receptor puede seleccionar las subbandas preferidas por el receptor para permitir la recepción de los datos. De nuevo, se puede seleccionar una subbanda por cada bloque de frecuencias para la transferencia de datos, pero en otras realizaciones se pueden seleccionar múltiples subbandas por cada bloque de frecuencias. En otras palabras, el receptor puede tener en cuenta los parámetros de comunicación solicitados por el transmisor en el mensaje RTS, pero tomar una decisión autónoma en cuanto a la selección de la subbanda o las subbandas y el ancho de banda para la transmisión de datos.

En S14, el receptor prepara el mensaje CTS para transmitirlo al transmisor. La figura 8 ilustra una realización del formato del mensaje CTS. El mensaje CTS puede comprender la cabecera de control mencionada anteriormente, pero el número de secuencias de control concatenadas contenidas en la cabecera de control puede ser diferente que en el mensaje de control y el mensaje RTS. Como el transmisor ya ha especificado la subbanda o subbandas para el mensaje CTS, está configurado para monitorizar esas subbandas para el mensaje CTS. Por lo tanto, se puede utilizar una cabecera de control más corta para el mensaje CTS. La parte de carga útil del mensaje CTS puede comprender el identificador del receptor (el transmisor del mensaje CTS), comprendiendo la asignación de canal para la transmisión de datos las subbandas seleccionadas. Los canales se pueden identificar utilizando índices de canal, en los que cada subbanda tiene un índice de canal único. El mensaje CTS puede identificar, además, cualquier otro parámetro de comunicación de la transmisión de datos. Con respecto a los parámetros de comunicación del propio mensaje CTS, los mensajes CTS pueden ser codificados y modulados con un esquema de codificación y modulación predeterminado asociado con los mensajes CTS. El receptor puede emplear un esquema robusto de modulación y codificación para garantizar una recepción confiable del mensaje CTS en el transmisor. En S14, el receptor transmite el mensaje CTS al transmisor en los canales especificados en el mensaje RTS. Se debe tener en cuenta que la asignación de canales especificada en el mensaje CTS puede especificar al menos algunos canales diferentes a los especificados en el mensaje RTS para la transmisión del mensaje CTS y los ACK / NACK. En consecuencia, el mensaje RTS, el mensaje CTS y la transmisión de datos se pueden emplear en su totalidad o parcialmente en diferentes subbandas. El transmisor recibe el mensaje CTS en S14. El transmisor utiliza la cabecera de control para la sincronización de los tiempos y/o para la ecualización del mensaje CTS, y extrae la parte de carga útil del mensaje CTS. A continuación, el transmisor configura sus partes de transmisor para la transmisión con los parámetros especificados en el mensaje CTS.

En S15, el transmisor realiza la transmisión de datos en la subbanda o las subbandas asignadas en el mensaje CTS. S15 puede comprender generar un primer paquete de datos de la transmisión de datos. El transmisor puede procesar el primer paquete de datos con parámetros de adaptación de enlace asociados de manera fija para su utilización en relación con los primeros paquetes de datos de las transmisiones de datos. Los parámetros de adaptación de enlace de este tipo se pueden incluir en un subconjunto de los parámetros de adaptación de enlace más robustos soportados por el primer nodo de red.

En una realización, los parámetros de adaptación de enlace utilizados en el procesamiento del primer paquete de datos de la transmisión de datos pueden ser los parámetros de adaptación de enlace más robustos disponibles para su utilización en la transmisión de datos. En otra realización, los parámetros de adaptación de enlace utilizados en el procesamiento del primer paquete de datos de la transmisión de datos pueden ser uno de los dos, tres o cuatro parámetros de adaptación de enlace más robustos disponibles para su utilización en la transmisión de datos. En cada realización, los parámetros de adaptación de enlace se pueden utilizar de manera fija para procesar el primer paquete de datos de todas las transmisiones de datos. Por consiguiente, el transmisor no necesita emplear ningún criterio de selección ni ninguna lógica de selección complicada, y la selección de los parámetros de adaptación de enlace no necesita un procedimiento de estimación de canal, por ejemplo.

Los parámetros de adaptación de enlace pueden definir al menos uno de un esquema de modulación y un esquema de codificación de canal. El esquema de modulación asociado con el primer paquete de datos puede ser un esquema de modulación confiable, tal como una codificación por cambio de fase binaria (BPSK) o una codificación por cambio de fase en cuadratura (QPSK). El esquema de codificación de canal puede estar asociado con el primer paquete de datos, que puede ser el que proporcione la codificación más confiable de datos de carga útil, por ejemplo, un esquema de codificación de canal que codifica el mayor número de bits de paridad o el mayor número de bits de descodificación de error por cada bit de datos entre los esquemas de codificación de canal empleados por los dispositivos de la transmisión de datos.

Implementar los parámetros de adaptación de enlace robustos o los más robustos con respecto al primer paquete de datos mejora la probabilidad de transmitir el primer paquete de datos correctamente al receptor, y la probabilidad de que el receptor detecte el primer paquete de datos en S15. Como consecuencia, tras la recepción del primer paquete de datos en S15, el receptor puede, por lo tanto, descodificar los datos de la carga útil del primer paquete de datos y, adicionalmente, realizar la estimación del canal en el canal o subbandas asignados a la transmisión de datos (S16). Tal como se mencionó anteriormente, el primer paquete de datos puede ser la primera comunicación entre el transmisor y el receptor en las subbandas asignadas a la transmisión de datos.

En una realización, la estimación del canal en S16 comprende la estimación de una relación de señal a ruido (SNR) o una relación de señal a ruido más interferencia (SINR) del primer paquete de datos. En otra realización, la estimación del canal en S16 comprende estimar una relación de error de modulación (MER – Modulation Error Rate, en inglés) o una magnitud del vector de error (EVM – Error Vector Magnitude, en inglés) del primer paquete de datos. En otra realización más, la estimación de canal en S16 comprende la estimación de la MER y la estimación de la SNR y/o la SINR. El cálculo de todas estas métricas que representan las características de un canal de radio entre el transmisor y el receptor es, de este modo, conocido para el experto en la materia, por lo que se omite su descripción detallada. Es suficiente decir que la SNR y la SINR representan la intensidad de señal de una señal deseada (que contiene el primer paquete de datos) en comparación con el ruido o la intensidad del ruido más interferencia medidos, mientras que la MER y la EVM son medidas de la desviación de los valores de los símbolos de información recibidos con respecto a sus ubicaciones ideales en una constelación de símbolos de un esquema de modulación, por ejemplo, una QPSK o QAM. Las EVM o MER pueden ser calculadas para una pluralidad de símbolos comprendidos en el primer paquete de datos recibido, y se puede calcular un promedio de los valores de EVM / MER para determinar la estimación del canal. Una salida de la estimación del canal en S16 es un valor que representa las características del canal, por ejemplo, un valor de SINR, un valor de MER o un valor de EVM.

En S17, el receptor determina, sobre la base de la estimación del canal, los nuevos parámetros de adaptación de enlace que coinciden con las características de canal del canal de radio estimado. En una realización, el receptor puede utilizar una tabla de asignación (mapping, en inglés), que asigna valores que representan diferentes características de canal a configuraciones de parámetros de adaptación de enlace correspondientes. La tabla de asignación puede asignar un valor que representa buenas condiciones de canal a una configuración de parámetros de adaptación de enlace que proporciona una alta velocidad de datos, por ejemplo, un esquema de modulación de amplitud en cuadratura (QAM – Quadrature Amplitude Modulation, en inglés) y/o un esquema de codificación de canal de alta velocidad de datos. Por otro lado, la tabla de asignación puede asignar un valor que representa condiciones de canal deficientes a una configuración de parámetros de adaptación de enlace que proporciona una alta confiabilidad de transmisión, por ejemplo, un esquema de modulación BPSK y/o un esquema de codificación de canal de baja velocidad de datos. En general, la tabla de asignación puede asociar cada valor a una configuración de adaptación de enlace para que el receptor pueda determinar una configuración de adaptación de enlace que coincida con las características del canal en base al valor y a la tabla de asignación.

