

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 416 709**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04L 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.02.2008** **E 08708968 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013** **EP 2253115**

54 Título: **Procedimiento y sistema eficiente, desde el punto de vista de la banda, para transmitir/recibir una señal de comunicación mediante el uso de una banda de canal**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.08.2013

73 Titular/es:

TELESPAZIO S.P.A. (100.0%)
Via Tiburtina 965
00156 Roma, IT

72 Inventor/es:

CALVITTI, CRISTINA;
LO FARO, MANUELA y
DE LUCA, DAMIANO

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 416 709 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

Procedimiento y sistema eficiente, desde el punto de vista de la banda, para transmitir/recibir una señal de comunicación mediante el uso de una banda de canal

5

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere al campo de los sistemas de telecomunicaciones. Más concretamente, la presente invención se refiere a los procedimientos y sistemas para transmitir/recibir eficazmente una señal de comunicación mediante el uso de una banda de canal.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En un sistema de telecomunicaciones se convierten datos de usuario en señales adecuadas para transmitirlos a través de un canal, que puede consistir en un hilo de cobre, una fibra óptica, un canal en espacio libre, etc. Dependiendo de las características físicas, el canal tiene una banda de frecuencia, también conocida como banda de canal o banda, en la que, efectivamente, se pueden transmitir señales.

15

En función del canal y de la banda de canal, se generan señales, que suelen ser señales electromagnéticas, para optimizar el caudal del sistema de telecomunicaciones, es decir, la cantidad de datos transmitidos de manera eficaz por todos los usuarios del sistema de telecomunicaciones. Por supuesto, más de un sistema de telecomunicaciones puede acceder al canal.

20

La generación de las señales comprende dos operaciones principales: una operación de modulación, que incluye el establecimiento de una correlación entre los datos de usuario y cantidades físicas de la señal electromagnética, tales como la fase, frecuencia y/o amplitud de una portadora; una operación de multiplexación, que incluye la acción de compartir la banda de canal entre usuarios independientes, es decir, entre sus flujos de datos.

25

Además de esquemas de modulación avanzados, tales como: la modulación por desplazamiento de fase (PSK), modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), modulación por desplazamiento de fase cuaternaria (QPSK), modulación de amplitud en cuadratura (QAM), etc., se han propuesto varias técnicas con el fin de maximizar el aprovechamiento de la banda de canal.

30

Por lo general, en los sistemas de telecomunicaciones conocidos, la banda no se usa de manera eficiente. De hecho, a cada usuario de los sistemas de telecomunicaciones que aprovecha el canal se le adjudica una parte de la banda, denominada en lo sucesivo «subbanda», centrada alrededor de una frecuencia central de subbanda, que suele ser la frecuencia de la correspondiente subportadora. La subbanda solo se usa cuando el usuario está realmente transmitiendo datos, y, cuando el usuario permanece en silencio, queda sin utilizar. De este modo, la ocupación, entendida como utilización eficaz, de cada subbanda y, por consiguiente, de la totalidad de banda, depende del comportamiento de los usuarios. Ya que no todos los usuarios transmiten durante todo el tiempo, hay periodos de inactividad parcial, que dan lugar a una baja eficiencia espectral, entendida como la proporción entre una amplitud de un intervalo de frecuencias que transporta información y el ancho de banda total del canal, debido a que cada subbanda se dedica a un único usuario y no se puede compartir entre diferentes usuarios.

35

40

Los usuarios pueden pertenecer a diferentes sistemas de telecomunicaciones que utilicen diferentes técnicas de modulación y/o multiplexación. Por lo general, cada sistema de telecomunicaciones que accede al canal hace uso de una porción predeterminada de la banda del canal. En todo caso, desde el punto de vista práctico, cuanto menos transmitan los usuarios, menor será la eficiencia espectral total.

45

Además, desde un punto de vista temporal, la banda de canal está compuesta por un conjunto de subbandas, ocupadas por señales emitidas por usuarios que están realmente transmitiendo, alternadas con huecos de frecuencias libres, que corresponden a subbandas dedicadas a usuarios que no están transmitiendo. Obviamente, como el comportamiento del usuario (transmitir o no) varía con el tiempo, la ocupación de la banda varía en consonancia.

50

55

Además de la ineficiencia espectral, dicha ocupación de la banda acarrea elevados costes para los usuarios que solo necesitan transmitir en un corto periodo de tiempo. De hecho, por lo general, los usuarios tienen que pagar las subbandas, independientemente del tiempo real de uso.

Como ejemplo, organizaciones tales como los equipos de salvamento o el cuerpo de bomberos se ven afectadas negativamente por este tipo de adjudicación de banda, ya que tienen que pagar una subbanda dedicada que, en la práctica, solo se usa durante un tiempo breve, es decir, cuando se producen emergencias. Como estas emergencias no son muy habituales, la subbanda dedicada permanece sin usar casi todo el tiempo.

5

Además de estos aspectos comerciales, desde un punto de vista técnico, la eficiencia espectral se reduce aún más por la necesidad de mantener lo más bajo posible el nivel de interferencia entre subbandas contiguas. De hecho, debido a que el espectro de las señales transmitidas en las subbandas no está limitado en frecuencia, cada espectro de señal tiene colas que se extienden más allá de los límites de frecuencia de la respectiva subbanda, con lo que

10

interfieren con las señales transmitidas en subbandas contiguas. Para mantener las interferencias bajo control, se introducen bandas de guarda entre subbandas contiguas. Desde un punto de vista práctico, estas bandas de guarda comprenden porciones no usadas de la banda, es decir, huecos de frecuencias libres alternados con las subbandas usadas por los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones que acceden al canal.

15

De este modo, se reduce la interferencia, porque solo las partes reducidas de las colas del espectro se solapan con otras señales transmitidas. Desafortunadamente, la ocupación total de la banda se reduce, lo cual supone una mayor reducción de la eficiencia espectral.

20

Siendo esta la ocupación de banda habitual de un canal físico, las señales enviadas dentro de las subbandas se pueden modular y multiplexar de varias maneras conocidas. Además, las señales de las diferentes subbandas están gestionadas generalmente por diferentes sistemas de telecomunicaciones, que aprovechan diferentes técnicas de modulación y multiplexación. En particular, una de las técnicas de multiplexación más importantes es la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM).