En S18, el receptor genera un mensaje que indica los nuevos parámetros de adaptación de enlace seleccionados en S17, y transmite el mensaje al transmisor. La figura 9 ilustra una realización del mensaje. En la realización de la figura 9, el mensaje es un primer mensaje de acuse de recibo que reconoce la recepción del primer paquete de

datos. El mensaje puede comprender cualquiera de las secuencias de control descritas anteriormente en su encabezado y, adicionalmente, comprender una porción de carga útil. La porción de carga útil puede comprender un elemento de información que indica si el receptor recibió correctamente el primer paquete de datos. La porción de carga útil comprende, adicionalmente, los nuevos parámetros de adaptación de enlace seleccionados en S17. La configuración del parámetro de adaptación de enlace puede estar indicada en el mensaje mediante un índice exclusivo de la configuración del parámetro de adaptación de enlace seleccionado o, de otro modo, indicando explícitamente los parámetros de adaptación de enlace seleccionados.

Tras la recepción del mensaje en S18, el transmisor puede determinar los nuevos parámetros de adaptación de enlace del mensaje recibido y ajustar los parámetros de adaptación de enlace utilizados en la transmisión de datos con el receptor. Como consecuencia, el transmisor puede procesar los paquetes de datos subsiguientes con los nuevos parámetros de adaptación de enlace, por ejemplo, el nuevo esquema de modulación, asignado a las condiciones de canal estimadas por el receptor, y transmitir los paquetes de datos subsiguientes con los nuevos parámetros de adaptación de enlace en S19.

En una realización, el receptor puede reconocer los paquetes de datos subsiguientes con uno o más mensajes de confirmación que no comprenden el elemento de información que indica la nueva configuración de parámetros de adaptación de enlace. Sin embargo, tras la determinación de que los parámetros de adaptación de enlace deben ser cambiados como resultado del cambio de condiciones del canal, el receptor puede enviar el mensaje de acuse de recibo de la figura 9 para hacer que el transmisor cambie los parámetros de adaptación del enlace. El receptor puede monitorizar de manera regular las condiciones del canal, por ejemplo, llevando a cabo la estimación de canal de S16 para los paquetes de datos subsiguientes de la transmisión de datos.

En el contexto de la figura 6, la transmisión de datos se puede definir como un período de tiempo que abarca la transmisión de una pluralidad de paquetes de datos entre el transmisor y el receptor. La transmisión de datos se puede definir como iniciada por la fase de inicialización descrita anteriormente y finalizada por un mensaje explícito de terminación de enlace, por ejemplo, iniciado por el transmisor después de no tener más datos que transmitir al receptor.

En una realización, S17 comprende modificar el valor que representa las características del canal con un factor de atenuación. El factor de atenuación se puede utilizar para degradar, en un grado determinado definido por el valor del factor de atenuación, las características del canal estimadas en la estimación de canal en S16. A continuación, el receptor puede seleccionar en S17 los nuevos parámetros de adaptación de enlace que coinciden con las características del canal degradadas por el factor de atenuación. El factor de atenuación puede ser un multiplicador o un valor de compensación que define un margen de seguridad para las condiciones de canal estimadas seleccionando la configuración de adaptación de enlace que está diseñada para soportar peores condiciones de canal que las indicadas directamente por las características de canal estimadas. Dicho margen de seguridad puede evitar la necesidad de un reajuste inmediato de la configuración de adaptación del enlace en caso de que las condiciones del canal se degraden bruscamente. También puede reducir la necesidad de retransmisiones de paquetes de datos en caso de que las condiciones del canal se degraden.

El receptor está configurado para monitorizar aquellas subbandas asignadas para la transmisión de datos. Tras la recepción de la transferencia de datos en esas subbandas, el receptor procesa los datos recibidos mediante la detección de datos y algoritmos de decodificación. Tras la recepción con éxito de los datos, el receptor está configurado para transmitir un mensaje ACK en la banda o bandas especificadas en el mensaje RTS. Sin embargo, tras la recepción errónea de los datos, el receptor está configurado para transmitir un mensaje NACK en la banda o bandas especificadas en el mensaje RTS. El primer mensaje de acuse de recibo también se puede transmitir en la subbanda o subbandas especificadas en el mensaje RTS. En algunas realizaciones, el receptor responde solo a la recepción correcta (ACK) o a la recepción errónea (NACK) de los datos. Por ejemplo, cuando el receptor solo reconoce las recepciones correctas transmitiendo ACK, el transmisor detecta recepciones erróneas cuando no se detecta un mensaje ACK para un paquete de datos determinado. También es posible cualquier procedimiento de solicitud de repetición automática híbrida (HARQ – Hybrid Automatic Repeat Request, en inglés), en el que, tras la detección de la recepción errónea de un paquete de datos, una retransmisión comprende el mismo paquete de datos (combinación de búsqueda) o información adicional (por ejemplo, bits de paridad) que ayudan a la decodificación en el receptor. La última realización se conoce como redundancia incremental de HARQ.

De esta manera, la transferencia de datos continúa entre los nodos 10 a 12 de la red. Los otros nodos de red que no forman parte de la transferencia de datos entre el transmisor y el receptor también pueden ser configurados para monitorizar al menos los mensajes RTS. Después de todo, todos los nodos de red monitorizan las transmisiones y reciben señales de radio, las procesan hasta cierto punto después de que determinan si el mensaje les concierne o no. Por ejemplo, un nodo de red puede extraer un mensaje hasta cierto punto antes de que pueda determinar si el mensaje es el mensaje de control de la figura 5 o el mensaje RTS de la figura 7, o si un mensaje de acuse de recibo comprende los nuevos parámetros de adaptación de enlace. En una realización, el nodo de red puede utilizar esta característica en un grado tal que, si el mensaje recibido es el mensaje de control de la figura 5, el nodo de red puede actualizar la lista de canales utilizada con el transmisor del mensaje de control. Sin embargo, si el mensaje recibido es el mensaje RTS no dirigido al nodo de red, el nodo de red puede extraer el identificador del transmisor del mensaje RTS y determinar que el transmisor del mensaje RTS está reservado durante un período de tiempo

determinado. Si el mensaje RTS contiene información que permite determinar el período de tiempo que el transmisor está reservado, el nodo de red puede utilizar esa información para obtener el período de reserva para el transmisor. En otras realizaciones, el nodo de red puede establecer un período de reserva predeterminado. De manera similar, el nodo de red puede obtener el identificador del receptor del mensaje RTS y establecer un período de reserva correspondiente para el receptor. Como consecuencia, el mensaje RTS puede ser utilizado como un indicador de que el transmisor y el receptor están reservados y no se deben transmitir datos durante el período de reserva. En algunas realizaciones, el nodo de red está configurado para ignorar los mensajes CTS y, como consecuencia, los canales o subbandas especificados en al menos el mensaje CTS. En consecuencia, el nodo de red puede llevar a cabo la transmisión / recepción en esas subbandas. En otras realizaciones, el nodo de red está configurado para extraer también los mensajes CTS, y para evitar la transmisión en las subbandas asignadas a la transferencia de datos o a la transferencia de ACK / NACK que se especifican en los mensajes RTS y CTS. Como consecuencia, los mensajes RTS y CTS se pueden utilizar para llevar a cabo la reserva de canales y la protección de la transferencia de datos.

Los principios de selección de canal de la capa física de las realizaciones descritas anteriormente también se pueden utilizar para equipar los nodos 10 a 12 de la red con inteligencia de capa de enlace y/o capa de red. Puesto que cada canal puede ser utilizado por una pluralidad de nodos de red, cada nodo de red puede estar equipado con una lógica de control de acceso al medio (MAC – Medium Access Control, en inglés) que implementa, por ejemplo, un procedimiento de acceso múltiple por detección de portadora (CSMA – Carrier Sense Multiple Access, en inglés) en el que el nodo de red detecta las subbandas objetivo en la transmisión antes de llevar a cabo las transmisiones en esas subbandas. Si se detecta que la subbanda está libre, el nodo de red procede a la transmisión. Por otro lado, si se detecta que la subbanda contiene interferencias (por ejemplo, otro usuario / sistema), el nodo de red puede sintonizar otra subbanda y llevar a cabo el CSMA en ese canal. Los canales detectados en el proceso de CSMA pueden ser los canales asignados para ser preferidos por los nodos de red que llevan a cabo la transferencia de datos a través de un enlace de radio. El nodo de red también puede emplear procedimientos de detección de colisiones y/o de prevención de colisiones para evitar colisiones. Esto se puede aplicar a la transmisión del mensaje de control, del mensaje RTS, del mensaje CTS y/o de los datos. El procedimiento de selección de canal en el establecimiento de conexión RTS / CTS es otro ejemplo de los procedimientos de MAC implementados en la red. Con respecto a la capa de red, puesto que cada nodo de red 10 a 12 almacena una lista de otros nodos de red con los que se puede comunicar, los nodos de red se pueden configurar para intercambiar mensajes de encaminamiento. Un mensaje de encaminamiento puede comprender una lista de nodos de red, un nodo de red 10 a 12 determinado puede ser encontrado, de manera directa o indirecta. Esto permite que los otros nodos construyan una tabla de encaminamiento que comprende una lista de nodos a los que se puede llegar a través de un nodo vecino dado. Las tablas de encaminamiento se pueden utilizar para determinar trayectos en la red ad hoc, por ejemplo, determinando a través de qué nodo se puede llegar a un nodo de destino dado. Por lo tanto, las tablas de encaminamiento se pueden utilizar para transmitir y reenviar los paquetes de datos. Las tablas de encaminamiento se pueden considerar como señalización de capa superior, y las tablas de encaminamiento se pueden transmitir como datos en la capa física. Como consecuencia, la transmisión de la tabla de encaminamiento se puede llevar a cabo a través del procedimiento de establecimiento de conexión RTS / CTS.

En las realizaciones que utilizan las frecuencias HF, la presencia de la reflexión ionosférica como un trayecto de radio está disponible. El receptor del mensaje o los mensajes de control puede determinar la presencia o ausencia de la reflexión ionosférica a partir del mensaje de control recibido, si la secuencia de control es suficientemente larga. Por lo tanto, la longitud de una secuencia de control comprendida al menos en el mensaje de control y en el mensaje RTS se puede seleccionar para que sea más larga en el tiempo que el retardo más largo esperado en la propagación de la señal, por ejemplo, la longitud de la secuencia de control puede ser de hasta 6 ms. Tal como se mencionó anteriormente, la cabecera de control puede comprender una pluralidad de secuencias de control de este tipo concatenadas. La figura 10 ilustra picos de correlación que representan componentes de señal del mensaje de control transmitido que llegan al receptor en diferentes instantes de tiempo, en los que cada pico representa un componente de señal que se ha desplazado a través de un trayecto de señal diferente en el canal de radio. Las ondas de superficie que se propagan aproximadamente a través de un trayecto directo desde el transmisor al receptor típicamente llegan antes que las reflexiones ionosféricas que se propagan una distancia más larga hasta la ionosfera y de vuelta a la superficie del suelo. Esto se muestra como diferentes grupos de señales en el ensanchamiento del retardo ilustrado en la figura 10. Un grupo de señales que consiste en las ondas de superficie está separado, típicamente, del grupo de señales que consiste en los componentes de la señal reflejados desde la ionosfera. Cualquier algoritmo de agrupación de señales del estado de la técnica se puede aplicar a las salidas de filtro adaptadas para determinar si existe un grupo de señales que indique la presencia de solo las ondas de superficie o la reflexión ionosférica, o dos grupos de señales que indiquen la presencia de ambas ondas de superficie y reflejo ionosférico. Esta información se puede utilizar en la selección de los parámetros de adaptación de enlace según algunas realizaciones, tal como se ilustra en la figura 11. Otra realización para determinar el trayecto de propagación de la señal emplea una distancia entre los nodos de red, tal como se obtiene a partir de las coordenadas de ubicación de los nodos de red. Las ubicaciones de los nodos de red pueden ser determinadas empleando un sistema de navegación global por satélite (GNSS – Global Navigation Satellite System, en inglés) como sistema de posicionamiento global. Si la distancia entre los dispositivos es mayor que un umbral determinado, se puede suponer que el trayecto de propagación es o comprende la reflexión ionosférica. De lo contrario, se puede determinar que el trayecto de propagación es o comprende ondas de superficie.

También se pueden utilizar otras realizaciones para detectar las reflexiones ionosféricas. Por ejemplo, el receptor puede medir SINR / SNR y el MER / EVM a partir de la señal recibida que lleva el mensaje de control. Si la SINR / SNR y la MER / EVM estimadas a partir de la misma señal recibida representan una calidad de comunicación sustancialmente diferente entre el transmisor y el receptor, la señal puede haberse desplazado mediante propagación por trayectos múltiples, y se puede determinar que la reflexión ionosférica está presente. Por otro lado, si la SINR / SNR y la MER / EVM estimadas a partir de la misma señal recibida representan una calidad de comunicación sustancialmente similar entre el transmisor y el receptor, la señal probablemente se haya propagado a través de un canal de ruido de Gauss blanco (AWGN – Additive White Gaussian Noise, en inglés) aditivo convencional. Se puede determinar que la reflexión ionosférica está ausente. La potencia de la señal SINR / SNR frente al ruido o la potencia de ruido más interferencia, mientras que la MER / EVM representa la distribución estadística de los errores de los símbolos de modulación o una métrica que representa los errores de los símbolos de modulación. Como consecuencia, estos dos tipos de métricas representan la calidad de la comunicación de una manera ligeramente diferente, pero, en conjunto, pueden ser utilizadas para estimar con mayor precisión la calidad del canal con respecto a cuando se utiliza solo una de ellas. Por ejemplo, la propagación de una señal por trayectos múltiples puede degradar el valor de MER / EVM mientras que la SNR / SINR muestra una buena calidad de comunicación. Por lo tanto, la utilización de ambas métricas puede resultar en una estimación más precisa de la calidad del canal. Estos dos tipos diferentes de métricas pueden ser combinados o asignados a una escala mutuamente comparable con la experimentación rutinaria de una persona experta. Los valores de MER / EVM y los valores de SNR / SINR asignados a la escala común y comparable permiten la determinación de la presencia / ausencia del componente de reflexión ionosférica, por ejemplo.

Otro ejemplo más de detección de reflejos ionosféricos emplea la propiedad selectiva de la frecuencia de la ionosfera. La ionosfera es capaz de reflejar la fluctuación de la radio solo en una banda de frecuencia limitada cada vez, y el ancho de banda puede ser de algunos Megahertz (MHz). El ancho de banda de la banda de frecuencia se puede considerarse como fijo. La banda de frecuencia se puede desplazar con el tiempo, pero se puede considerar sustancialmente estática durante varios minutos, o incluso docenas de minutos. En una realización, el receptor puede determinar si es capaz o no de recibir mensajes desde el transmisor, dentro de una cierta ventana de tiempo determinada sobre la base de la duración estática supuesta de la ionosfera, en una pluralidad de bandas de frecuencia, de tal manera que las bandas de frecuencia estén separadas entre sí por un ancho de banda superior al máximo ancho de banda supuesto de la ionosfera. Si el receptor determina que ha recibido los mensajes del transmisor en la pluralidad de bandas de frecuencia dentro de la ventana de tiempo, puede determinar que el componente de onda de superficie está presente.

Sin embargo, otra realización emplea una combinación de una pluralidad de las realizaciones descritas anteriormente para determinar la presencia / ausencia de la onda de superficie y/o la onda de reflexión ionosférica. Por ejemplo, la propiedad selectiva de la frecuencia de la ionosfera se puede utilizar para determinar la presencia de la onda de superficie y, adicionalmente, la forma de agrupación de señales o la comparación entre los valores de SINR / SNR y MER / EVM se pueden utilizar para determinar si existe un componente adicional de reflexión ionosférica. Se puede utilizar algún tipo de lógica de votación cuando se utiliza la combinación de las múltiples realizaciones para determinar la presencia / ausencia de la onda de superficie y/o la onda de reflexión ionosférica, por ejemplo, una regla de mayoría.