25

En un sistema OFDM, la banda de canal total disponible para el propio sistema se divide en un gran número de subportadoras con frecuencias muy próximas y dispuestas dentro de la banda del canal de modo que sean ortogonales entre sí. Cada subportadora corresponde a una respectiva subbanda y se modula con un esquema de modulación convencional (PSK, QAM, etc.) a baja velocidad de bits, manteniendo velocidades de datos similares a las de un esquema de modulación de una única portadora que actúe en la misma subbanda.

30

Desde un punto de vista práctico, se generan y reciben señales OFDM mediante el uso del algoritmo de la transformada de Fourier rápida (FFT).

35

La técnica de OFDM efectúa una transmisión más resistente frente a condiciones de canal duras, tales como atenuación de alta frecuencia en un hilo de cobre de gran longitud, interferencias de banda estrecha, desvanecimiento en función de la frecuencia debido a trayectos múltiples, etc., sin necesidad de técnicas complejas de procesamiento de señal, tales como la ecualización de canal. Por ejemplo, en sistemas de OFDM, la ecualización de canal se puede lograr de manera simplificada, ya que la señal OFDM se puede considerar como un número de señales de banda estrecha lentamente moduladas, en lugar de una señal de banda ancha rápidamente modulada.

40

A este respecto, el documento WO 2007/052995 describe un procedimiento para usar un ancho de banda flexible en un sistema de radio cognitivo basado en OFD-MA, y una estación base (BS) y una estación abonada usando el procedimiento. Dicho procedimiento incluye: la adjudicación de una banda de canal de entre las bandas de canal dedicadas no utilizadas que posean un ancho de banda que sea un número natural de veces mayor que una

45

resolución de ancho de banda para un equipo en instalaciones del cliente (CPE), en la que la resolución de ancho de banda es un ancho de banda predeterminado más pequeño que un ancho de banda de una banda de canal de difusión, y la transmisión de una señal basada en OFDMA que comprende información de adjudicación de banda que indica información relativa a la banda de canal adjudicada.

50

OBJETO Y RESUMEN DE LA INVENCION

El objetivo de la presente invención consiste en resolver, al menos en parte, los inconvenientes de la técnica anterior.

55

De acuerdo con la invención, se proporciona un procedimiento y un sistema para transmitir/recibir una señal de comunicación usando una banda de canal, de acuerdo con las reivindicaciones adjuntas.

DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

Para entender la presente invención, ahora se describirá una forma de realización, simplemente a modo de ejemplo no restrictivo, en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 5 la figura 1 muestra un esquema de bloques de un transceptor OFDM;
- la figura 2 muestra un esquema ilustrativo de una ocupación de banda;
- la figura 3 muestra un ejemplo ilustrativo de una ocupación de banda eficiente;
- 10 las figuras 4, 5 y 6 muestran la ocupación de banda de la fig. 2 en posteriores pasos del presente procedimiento.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

La figura 1 muestra un sistema de telecomunicaciones (1), que comprende una parte transmisora (2) y una parte receptora (4), conectado a un canal (3). El canal (3) se comparte con sistemas de telecomunicaciones existentes (5₁), (5₂), ..., (5_n). El sistema de telecomunicaciones OFDM (1) y los sistemas de telecomunicaciones existentes (5₁), (5₂), ..., (5_n) son inalámbricos (por ejemplo, WIMAX o satélite) o funcionan por cable.

El sistema de telecomunicaciones OFDM (1) que se ilustra hace uso de una técnica de acceso múltiple por división de código (CDMA). Por consiguiente, la parte transmisora (2) comprende un modulador CC que recibe un flujo de datos CN, formado por señales emitidas por bloques de codificación de canal y fuente (que no se muestran en la fig. 1) conocidos por los expertos en la materia. El modulador CC puede ser un modulador BPSK, un modulador QPSK, un modulador 8-PSK o cualquier modulador conocido, y, de manera conocida de por sí, emite un flujo de símbolos modulado MN formado por una pluralidad de símbolos, siendo un símbolo la cantidad más pequeña de datos transmitidos junto con el sistema de telecomunicaciones OFDM (1). El flujo de símbolos modulado MN se introduce en un codificador de repetición CR, que genera un flujo de símbolos repetidos VK en el que cada símbolo de entrada del flujo de símbolos modulado MN se repite un número de veces igual a la longitud L de un código CDMA DK. Por lo tanto, para símbolo de entrada del flujo de entrada modulado, el codificador repetido CD genera una secuencia correspondiente de L muestras, todas ellas iguales al símbolo de entrada. La duración de cada secuencia correspondiente a un único símbolo de entrada es igual a la duración del propio símbolo de entrada, es decir, las L muestras, denominadas en lo sucesivo chips, poseen una duración L veces más breve que la duración de un símbolo de entrada. De forma equivalente, los chips poseen una frecuencia L veces mayor que la frecuencia del símbolo de entrada.

El flujo de símbolos repetidos VK emitido por el codificador de repetición CR se multiplica por el código CDMA DK, que consiste en un código con una longitud de L chips, generado de una manera conocida de por sí por un ensanchador GC a una frecuencia igual a la frecuencia de los chips, y compuesto por una secuencia de ± 1 . Esta multiplicación se conoce como «ensanchamiento» y caracteriza la técnica CDMA, permitiendo obtener una secuencia de ensanchamiento WK que posee una densidad espectral de potencia que es L veces más grande que la banda del objeto de señal del ensanchamiento, es decir, el flujo de símbolos modulado MN. Debido a que el contenido del código CDMA DK, es decir, los ± 1 chips, la secuencia de ensanchamiento WK tiene la misma potencia que el flujo de símbolos modulado MN y una banda que es L veces más grande que la banda del flujo de símbolos modulado MN, por lo que su densidad espectral de potencia es L veces menor que la densidad espectral de potencia del flujo de símbolos modulado MN.