Con referencia a la figura 11, se analizan las salidas de filtro coincidentes con diferentes temporizaciones de símbolo y, por lo tanto, se obtienen los picos de correlación para cada componente de señal, por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 10. Estos picos de correlación se analizan a continuación en el bloque 102 para determinar si hay un grupo de señales o dos grupos de señales. Sobre la base de este análisis, se aplican diferentes procedimientos o parámetros de comunicación en el bloque 104.

En una realización, el receptor, en el procedimiento de la figura 6, puede utilizar el bloque 102 para la RTS recibida en S12, para determinar si la comunicación con el transmisor se realiza a través de ondas de radio que se propagan a través de la superficie del suelo o a través de ondas de radio que se propagan a través de la ionosfera. Tras la determinación de que las ondas de radio se propagan a través de la superficie del suelo, el receptor puede seleccionar un primer factor de atenuación para modificar el valor que representa las características del canal de radio estimado en S17. Tras la determinación de que en el bloque 102 las ondas de radio se propagan a través de la ionosfera, el receptor puede seleccionar un segundo factor de atenuación diferente del primer factor de atenuación. En una realización, el segundo factor de atenuación es mayor que el primer factor de atenuación.

En otra realización, cuando el análisis en el bloque 102 indica que tanto las ondas de reflexión ionosféricas como las de superficie están disponibles para un nodo de red determinado, los parámetros de comunicación se pueden optimizar para la transmisión de las ondas de superficie o las ondas de reflexión ionosféricas. Los entornos de radio son diferentes cuando se transmiten las ondas de superficie y las ondas de reflexión ionosféricas. Por ejemplo, cuando las ondas de reflexión ionosféricas están disponibles entre los dos nodos de red 10 a 12, los entornos de radio de los nodos de red 10 a 12 son típicamente muy diferentes. Esto se debe al hecho de que las reflexiones ionosféricas suelen estar presentes entre dos nodos de red alejados uno del otro (cientos o incluso miles de kilómetros). Por ejemplo, un primer nodo de red puede tener un conjunto completamente diferente de subbandas preferidas con respecto a un segundo nodo de red, debido a diferentes escenarios de interferencia. Cuando las ondas de reflexión ionosféricas están disponibles, las subbandas de la transmisión de datos pueden ser

seleccionadas en S13 del proceso de la figura 6 exclusivamente sobre la base de las subbandas preferidas del receptor, independientemente de si esas subbandas son preferidas o no por el transmisor. Se supone que el entorno de radio del transmisor no se extiende al receptor y, por lo tanto, se pueden seleccionar subbandas no preferidas por el transmisor. Por otro lado, si se prefieren las ondas de superficie a las ondas de reflexión ionosféricas para no causar interferencias no anticipadas a otros nodos de red, se pueden seleccionar subbandas en las frecuencias más altas para la transferencia de datos, ya que las reflexiones ionosféricas disminuyen en las frecuencias más altas. En otra realización más, el nodo de red puede determinar si llevar a cabo o no el procedimiento CSMA (u otro procedimiento de detección de canal) antes de la transmisión. Por ejemplo, si se sabe que se puede llegar a un nodo de destino a través de la onda de reflexión ionosférica, un nodo de origen puede seleccionar las subbandas preferidas por el nodo de destino y transmitir en esas subbandas, sin la detección de canal. La detección de canal se puede ignorar debido a los supuestos entornos de radio diferentes entre el nodo de origen y el de destino. Por lo tanto, incluso aunque la detección de canal muestre que las subbandas están ocupadas en el entorno del nodo de origen, pueden estar libres en el nodo de destino (porque se puede suponer que la otra interferencia no llega al nodo de destino, lo que significa que la exploración no es necesaria con respecto al funcionamiento del enlace entre el nodo de origen y de destino. Esta suposición puede estar basada en el supuesto de que el sistema actual utiliza potencias de transmisión más altas que los otros sistemas en la misma banda. En otra realización, la geodifusión se puede lograr mediante la selección apropiada de una subbanda. Por ejemplo, si un receptor en una ubicación dada es capaz de utilizar una subbanda a través de las reflexiones ionosféricas, un transmisor puede llevar a cabo la geodifusión seleccionando esa subbanda, y transmitir mensajes de geodifusión (mensajes de datos o de control) a otros receptores en la misma área en esa subbanda (y en cualquier otra subbanda correspondiente). Los receptores de geodifusión de este tipo incluso no necesitan formar parte de cualquier grupo de multidifusión. La utilización de la geodifusión puede necesitar al menos un conocimiento aproximado de las ubicaciones de los nodos de red, y esto se puede lograr a través de cualquier sistema de posicionamiento avanzado (por ejemplo, GPS e intercambio de información de ubicación entre los nodos de red). Según otro punto de vista, la geodifusión inversa se puede lograr mediante la selección apropiada de una subbanda, para evitar la recepción de mensajes en un área geográfica dada, por ejemplo, en algunas aplicaciones militares. Por ejemplo, si un nodo de red en una ubicación determinada indica que no puede utilizar una subbanda, y si se sabe que un receptor no deseado está en la misma ubicación o cerca de ella, un transmisor puede seleccionar esa subbanda y transmitir en esa subbanda un mensaje que no se desea que sea capturado por el receptor no deseado.

Tal como se describió anteriormente, las condiciones del canal pueden variar durante la transmisión de datos. La figura 12 ilustra una realización de un procedimiento para adaptar los parámetros de adaptación de enlace a la degradación de las condiciones del canal durante la transmisión de datos. Con referencia a la figura 12, el transmisor y el receptor transmiten y reciben paquetes de datos en S20. En S21, el receptor detecta un fallo de enlace en la comunicación con el transmisor. El fallo del enlace se puede referir a la recepción errónea de un número determinado de paquetes de datos o a la necesidad de una nueva fase de inicialización, por ejemplo, un nuevo establecimiento de conexión con los mensajes RTS-CTS. Tras la detección del fallo del enlace en S21, el receptor puede seleccionar nuevos parámetros de adaptación de enlace en S22. Los nuevos parámetros de adaptación de enlace pueden definir un esquema de modulación y/o un esquema de codificación de canal más robusto con respecto al utilizado o a los utilizados justo antes del fallo del enlace. En S23, el receptor transmite un mensaje al transmisor, el mensaje comprende un elemento de información que indica los nuevos parámetros de adaptación de enlace seleccionados.

Tras la recepción del mensaje, el transmisor determina los nuevos parámetros de adaptación de enlace a partir del elemento de información y procesa un paquete de datos subsiguiente con los nuevos parámetros de adaptación de enlace. En S24, el transmisor transmite el paquete de datos al receptor. En S25, el receptor detecta que el fallo del enlace persiste, por ejemplo, el paquete de datos no se detecta correctamente o no se recibe en absoluto en el receptor en S24. La siguiente etapa puede ser que el receptor seleccione un ancho de banda más estrecho en S26. En una realización, el receptor puede seleccionar un nuevo ancho de banda que sea la mitad del ancho de banda utilizado en S24 y justo antes del fallo del enlace en S21. En S27, el receptor transmite un mensaje al transmisor, comprendiendo el mensaje un elemento de información que indica el nuevo ancho de banda que se utilizará en las transmisiones subsiguientes.

Tras la recepción del mensaje en S27, el transmisor puede extraer el elemento de información y determinar el nuevo ancho de banda utilizado para los paquetes de datos subsiguientes. Como consecuencia, el transmisor puede generar un paquete de datos, procesarlo con los parámetros de adaptación de enlace recibidos en S23 y transmitir con un ancho de banda indicado en S27. La transmisión del paquete de datos se realiza en S28. Si el receptor aún detecta que el fallo del enlace persiste, reitera S22 y selecciona parámetros de adaptación de enlace aún más robustos, e indica los nuevos parámetros de adaptación de enlace al transmisor. De esta manera, el receptor puede ordenar al transmisor, alternativamente, seleccionar parámetros de adaptación de enlace más robustos y reducir el ancho de banda del canal hasta que el receptor sea capaz de detectar la recepción correcta de un paquete de datos. A partir de entonces, la reducción adicional del ancho de banda y el cambio a parámetros de adaptación de enlace más robustos se pueden detener.