La secuencia de ensanche WK se envía a un convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} que posee dos puertas de entrada y un número n_{out} de puertas de salida, igual al número de subportadoras OFDM empleadas por el sistema de telecomunicaciones OFDM (1). Como se explica más adelante con más detalle, los chips de la secuencia de ensanchamiento WK introducidos en el convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} se emiten solo en n (con $n < n_{out}$) puertas de salida (que se muestran en la figura 1) del propio convertidor de serie a paralelo S/P_{tx}, que paraleliza la secuencia de ensanchamiento WK en los denominados símbolos OFDM, es decir, grupos de n chips. Desde un punto de vista operativo, una puerta de entrada del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} está conectada a un controlador (10), a su vez conectado a un bloque detector (12), tal como se expone con mayor detalle más adelante. Las n puertas de salida del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} están conectadas a n puertas de entrada de un bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT, que posee m puertas de entrada en total, con $m \geq n$. En las m-n puertas del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT no conectadas con las n puertas de salida del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} se introducen ceros.

El bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT realiza una transformada de Fourier rápida inversa del

símbolo OFDM, y emite como salida m muestras de salida IFFT en las m puertas de salida del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT.

De acuerdo con la técnica OFDM, cada puerta de entrada del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT corresponde a una subportadora del sistema de telecomunicaciones OFDM (1); por lo tanto, cuando una puerta de salida (p.ej., la puerta de salida 20) del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} está conectada con una puerta de entrada del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT, y los símbolos que salen de la puerta de salida (20) son transmitidos usando la subportadora asociada con la puerta de entrada conectada del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT.

El bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT está conectado a un convertidor de serie a paralelo S/P_{tx}, que posee s puertas de entrada y una puerta de salida, siendo s mayor que m . En la práctica, las m puertas de salida del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT están conectadas a las últimas m puertas de entrada del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx}, mientras que en las primeras $s-m$ puertas de entrada del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} se introducen copias de las últimas $s-m$ muestras de salida de IFFT, a fin de conservar la inteligibilidad del símbolo OFDM. Las $s-m$ copias de las últimas $s-m$ muestras de salida de IFFT forman un, así llamado, intervalo de guarda.

La salida del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} se conecta finalmente al canal (3), por medio de un transmisor propiamente dicho, tal como una antena, una fuente óptica o similares (que no se muestran en la figura 1).

En la parte de recepción (4) del sistema de telecomunicaciones OFDM (1), se llevan a cabo operaciones inversas a las que se realizan en la parte de transmisión (2). En particular, las señales de entrada son paralelizadas en primer lugar mediante un convertidor de serie a paralelo S/P_{rx}, a fin de reproducir los símbolos OFDM y, al mismo tiempo, eliminar los intervalos de guarda. Tras ello, los símbolos OFDM se someten a una operación de transformada de Fourier rápida FFT, realizada por un bloque de transformada de Fourier rápida FFT. En particular, el bloque de transformada de Fourier rápida FFT emite un conjunto de chips que, tras eliminar los ceros insertados en la transmisión, se serializan mediante un convertidor de serie a paralelo S/P_{rx}, y emiten una secuencia WK_{RX}. Los chips serializados de la secuencia WK_{RX} se multiplican por el código CDMA DK, y esta operación se conoce como «desensanchamiento», y la secuencia VK_{RX} así obtenida se introduce en un descodificador de repetición DR, que integra L chips de la secuencia VK_{RX} a fin de obtener una réplica MN_{RX} del flujo de entrada modulado original MN. Por último, un descodificador de constelación DC desmodula la réplica MN_{RX} para recuperar el flujo de datos CN.

Para entender el presente procedimiento, véase la figura 2, que muestra un ejemplo ilustrativo de una ocupación de banda del canal (3) en un instante dado t_0 . En particular, B1, B2 y B3 representan subbandas usadas, es decir subbandas dedicadas a usuarios de los sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)..., (5_n) que acceden al canal (3) en el mismo instante t_0 , y por lo tanto transmiten, de hecho, en el instante t_0 . Los sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)..., (5_n) gestionan las comunicaciones de sus usuarios aprovechando cualquier técnica de modulación y multiplexación. G1-G4 son subbandas libres, es decir ambas bandas de guarda y subbandas dedicadas asignadas a usuarios de sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)..., (5_n) que no transmiten en el instante considerado t_0 , y estas subbandas dedicadas asignadas a sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)..., (5_n) que no transmiten en el instante considerado y se convierten en subbandas no utilizadas en los instantes en los que sus respectivos usuarios transmiten. Queda claro que las definiciones «subbandas libres» y «subbandas usadas» hacen referencia a un instante dado, las subbandas dedicadas asignadas a usuarios que no transmiten en el instante considerado se deben considerar subbandas libres.

Para aprovechar de manera eficiente la banda disponible, es importante ocupar racionalmente todas las subbandas, haciendo uso también de las subbandas libres, que, en los sistemas de telecomunicaciones conocidos, permanecen sin usar.

Además, se debe lograr un aprovechamiento total de la banda sin que se vean afectadas las señales transmitidas en las subbandas usadas, es decir, las señales transmitidas en las subbandas dedicadas, por los sistemas de telecomunicaciones que acceden al canal (3) en el instante t_0 . Cabe señalar que se pueden transmitir señales en las subbandas usadas aprovechando cualquier técnica de modulación y/o multiplexación. Para el presente procedimiento, las subbandas usadas son simplemente subbandas no disponibles para la transmisión.

La figura 3 muestra cómo se puede lograr un aprovechamiento total de las subbandas libres. En particular, dado un canal físico (3) provisto de su propio esquema de adjudicación, lo cual se entiende como un número predeterminado

de sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$ que acceden al canal (3) y la correspondiente asignación de las subbandas dedicadas, supongamos que una señal adicional, que no se proporciona en el instante t_0 y que tiene una banda B_{signal} , se va a transmitir más tarde, en un instante t_1 . La señal adicional se puede transmitir y recibir dividiendo su banda B_{signal} en un número adecuado de partes, de forma que se llenen las subbandas libres, 5 transmitiéndola y después reconstruyéndola, simplemente reconstruyendo su espectro, como se explica con mayor detalle más adelante.

En aras de la simplicidad, la siguiente descripción se refiere al caso de solo una señal adicional, pero el presente procedimiento se puede extender directamente al caso de más señales adicionales. La transmisión de esta señal 10 adicional se obtiene aprovechando la técnica OFDM, que prevé una subdivisión de toda la banda del canal físico (3) en subbandas cuyas frecuencias centrales de la subportadora son ortogonales entre sí. De hecho, dado un periodo T_s , igual a la duración de cada símbolo transmitido en un sistema OFDM, las subportadoras de un sistema OFDM poseen frecuencias que son múltiplos de una frecuencia fundamental igual a la inversa del periodo T_s . Debido a las propiedades trigonométricas, la integración de dos subportadoras cualesquiera a lo largo de un periodo T_s da lugar a 15 cero.

Las subportadoras ortogonales son independientes unas de otras y se pueden activar o desactivar de manera independiente, y, por lo tanto, es posible decidir si se usan subportadoras específicas, de acuerdo con las necesidades del usuario. Por consiguiente, cuando se usa una técnica de OFDM, una señal que ocupa una cierta 20 banda B_{signal} no se tiene que transmitir a través de una única subbanda cuya amplitud sea igual al ancho de banda de la señal, sino que se puede transmitir a través de bandas no contiguas, siempre que el total del ancho de banda usado sea igual al ancho de la banda B_{signal} .

Más detalladamente, la transmisión de la señal adicional en las subbandas libres, se logra mediante el sistema de 25 telecomunicaciones OFDM (1) que se muestra en la figura 1. En particular, el bloque detector (12) detecta las n subportadoras libres y genera unas señales correspondientes que se introducen en el controlador (10). El bloque detector (12) también calcula la longitud de banda libre disponible, es decir, la suma de las longitudes de las subbandas libres, y la proporciona al ensanchador GC, que usa el ancho de banda libre disponible para determinar la longitud L del código CDMA DK.

30 El controlador (10) hace que la secuencia de ensanchamiento WK se envíe a las n puertas de salida del convertidor de serie a paralelo S/P_{tx} y hacia las entradas del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT correspondientes a las subportadoras libres. En las entradas del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT correspondientes a las subportadoras usadas, así como en cualesquiera de las $m-n$ puertas de entrada del 35 bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT, se introducen ceros.

Las relaciones descritas entre el convertidor de serie a paralelo S/P_{tx}, el bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT y las subportadoras del sistemas de telecomunicaciones OFDM (1) permiten transmitir la señal 40 adicional en las subbandas libres. Las puertas de entrada del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT conectadas a ceros indican que el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) no usa las subportadoras correspondientes para la transmisión, ya que corresponden a subbandas usadas, es decir, subbandas dedicadas que están siendo usadas por los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$ que sí están transmitiendo. Más detalladamente, la representación ilustrativa del sistema de telecomunicaciones OFDM (1) de la 45 figura 1 se refiere a la ocupación de banda ilustrada en la figura 4, que muestra la ocupación de banda en un instante t_0 , de forma análoga a la figura 2, así como la disposición de las subportadoras OFDM en las subbandas. Se puede apreciar la correspondencia entre subportadoras y puertas de entrada del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT que se muestra en la figura 1, considerando el desplazamiento de frecuencia conocido que caracteriza la transformada de Fourier rápida inversa y la suma, con respecto a la disposición de subportadoras que se muestra en la figura 4, de cuatro subportadoras laterales, es decir, dos subportadoras laterales por cada lado 50 de la banda de canal a las que se asigna un valor cero. En la figura 4, las subportadoras usadas por el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) se muestran mediante flechas, mientras que las subportadoras no usadas se muestran con cruces. Es importante destacar que en el sistema de telecomunicaciones OFDM (1), la subdivisión de la totalidad de la banda en subbandas se logra independientemente de la ocupación de banda real, por tanto, anterior a cualquier detección del canal (3). Cuando el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) recibe una solicitud 55 de transmisión de una señal adicional, detecta todas las subportadoras con el fin de detectar las bandas de guarda y las subportadoras no usadas por los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$. Después de esto, el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) activa todas las subportadoras correspondientes a las subbandas libres.

En los sistemas OFDM conocidos, las subportadoras se activan y desactivan en caso de que el canal se comporte

de manera selectiva en cuanto a la frecuencia: se transmiten señales solo a través de subbandas con bajas pérdidas, a fin de conservar la calidad de la transmisión, desactivándose las subportadoras que experimenten una alta degradación a lo largo del canal.

5 De acuerdo con el presente procedimiento, la señal adicional se transmite usando las subbandas libres, es decir, en los intervalos de frecuencia libres, a fin de que no se solapen con otras comunicaciones ya establecidas que aprovechen las subbandas dedicadas, y, por lo tanto, la señal adicional se transmite de forma transparente para los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$; de hecho, las subbandas dedicadas usadas por los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$ permanecen sin cambios, de manera que los
10 usuarios no experimentan ningún tipo de degradación en la comunicación.

El procedimiento descrito se puede implantar fácilmente en un terminal capaz de detectar el canal (3) mediante el uso de medios y técnicas conocidos, a fin de determinar la frecuencia de la subportadora, y si las subportadoras están siendo usadas o no, independientemente de si las subportadoras libres corresponden a subbandas dedicadas
15 asignadas a usuarios que se mantienen en silencio en el instante considerado, o a bandas de guarda.

Por ejemplo, suponiendo que, como se muestra en la figura 4, la totalidad de la banda se divide virtualmente en 25 subportadoras OFDM, es posible transmitir una señal adicional usando las subportadoras n.º (1), (8), (9), (14), (15), (16), (17), (24) y (25), es decir, las subportadoras correspondientes a las subbandas libres G1, G2, G3 y G4, y
20 desactivando las demás subportadoras.

Ya que las bandas de guarda y las subbandas dedicadas originalmente sin usar están siendo usadas ahora por el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) para transportar la señal adicional, la interferencia, debida al solapamiento entre las colas del espectro de la señal adicional y los espectros de las señales transmitidas por los sistemas de
25 telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$, ya no se ve atenuada por los huecos de frecuencias libres. Para superar este problema, el flujo de datos correspondiente a la señal adicional se gestiona de acuerdo con la técnica CDMA.