En otra realización, el receptor puede ordenar al transmisor, en primer lugar, reducir el ancho de banda y, subsiguientemente, si el fallo del enlace persiste, cambiar a una configuración de adaptación de enlace más robusta. En otra realización más, el receptor puede seleccionar, alternativamente, un esquema de modulación más robusto,

un esquema de codificación de canal más robusto y un ancho de banda más estrecho. Con respecto al esquema de modulación, el orden para cambiar al esquema de modulación más robusto puede ser el siguiente: 256 QAM → 128 QAM → 64 QAM → 32 QAM → 16 QAM → 8 PSK → QPSK → BPSK. Obviamente, si el transmisor y el receptor no soportan uno o más de los esquemas de modulación, un esquema de este tipo no soportado se puede saltar.

- 5 En otra realización, el transmisor detecta el fallo del enlace en S21 y adapta la configuración de adaptación de enlace de una manera similar a la descrita anteriormente. A continuación, el transmisor puede indicar los nuevos parámetros de adaptación de enlace al receptor, de tal modo que el receptor pueda descodificar los paquetes de datos procesados con los nuevos parámetros de adaptación de enlace.

- 10 De una manera análoga, el procedimiento se puede utilizar para cambiar alternativamente a un ancho de banda mayor y a los parámetros de adaptación de enlace que resultan en una mayor velocidad de datos, en caso de que las condiciones del canal mejoren. Tal como se describió anteriormente, el receptor puede monitorizar de manera regular las características del canal realizando la estimación del canal. De manera similar, el transmisor puede monitorizar las características del canal realizando una estimación de canal sobre la base de los mensajes de acuse de recibo recibidos, por ejemplo. Si un nodo que monitoriza las condiciones del canal detecta que un valor que representa las características del canal indica condiciones mejoradas del canal, el nodo puede ampliar alternativamente el ancho de banda utilizado para los paquetes de datos o cambiar a los parámetros de adaptación de enlace que proporcionan una mayor velocidad de datos.

- 20 La figura 13 ilustra una realización de un aparato que comprende medios para llevar a cabo las funcionalidades del nodo de red según una cualquiera de las realizaciones descritas anteriormente. El aparato puede ser un aparato de comunicación de radio implementado como un dispositivo portátil, por ejemplo, un ordenador (PC – Personal Computer, en inglés), un ordenador portátil, una tableta, un radioteléfono portátil, una plataforma de radio móvil (instalada en un vehículo tal como un camión o un barco), o cualquier otro dispositivo provisto de capacidad de comunicación de radio. En algunas realizaciones, el aparato es el vehículo equipado con la capacidad de comunicación de radio. En otras realizaciones, el aparato es una estación fija, por ejemplo, una estación base. En realizaciones adicionales, el aparato está comprendido en cualquiera de los aparatos mencionados anteriormente, por ejemplo, el aparato puede comprender una circuitería, por ejemplo, un chip, un procesador, un microcontrolador o una combinación de circuiterías de este tipo en el aparato.

- 30 El aparato puede comprender circuitería de controlador de comunicación 60 configurada para controlar las comunicaciones en el aparato de comunicación. La circuitería de controlador de comunicación 60 puede comprender una parte de control 64 que maneja la comunicación de señalización de control con respecto al establecimiento, operación y terminación de las conexiones de radio. La parte de control 64 también puede llevar a cabo cualquier otra funcionalidad de control relacionada con la operación de los enlaces de radio, por ejemplo, transmisión, recepción y extracción de los mensajes de control, los mensajes RTS / CTS, los mensajes de acuse de recibo y los mensajes relacionados con el cambio de los parámetros de adaptación de enlace y/o el ancho de banda durante la transmisión de datos. La circuitería de controlador de comunicación 60 puede comprender, además, una parte de datos 66, que maneja la transmisión y la recepción de datos de carga útil a través de los enlaces de radio. La circuitería de controlador de comunicación 60 puede comprender, además, una circuitería de controlador de acceso al medio 62, configurada para llevar a cabo los procedimientos de selección de canal descritos anteriormente. Por ejemplo, la circuitería de controlador de acceso al medio 62 puede determinar las subbandas que se utilizarán en la transferencia de datos en base a las preferencias de las subbandas. La circuitería de controlador de acceso al medio 62 también puede determinar el contenido de los mensajes RTS / CTS, por ejemplo, la selección de canales, la clasificación de QoS (puede ser recibida desde capas más altas), los parámetros de adaptación de enlace, tales como el esquema de modulación y codificación, etc. La circuitería de controlador de comunicación 60 puede comprender, además, circuitería de controlador de encaminamiento 63 configurada para llevar a cabo procedimientos de capa de red. El controlador de encaminamiento puede controlar la parte de datos 66 con respecto a la transmisión de los datos. La circuitería de controlador de encaminamiento 63 puede construir las tablas de encaminamiento mencionadas anteriormente sobre la base de los mensajes de encaminamiento recibidos de los nodos vecinos y/o de otros mensajes que el aparato detecta (por ejemplo, mensajes RTS/CTS). Como consecuencia, la circuitería de controlador de encaminamiento 63 está configurada para controlar la parte de datos 66 para transmitir un paquete de datos determinado a un nodo vecino apropiado.

Las circuiterías 62 a 66 de la circuitería de controlador de comunicación 60 pueden estar realizadas mediante una o más circuiterías o procesadores. En la práctica, las diferentes circuiterías se pueden implementar mediante diferentes módulos de programas informáticos. Dependiendo de las especificaciones y del diseño del aparato, el aparato puede comprender algunas de las circuiterías 60 a 66, o todas ellas.

- 55 El aparato puede comprender, además, la memoria 68 que almacena los programas informáticos (software) que configuran el aparato para realizar las funcionalidades del nodo de red descritas anteriormente. La memoria 68 puede almacenar asimismo parámetros de comunicación y otra información necesaria para las comunicaciones de radio. Por ejemplo, la memoria puede almacenar las tablas de encaminamiento, la tabla de asignación que asigna las características del canal a los parámetros de adaptación de enlace y/o los valores de ancho de banda del canal, y/o la lista de frecuencias preferidas para cada nodo vecino. La memoria 68 puede servir como memoria intermedia para la transmisión de paquetes de datos. El aparato puede comprender, además, componentes de interfaz de radio
- 60

70, que proporcionan al aparato capacidades de comunicación de radio con otros nodos de red. Los componentes de la interfaz de radio 70 pueden comprender componentes estándar bien conocidos, tales como convertidores de amplificador, filtro, convertidor de frecuencia, convertidores de analógico a digital (A/D) y de digital a analógico (D/A), circuiterías de demodulador y codificador / descodificador y una o más antenas. En particular, los componentes de interfaz de radio 70 pueden implementar los receptores de radio 30 a 32 mencionados anteriormente, mientras que el filtro adaptado y otro procesamiento de señal pueden ser llevados a cabo por cualquiera de los componentes de interfaz de radio 70, la parte de control 64 y la parte de datos 66, según el diseño del aparato. El aparato puede comprender, además, una interfaz de usuario que permita la interacción con el usuario. La interfaz de usuario puede comprender una pantalla, un teclado numérico o un teclado, un altavoz, una tarjeta inteligente y/o un lector de huellas dactilares, etc.

Tal como se utiliza en esta solicitud, el término 'circuitería' se refiere a todo lo siguiente: (a) a implementaciones de circuitos solo de hardware, tales como implementaciones solo mediante circuitería analógica y/o digital, y (b) a combinaciones de circuitos y software (y/o firmware), tales como (según corresponda): (i) una combinación de un procesador o procesadores o (ii) porciones de un procesador o procesadores / software que incluyen un procesador o procesadores de señal digital, el software y la memoria o memorias que funcionan juntas para hacer que un dispositivo realice diversas funciones, y (c) a circuitos, tales como un microprocesador o microprocesadores o una porción de un microprocesador o microprocesadores, que requiere software o firmware para su funcionamiento, incluso si el software o el firmware no están físicamente presentes.