Como se dijo anteriormente, de acuerdo con esta técnica, el flujo de datos de la señal adicional se multiplica con un código CDMA formado por una secuencia de ± 1 , siendo esta longitud de código igual a L. Al realizar esta operación,
30 la densidad espectral de potencia de la señal adicional se ensancha a lo largo de una banda que es L veces mayor que el ancho de banda original de la señal adicional, es decir, la banda estrictamente necesaria para transmitir la señal adicional. Ya que la contribución del código CDMA a la densidad espectral de potencia es unitaria, la potencia de la señal adicional permanece sin cambios y, por consiguiente, su densidad espectral de potencia se reduce en un factor L.
35

Por lo tanto, la transmisión de la señal adicional provoca una interferencia con las comunicaciones de los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$, pero esta interferencia es de una magnitud del orden del ruido térmico, por lo que no daña considerablemente a los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$. En cualquier caso, los posibles errores de transmisión se pueden gestionar de maneras ya conocidas (por ejemplo, por
40 medio de códigos de corrección de errores sin canal de retorno).

A partir de la anterior descripción, resulta evidente que la técnica CDMA ayuda a mantener en el nivel más bajo posible la interferencia inducida por la señal adicional transmitida en las subbandas libres en las señales transmitidas por los sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$ de acuerdo con el esquema de adjudicación de
45 subbandas del canal (3).

Además, la técnica CDMA contribuye a limitar la interferencia que inducen las señales transmitidas por los usuarios de sistemas de telecomunicaciones $(5_1), (5_2), \dots, (5_n)$, de acuerdo con el esquema de adjudicación de subbandas, en la señal adicional transmitida en las subbandas libres. De hecho, en la recepción, para recuperar la señal adicional,
50 se lleva a cabo otra multiplicación con el mismo código CDMA usado en la transmisión. Esta operación reduce la banda de la señal recibida a la banda original *B_{signal}* de la señal adicional, y ensancha todas las señales que interfieren, debido a que estas últimas solo se someten a una única multiplicación con el código CDMA, lo que reduce su impacto en la señal adicional hasta un nivel del orden del ruido térmico.

55 Además de estas ventajas, en términos de resistencia a las interferencias, al emplear la técnica CDMA y la técnica OFDM, es posible llevar a la práctica la división de la banda *B_{signal}* de la señal adicional para obtener las subbandas, así como gestionar más de una señal adicional. De hecho, la presencia de más de una señal adicional se gestiona simplemente asignando diferentes códigos CDMA a diferentes señales, correspondientes a diferentes usuarios del sistema de telecomunicaciones OFDM (1). En la recepción, la multiplicación con el mismo código CDMA

permite interpretar qué usuario está asociado con la señal adicional recibida.

En relación con la división de la banda de la señal adicional, para ensanchar la banda *Bsignal* de la señal adicional a través de todas las subbandas libres, la parte transmisora 2 calcula una longitud *L* del código CDMA, como una función de la totalidad de la banda libre (la suma de todas las subbandas libres) y la banda *Bsignal* de la señal adicional. Entonces, se lleva a cabo la asignación de la señal adicional a cada una de las subportadoras libres mediante la técnica OFDM, conectando las salidas del convertidor de serie a paralelo S/P_tx con todas las puertas de entrada del bloque de transformada de Fourier rápida inversa IFFT correspondientes a las subportadoras libres.

10 Desde un punto de vista práctico, el presente procedimiento controla dinámicamente, instante por instante, las subportadoras activadas o desactivadas, es decir, las subbandas usadas o no por los sistemas de telecomunicaciones (5_1), (5_2)..., (5_n). De hecho, en sistemas de telecomunicaciones reales, los usuarios inician y concluyen las transmisiones, liberando u ocupando respectivamente sus subbandas dedicadas. Además, la transmisión de la señal adicional se produce en un tiempo finito, lo que da lugar a cambios continuos en la ocupación de la banda. En ambos casos, el presente procedimiento lleva un seguimiento de los cambios en el esquema de adjudicación de subbandas. Gracias a la facilidad con la que se controlan las subportadoras (activadas o desactivadas) dentro de un sistema OFDM, el presente procedimiento prevé a la adaptación de la ocupación instantánea de la banda. Es evidente que este resultado se puede lograr siempre que se puedan configurar tanto el transmisor como el receptor mientras se encuentran en uso; por ejemplo, podrían ser terminales de radio definida por software.

El presente procedimiento se puede implantar mediante el CDMA en terminales OFDM capaces de detectar el canal (3) no solo antes de establecer la transmisión, sin también durante la propia transmisión, a fin de responder con prontitud a los cambios en el uso de las subbandas. La figura 5 muestra un ejemplo ilustrativo de la ocupación de la banda en un instante $t_2 > t_1$, y muestra, si se compara con la figura 4, la evolución temporal de la ocupación de la banda, suponiendo que el usuario que, en el instante t_0 , estaba transmitiendo en la subbanda dedicada haya concluido la transmisión en el instante t_2 . Las subportadoras que se solapan con la subbanda dedicada B2, es decir, las subportadoras n.º (10), (11), (12) y (13), se pueden activar para transmitir la señal adicional.

30 Y al contrario, supongamos que en un instante t_3 , el usuario al que está dedicada la banda G3 (véanse la figura 4 y la figura 6), que previamente estaba en silencio, decide iniciar una comunicación. En esta situación, el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) detecta que la subbanda G3 ya no está disponible para la transmisión, y, por lo tanto, desactiva las subportadoras n.º (14), (15), (16) y (17), que se solapan con la subbanda G3, y modifica la longitud *L* del código CDMA, a fin de transmitir la señal adicional usando las subportadoras disponibles n.º (1), (8), (9), (24) y (25). Esto da lugar a la ocupación de la banda total que se muestra en la figura 6, en la que B4 indica la anterior subbanda G3. Como otra posibilidad, en lugar de modificar la longitud del código CDMA, el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) puede reducir el número de usuarios que pueden transmitir al mismo tiempo, como se explica con mayor detalle más adelante. En cualquier caso, antes de desactivar las subportadoras correspondientes a la subbanda B4, hay un pequeño periodo de tiempo durante el cual la señal adicional y las señales transmitidas por los sistemas de telecomunicaciones (5_1), (5_2)..., (5_n) coexisten dentro de la misma subbanda B4. Esto sucede porque el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) reacciona ante los cambios en la ocupación de la banda en un tiempo finito. En cualquier caso, la técnica CDMA, que aumenta el ancho de banda de la señal adicional, garantiza un buen comportamiento de las transmisiones, debido a que la interferencia es del orden del ruido térmico.

45 En la recepción, la parte receptora (4) del sistema de telecomunicaciones OFDM (1) con el que se lleva a la práctica el presente procedimiento reconstruye la banda *Bsignal* de la señal adicional basándose en los símbolos transportados por las subportadoras usadas en la parte transmisora (2) para transmitir la propia señal adicional. Para interpretar qué subportadoras transportan realmente la información asociada con la señal adicional, la parte receptora (4), al igual que la parte transmisora (2), detecta periódicamente el canal (3) para interpretar las subbandas usadas y las subbandas libres. Por ejemplo, en referencia a la figura 4, que muestra la ocupación de la banda en el instante t_0 , la parte receptora comprende que las subportadoras n.º (1), (8), (9), (14), (15), (16), (17), (24) y (25) corresponden a subbandas libres. Suponiendo que la transmisión de la señal adicional a través del canal (3) comienza en el instante t_1 , y suponiendo que el tiempo necesario para que una señal pase a través del canal (3) es despreciable, en el instante t_1 la parte receptora (4) entiende que las subportadoras n.º (1), (8), (9), (14), (15), (16), (17), (24) y (25), libres en el instante t_0 , están ocupadas en el instante t_1 , y, por lo tanto, la parte receptora (4) interpreta que la señal adicional se está transmitiendo en las subportadoras n.º (1), (8), (9), (14), (15), (16), (17), (24) y (25). Desde un punto de vista práctico, la parte receptora (4) reconstruye la señal adicional basándose en la información (símbolos) transportada por las subportadoras detectadas que estén libres en el instante t_0 . La parte receptora (4) lleva un seguimiento de las subportadoras detectadas que están libres en el instante t_0 hasta que se

vuelve a llevar a cabo una detección del canal (3), por ejemplo, en un instante t_4 . La parte receptora (4) detecta el canal (3) y lleva un seguimiento de las subportadoras detectadas por medio de técnicas conocidas, que se aplica mediante bloques conocidos que no se muestran en la figura 1.

- 5 Desde un punto de vista operativo, cabe señalar que, cuando los sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)... (5_n) que no usan las subbandas comienzan a usar sus subbandas dedicadas, el presente procedimiento cuenta con menos subportadoras disponibles, debido a la desactivación de las subportadoras correspondientes a dichas subbandas dedicadas. No obstante, de acuerdo con el presente procedimiento, los usuarios del sistema de telecomunicaciones OFDM (1) no reducen su caudal: pueden mantener constante sus velocidades de transmisión, siempre que estas velocidades sean bajas con respecto a la velocidad máxima permitida para cada usuario del sistema de telecomunicaciones OFDM (1), siendo esta velocidad máxima igual a $1/T_u$, donde T_u es el símbolo temporal de la OFDM. Por ejemplo, las velocidades de transmisión pueden estar dentro del intervalo de 30 Kb/s a 300 Kb/s.
- 10
- 15 De hecho, cuando los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)... (5_n) activan las subbandas dedicadas, el número de usuarios del sistema de telecomunicaciones OFDM (1) se reduce, pero el caudal de los usuarios que sí están transmitiendo permanece sin cambios.

Más detalladamente, suponiendo que B es la banda total disponible y N es el número de las subportadoras OFDM, cada subportadora posee una subbanda correspondiente igual a B/N . Además, si una banda determinada W es compartida por N_u usuarios en comunicación con una técnica CDMA que emplean un código cuya longitud es igual a L, cada usuario recibe una banda útil cuyo ancho de banda es igual a $W/(L*N_u)$. De acuerdo con el presente procedimiento, cada usuario del sistema de telecomunicaciones OFDM (1) dispone de una banda igual a $B/(N*L*N_u)$. Por lo tanto, si el número N de subportadoras disminuye, sigue siendo posible mantener constante la banda adjudicada a cada usuario variando dinámicamente la longitud L del código CDMA, como se describe anteriormente, o el número N_u de usuarios que pueden transmitir al mismo tiempo (es decir, el número de señales adicionales que se pueden transmitir al mismo tiempo), lo cual permite mantener constante la calidad de la transmisión para los usuarios que están transmitiendo.

20

25

Por lo tanto, el presente sistema y procedimiento permiten aumentar el aprovechamiento de la banda de un canal (3), de manera transparente para los usuarios que cuentan con subbandas dedicadas. Dado un canal (3) existente que posee una banda compartida entre una pluralidad de sistemas de telecomunicaciones existentes (5₁), (5₂)... (5_n), es posible gestionar más comunicaciones, proporcionando así más servicios, sin afectar a las comunicaciones existentes. Más concretamente, deja de ser necesario asignar subbandas dedicadas a usuarios que rara vez transmiten: cuando los usuarios intentan transmitir, la presente técnica permite usar subbandas que previamente no se estaban usando, de manera transparente para dichos usuarios y para los usuarios de los sistemas de telecomunicaciones (5₁), (5₂)... (5_n).

30

35

Además, la presente técnica permite gestionar una situación particular que, en sistemas inalámbricos reales, es probable que ocurra. En particular, en el caso de que un usuario que cuente con su subbanda dedicada necesite más ancho de banda para transmitir, ya no es necesario reconfigurar todo el esquema de adjudicación de subbandas para asignar al usuario una o más subbandas contiguas a esta subbanda dedicada. Lo mismo sucede en el caso de que el usuario que necesite más ancho de banda no use un sistema de telecomunicaciones (5₁), (5₂)... (5_n) existente.

40

Por último, es evidente que se pueden realizar numerosas variaciones y modificaciones al sistema y procedimiento descritos e ilustrados en la presente memoria descriptiva, y todos quedan dentro del alcance de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

45

En particular, aunque el sistema de telecomunicaciones OFDM (1) se haya descrito en términos de componentes de hardware, todas las funcionalidades descritas se pueden llevar a la práctica mediante módulos de software.