Esta definición de 'circuitería' se aplica a todas las utilizaciones de este término en esta aplicación. Como ejemplo adicional, tal como se utiliza en esta aplicación, el término "circuitería" cubriría asimismo una implementación simplemente de un procesador (o de múltiples procesadores) o parte de un procesador y su (o sus) elementos de software y/o firmware adjuntos. El término "circuitería" también cubriría, por ejemplo, y, si fuera aplicable al elemento en particular, un circuito integrado de banda base o un circuito integrado de procesador de aplicaciones para un teléfono móvil, o un circuito integrado similar en el servidor, un dispositivo de red celular u otro dispositivo de red.

En una realización, el aparato que lleva a cabo las realizaciones de la invención en el aparato de comunicación comprende, al menos, un procesador y, al menos, una memoria que incluye un código de programa informático, en el que la al menos una memoria y el código de programa informático están configurados, con al menos un procesador, para hacer que el aparato lleve a cabo los pasos de cualquiera de los procesos de las figuras 2 a 11. En consecuencia, en al menos un procesador, la memoria y el código de programa informático forman el medio de procesamiento para llevar a cabo realizaciones de la presente invención en el aparato de comunicación.

En una realización, la al menos una memoria y el código de programa informático están configurados, con al menos un procesador, para hacer que el aparato haga que un aparato de comunicación de radio intercambie mensajes de control de banda estrecha con otros aparatos de comunicación de radio, comprendiendo cada mensaje de control un secuencia de control y un identificador que identifica un transmisor del mensaje de control; para obtener una señal de banda ancha a través de un receptor de radio de banda ancha y correlacionar subbandas de la señal recibida para detectar un mensaje de control de banda estrecha dentro de la señal de banda ancha recibida; tras la detección del mensaje de control de banda estrecha en una subbanda de la señal de banda ancha recibida, para determinar el transmisor del mensaje de control de banda estrecha a partir del identificador del mensaje de control de banda estrecha; y para determinar, a partir de la recepción del mensaje de control de banda estrecha en la subbanda, que el transmisor del mensaje de control de banda estrecha prefiere la subbanda, y hacer que el aparato de radiocomunicación utilice dicha subbanda en la comunicación de datos con el transmisor del mensaje de control de banda estrecha.

El término "banda estrecha" se puede definir con respecto a la "banda ancha", de tal manera que el ancho de banda del mensaje de control de banda estrecha es menor que el ancho de banda del receptor de radio de banda ancha. Según otro punto de vista, la banda estrecha se puede definir con respecto a su frecuencia de transmisión, por ejemplo, el ancho de banda del mensaje de control de banda estrecha es del 10 % o menos que la frecuencia central que contiene el mensaje de control. Por otro lado, el ancho de banda del receptor de radio de banda ancha es superior al 10 % de la frecuencia central del mensaje de control.

Los procesos o métodos descritos junto con las figuras 2 a 12 también pueden ser llevados a cabo en forma de un proceso informático definido por un programa informático. El programa informático puede estar en forma de código fuente, en forma de código objeto o en alguna forma intermedia, y puede estar almacenado en algún tipo de portador transitorio o no transitorio, que puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de contener el programa. Dichos portadores incluyen un medio de grabación, una memoria de ordenador, una memoria de solo lectura, una señal de operador eléctrico, una señal de telecomunicaciones y un paquete de distribución de software, por ejemplo. Dependiendo de la potencia de procesamiento necesaria, el programa informático puede ser ejecutado en una sola unidad de procesamiento digital electrónico o puede estar distribuido entre un cierto número de unidades de procesamiento.

La presente invención es aplicable a los sistemas de telecomunicación de radio definidos anteriormente, pero también a otros sistemas de telecomunicación adecuados.

La invención y sus realizaciones no están limitadas a los ejemplos descritos anteriormente, sino que pueden variar dentro del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método para llevar a cabo la adaptación de enlace, que comprende, en un primer nodo de red (10) de una red inalámbrica que funciona en una banda de alta frecuencia, HF, en la que los trayectos de propagación de radio incluyen un trayecto de propagación de la superficie del suelo y un trayecto de reflexión ionosférica:
- 5 inicializar la transmisión de datos con un segundo nodo de red de la red inalámbrica, transmitiendo (S12) un mensaje de solicitud de envío al segundo nodo de red y recibiendo (S14) un mensaje de liberación de envío desde el segundo nodo de red, en el que el mensaje de solicitud de envío y el mensaje de listo para enviar se transmiten en uno o más canales de la red inalámbrica;
- caracterizado por que el método comprende, además, en el primer nodo de red:
- 10 después de dicha inicialización, generar (S15) un primer paquete de datos de la transmisión de datos, en el que dicha generación comprende procesar el primer paquete de datos con parámetros de adaptación de enlace asociados de manera fija para su utilización junto con los primeros paquetes de datos de las transmisiones de datos, en el que dichos parámetros de adaptación de enlace son los más robustos, en términos de proporcionar la mayor probabilidad de transmitir correctamente el primer paquete de datos al segundo nodo de red, vincular los parámetros
- 15 de adaptación entre un conjunto de parámetros de adaptación de enlace soportados por el primer nodo de red;
- recibir (S18), desde el segundo nodo de red, un mensaje que indica nuevos parámetros de adaptación de enlace para su utilización en una transmisión de datos subsiguiente; y
- generar (S19) un segundo paquete de datos de la transmisión de datos, en el que dicha generación de los segundos paquetes de datos comprende procesar el segundo paquete de datos con los nuevos parámetros de adaptación de enlace indicados en el mensaje.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en el que el mensaje que indica los nuevos parámetros de adaptación de enlace es un primer mensaje de acuse de recibo que indica la recepción del primer paquete de datos en el segundo nodo de red.
- 25 3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que el primer paquete de datos se transmite en un canal diferente al de un canal o canales utilizados para transferir los mensajes comunicados durante dicha inicialización de la transmisión de datos.
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 3, en el que los parámetros de adaptación de enlace incluyen el esquema de modulación más confiable soportado por el primer nodo de red y el segundo nodo de red.
- 30 5. Método para llevar a cabo la adaptación de enlace entre un primer nodo de red (10) y un segundo nodo de red (12) de una red inalámbrica que opera en una banda de alta frecuencia, HF, en el que los trayectos de propagación de radio incluyen un trayecto de propagación sobre la superficie del suelo y un trayecto de reflexión ionosférica, comprendiendo el método, en el segundo nodo de red:
- 35 inicializar la transmisión de datos con el primer nodo de red mediante la recepción (S12) de un mensaje de solicitud de envío desde el primer nodo de red y mediante la transmisión (S14) de un mensaje de listo para enviar al primer nodo de red, en el que el mensaje de solicitud de envío y el mensaje de listo para enviar son transmitidos en uno o más canales de la red inalámbrica;
- caracterizado por que el método que comprende, además, en el segundo nodo de red:
- 40 después de dicha inicialización, recibir (S15) un primer paquete de datos de la transmisión de datos, en el que el primer paquete de datos es procesado con parámetros de adaptación de enlace asociados de manera fija para su utilización junto con primeros paquetes de datos de transmisión de datos, en el que dichos parámetros de adaptación de enlace son los más probables, en términos de proporcionar la mayor probabilidad de recibir correctamente el primer paquete de datos en el segundo nodo de red, los parámetros de adaptación de enlace entre un conjunto de parámetros de adaptación de enlace soportados por el segundo nodo de red;
- 45 realizar (S16) una estimación de canal en base al primer paquete de datos recibido, y determinar (S17), en base a la estimación de canal, nuevos parámetros de adaptación de enlace adaptados a las características de canal de un canal de radio entre el primer nodo de red y el segundo nodo de red;
- generar (S18) un mensaje que indica los nuevos parámetros de adaptación de enlace y transmitir el mensaje al primer nodo de red; y
- 50 recibir (S19) un segundo paquete de datos de la transmisión de datos desde el primer nodo de red, en el que dicho segundo paquete de datos es procesado con los nuevos parámetros de adaptación de enlace.