50

Además, la asignación de las subbandas libres disponibles a la señal adicional puede ser diferente a la descrita. Por ejemplo, la señal adicional se puede asignar a una o más subbandas libres, dependiendo del ancho de banda de la señal adicional y del ancho de banda de las subbandas libres, a fin de minimizar el número de subbandas libres usadas. En la forma alternativa, se puede usar cualquier otro algoritmo de ensanchamiento, a medio camino entre un ensanchamiento completo de la señal o señales adicionales a lo largo de todas las subbandas libres descritas anteriormente y la adjudicación mínima de subbanda.

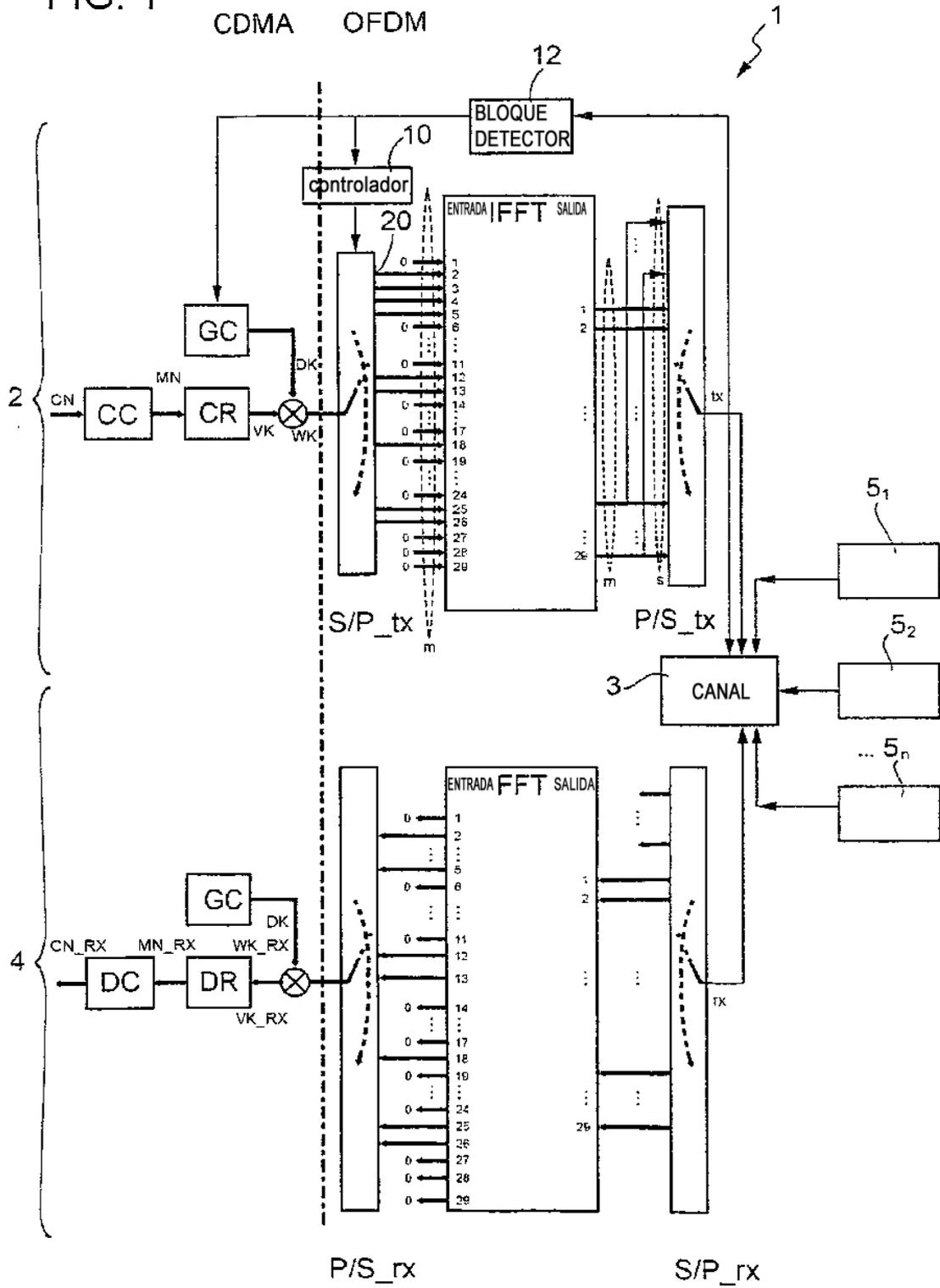
55

Además, el procedimiento puede usar como subbandas libres solo las bandas de guarda, aunque en este caso se reduzca la eficiencia.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para transmitir señales adicionales con origen en usuarios de un canal que posee una banda de transmisión que comprende bandas de guarda y subbandas dedicadas para su uso por parte de
5 respectivos sistemas de telecomunicaciones, estando dichas subbandas dedicadas, cuando son usadas por los respectivos sistemas de telecomunicaciones, ocupadas por señales de transmisión; y el procedimiento comprende:
- detección de la presencia de subbandas libres no ocupadas por ninguna señal de transmisión, comprendiendo
10 dichas subbandas libres las subbandas dedicadas no usadas por los respectivos sistemas de telecomunicaciones; y
- transmisión de las señales adicionales en subportadoras OFDM con frecuencias dentro de las subbandas libres;
caracterizado porque dichas subbandas libres también comprenden las bandas de guarda, y **porque** la transmisión
de las señales adicionales comprende:
- 15 multiplicación de cada señal adicional por un respectivo código CDMA a fin de ensanchar la respectiva banda de señal de dicha señal adicional a través de una o más subbandas libres, en la que dicho respectivo código CDMA tiene una longitud que se calcula en función de dicha banda de señal respectiva y de un ancho de banda total de las subbandas libres a fin de lograr que dicha respectiva banda de señal se ensanche a lo largo de dichas respectivas subbandas libres;
- 20 transmisión de cada señal adicional multiplicada por el respectivo código CDMA en las subportadoras OFDM con frecuencias dentro de las respectivas subbandas libres;
- detección de variaciones en el número de subbandas libres; y,
- 25 en respuesta a una variación detectada en el número de subbandas libres, mantenimiento de un caudal constante de transmisión de uno o más usuarios variando las longitudes de los códigos CDMA o el número de señales adicionales que se transmiten al mismo tiempo.
- 30 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que los usuarios comprenden un usuario que usa una o más de las subbandas dedicadas para transmitir y que necesita más ancho de banda para transmitir.
3. Procedimiento que comprende la transmisión de señales adicionales usando el procedimiento de las reivindicaciones 1 o 2, y que comprende la recepción de dichas señales adicionales, mediante la:
- 35 detección de las primeras subbandas de la banda de transmisión que estén libres en un primer instante;
- detección de la ocupación de las primeras subbandas en un segundo instante posterior al primero; y
- 40 si en el segundo instante las primeras subbandas están ocupadas,
- recepción de señales transportadas en las subportadoras OFDM con frecuencias dentro de las primeras subbandas, y
- 45 - reconstrucción de las señales adicionales multiplicando las señales recibidas por los códigos CDMA.
4. Sistema de telecomunicaciones OFDM (1) que comprende unos medios (2, 4) configurados para llevar a la práctica el procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

FIG. 1



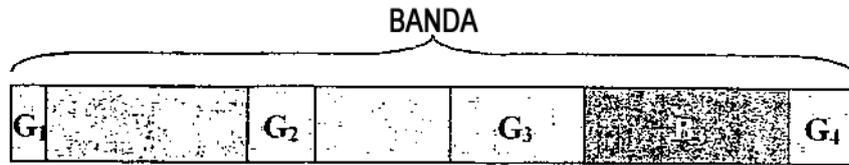


Fig. 2

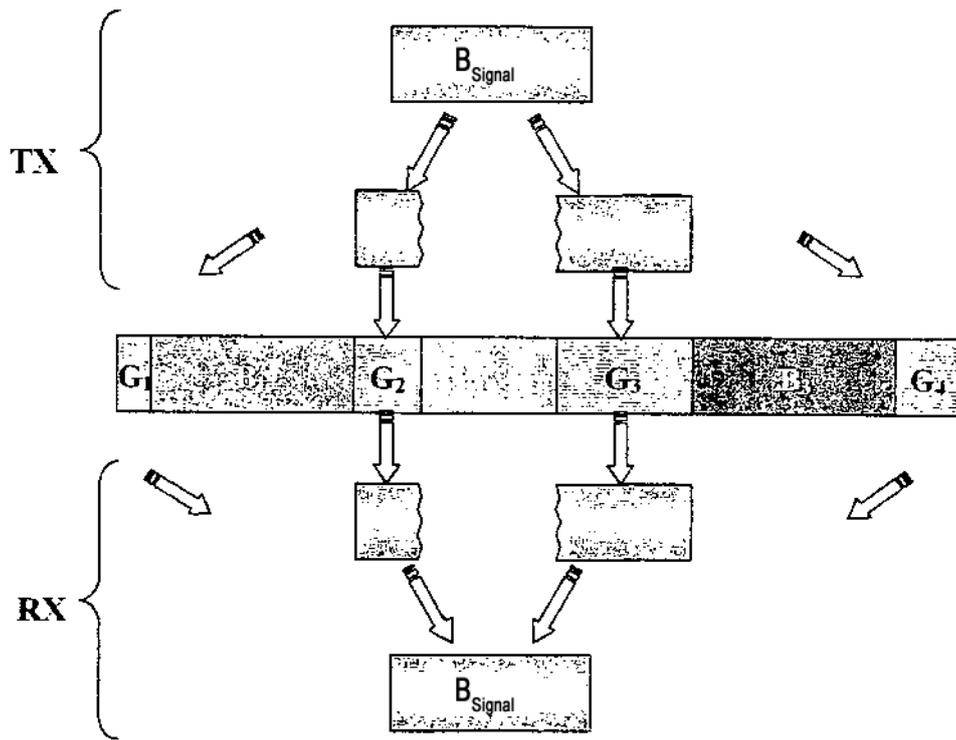


Fig. 3

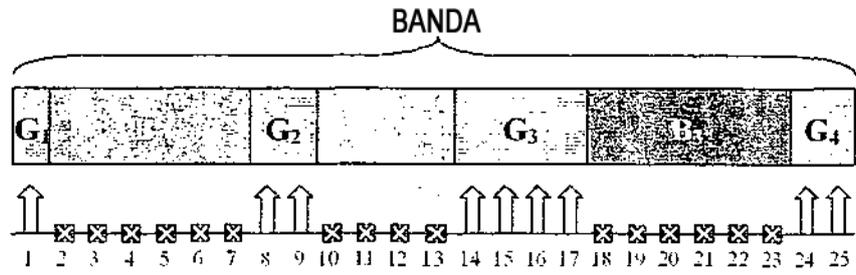


Fig. 4

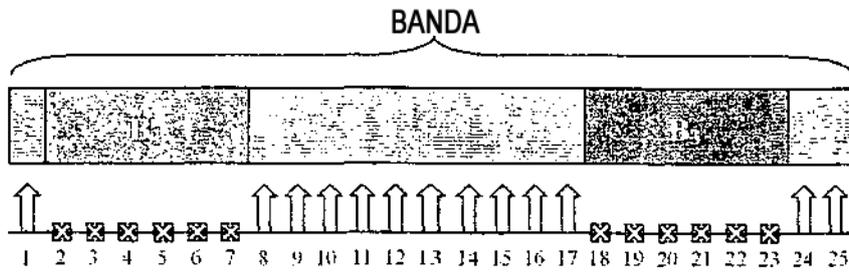


Fig. 5

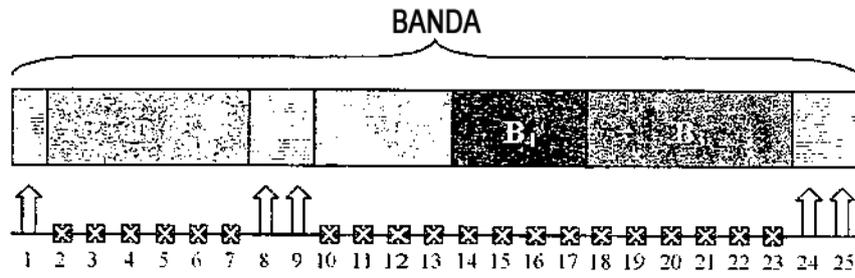


Fig. 6