6. Método según la reivindicación 5, en el que el mensaje que indica los nuevos parámetros de adaptación de enlace es un primer mensaje de acuse de recibo que indica la recepción del primer paquete de datos en el segundo nodo de red.
- 5 7. Método según la reivindicación 5 o 6, en el que el primer paquete de datos se transmite en un canal diferente al de un canal o canales utilizados para transferir los mensajes comunicados durante dicha inicialización de la transmisión de datos.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 5 a 7, en el que los parámetros de adaptación de enlace incluyen el esquema de modulación más confiable soportado por el primer nodo de red y el segundo nodo de red.
- 10 9. Método según cualquiera de los anteriores 5 a 8, en el que dicha determinación de los nuevos parámetros de adaptación comprende proporcionar un factor de atenuación que degrada, en un grado determinado, las características del canal estimadas en la estimación del canal, y seleccionar los nuevos parámetros de adaptación de enlace adaptados a las características del canal degradadas en el factor de atenuación.
10. Método según la reivindicación 9, que comprende, además, en el segundo nodo de red:
 - 15 determinar (102) si la comunicación con el primer nodo de red se realiza a través de ondas de radio que se propagan a través de la superficie del suelo o a través de ondas de radio que se propagan a través de la ionosfera, tras la determinación de que la radio las ondas se propagan a través de la superficie del suelo, seleccionar (104) un primer factor de atenuación; y
 - 20 tras la determinación de que las ondas de radio se propagan a través de la ionosfera, seleccionar (104) un segundo factor de atenuación diferente del primer factor de atenuación.
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 5 a 10, que comprende, además, en el segundo nodo de red, después de dicha recepción del segundo paquete de datos:
 - detectar (S21, S25) un fallo de enlace en la transmisión de datos;
 - 25 en respuesta a dicha detección, dar instrucciones (S23, S27) al primer nodo de red, alternativamente, para seleccionar parámetros de adaptación de enlace más robustos y reducir el ancho de banda del canal hasta detectar la recepción correcta de los datos en el segundo nodo de red.
12. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 5 a 11, en el que la estimación del canal comprende estimar al menos una de las siguientes métricas de calidad del canal sobre la base del primer paquete de datos recibido: una relación de señal a ruido, una relación de señal a ruido más interferencia, al menos una relación de error de modulación y al menos un vector de error de magnitud.
- 30 13. Aparato, que comprende medios para llevar a cabo todas las etapas del método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12.
14. Programa informático incorporado en un medio de distribución legible por un ordenador, y que comprende instrucciones de programa que, cuando son ejecutadas mediante un aparato, hacen que el aparato ejecute el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 12.
- 35

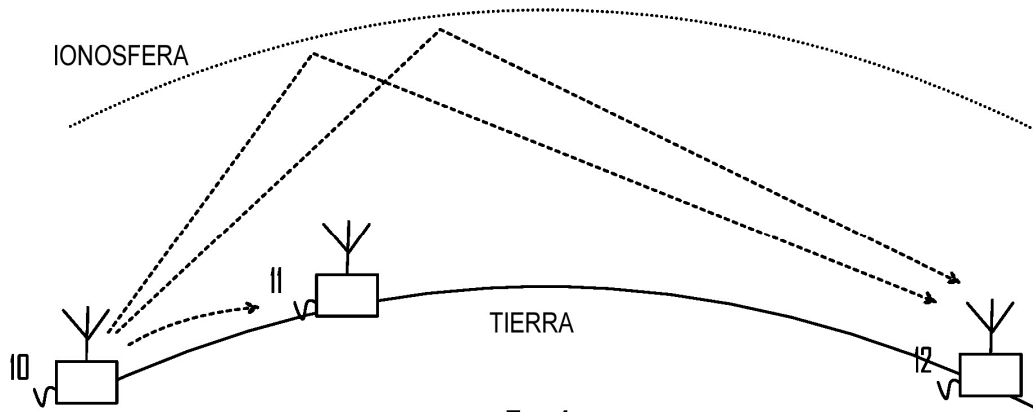


Fig 1

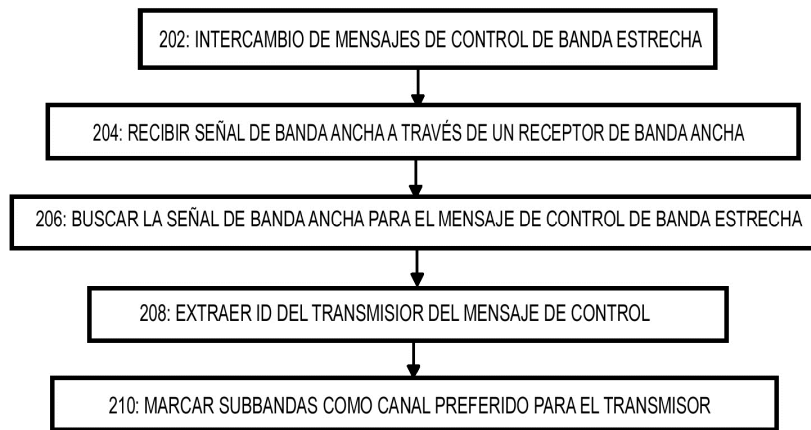


Fig 2

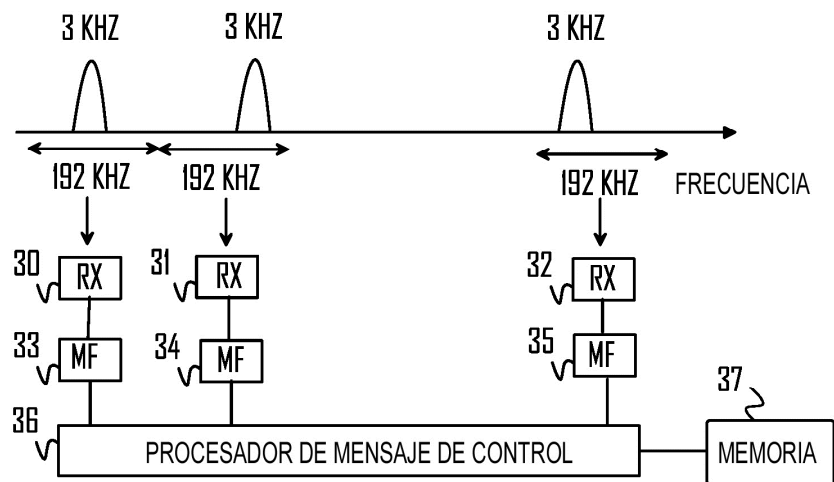


Fig 3

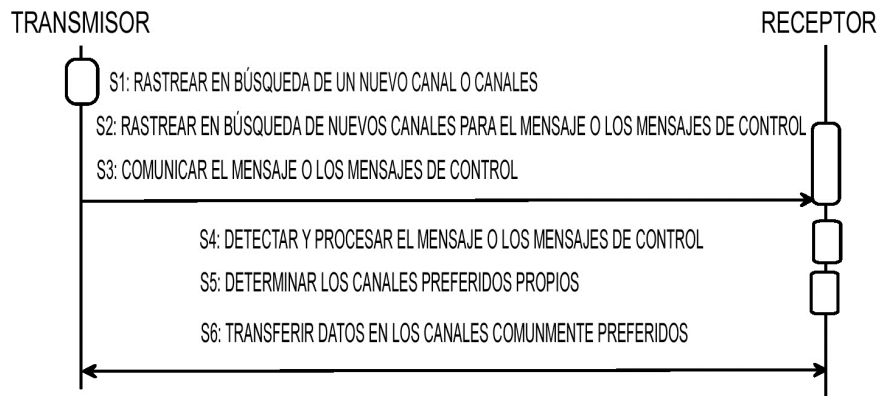


Fig 4

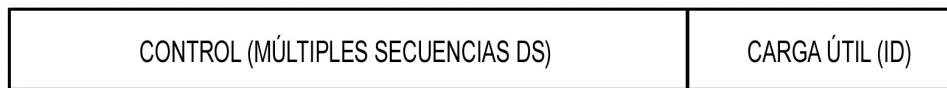


Fig 5

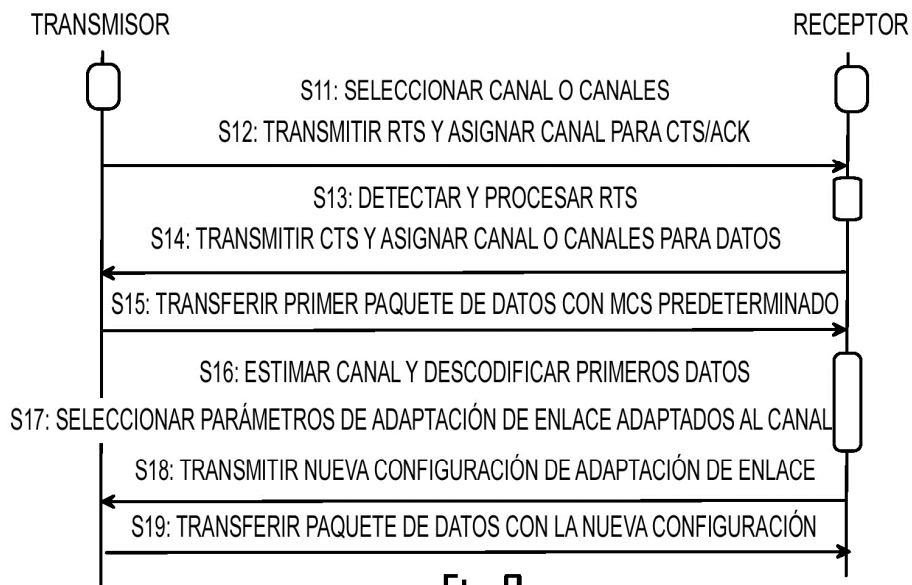


Fig 6

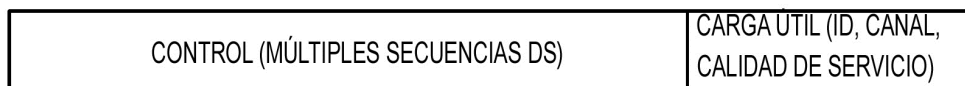


Fig 7



Fig 8

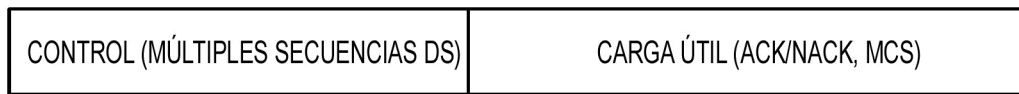


Fig 9

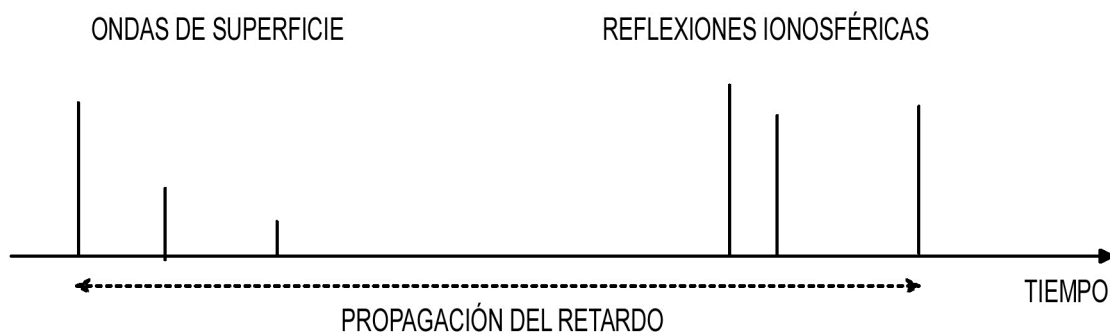


Fig 10



Fig 11

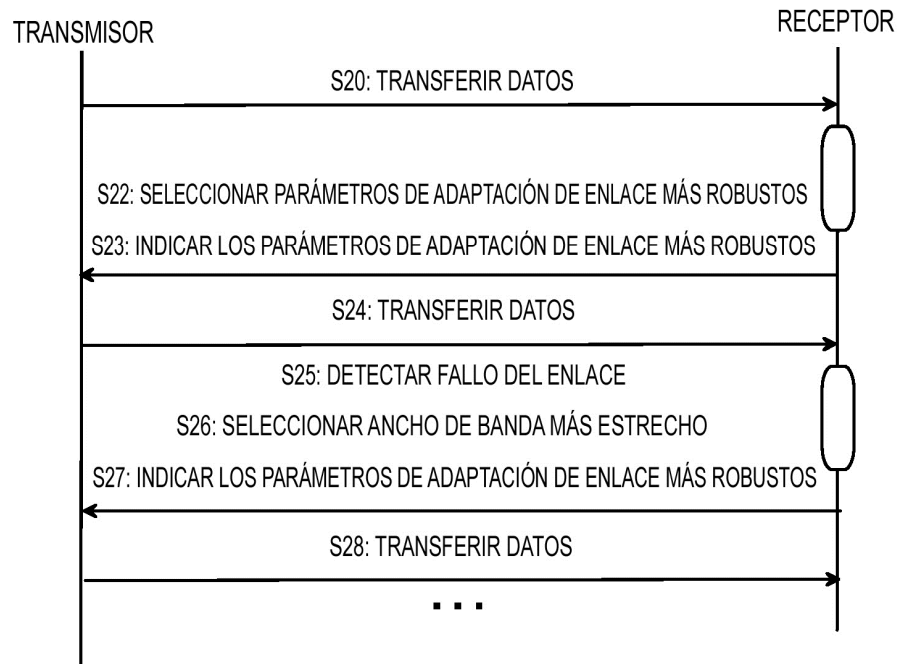


Fig 12

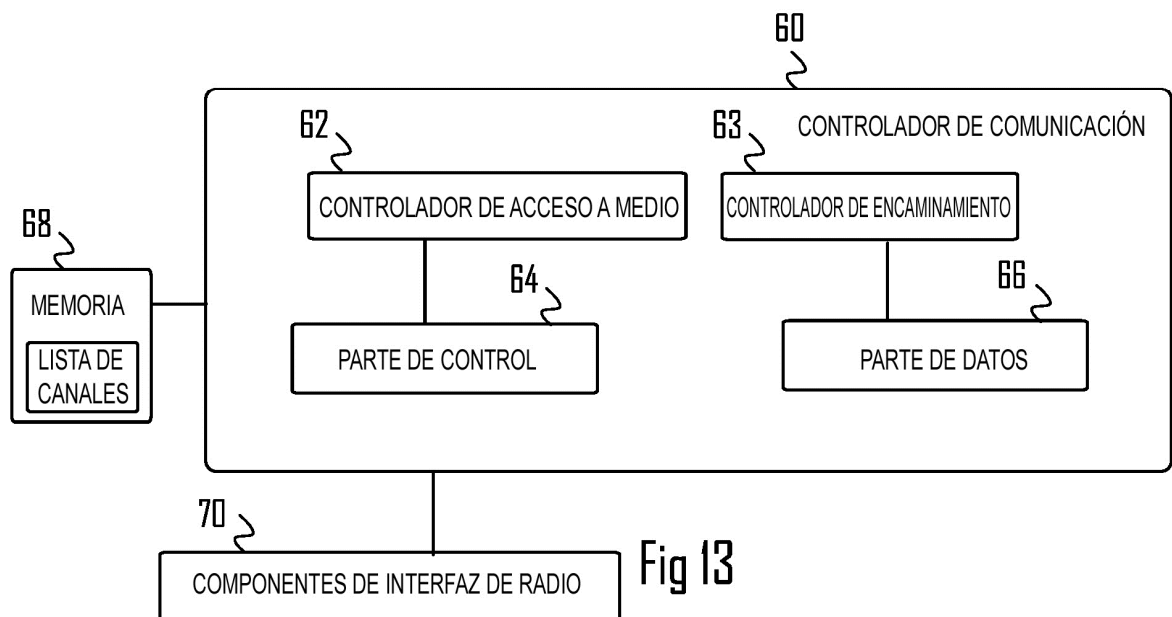


Fig 13