

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 453 071**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/26** (2006.01)

**H04L 1/00** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

**H03M 13/27** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.03.2010 E 10717677 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2013 EP 2415225**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo de emisión con asignación tiempo-frecuencia de símbolos en subcanales**

30 Prioridad:

**31.03.2009 FR 0952074**

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

**03.04.2014**

73 Titular/es:

**ORANGE (100.0%)  
78, rue Olivier de Serres  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**SIAUD, ISABELLE**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 453 071 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 dispositivo de emisión con asignación tiempo-frecuencia de símbolos en subcanales

5 La presente invención se refiere al ámbito de las telecomunicaciones. Dentro de este ámbito, la invención se refiere más en particular a las comunicaciones denominadas digitales. Las comunicaciones digitales comprenden en particular las comunicaciones inalámbricas; comprenden asimismo, por ejemplo, las comunicaciones por cable. El soporte de transmisión de las comunicaciones se denomina habitualmente canal de transmisión o de propagación, originariamente en referencia a un canal aéreo y por extensión en referencia a cualquier canal.

10 La invención se refiere a las técnicas de asignación de símbolos en subcanales repartidos en uno o varios símbolos multiportadora, normalmente OFDM (en inglés, "Orthogonal Frequency Division Multiplexing"). Estas técnicas se aplican por lo general con una técnica de acceso de multiusuario, por ejemplo de tipo OFDMA (en inglés "Orthogonal Frequency Division Multiple Access").

15 La invención se aplica en particular a cualquier tipo de sistema de transmisión con múltiples portadoras. La figura 1 representa una cadena de emisión/recepción clásica en banda base para tal sistema SYS que comprende un emisor EM y un receptor RE. La señal de salida del emisor se transmite por un canal de propagación Ch al receptor RE. La cadena de emisión comprende un codificador corrector de error CC, un codificador binario de símbolo CBS, un módulo de asignación MT, un modulador OFDM. De manera clásica, la cadena de emisión comprende, además, un módulo de inserción de un intervalo de guardia, no representado, en la salida del modulador OFDM. La cadena de recepción comprende un demodulador OFDM OFDM<sup>-1</sup> (precedido de manera clásica por un módulo de supresión del intervalo de guardia), un módulo de desasignación MT<sup>-1</sup>, un módulo de igualación EG, un decodificador binario de símbolo CBS<sup>-1</sup>, un decodificador corrector de error CC<sup>-1</sup>.

20 La información procedente de una fuente S<sub>ce</sub> se codifica, según una técnica denominada codificación correctora de errores, mediante el codificador CC (los datos codificados son eventualmente perforados para aumentar el caudal). A continuación, los datos son conformados en forma de símbolo de datos S<sub>d</sub> (celdas QAM, QPSK...) por el modulador CBS, lo que se denomina Codificación Binaria de Símbolo. El módulo de asignación asigna los símbolos de datos en la entrada del modulador OFDM que genera símbolos OFDM S<sub>m</sub>. La asignación de los símbolos puede descomponerse en una segmentación de los símbolos de datos en subcanales y en una repartición de tiempo y/o frecuencia de los subcanales en uno o varios símbolos OFDM. El módulo de asignación puede, además, insertar símbolos pilotos en cada subcanal o algunos subcanales para efectuar una igualación OFDM tras la recepción a partir de los pilotos recibidos. La inserción de símbolos pilotos puede complementarse con la inserción de un preámbulo OFDM. El modulador OFDM genera símbolos OFDM mediante una transformada de Fourier inversa.

30 Un modulador OFDM incluye una red de subportadoras que corresponden a una subdivisión frecuencial de la banda instantánea del sistema de transmisión. El modulador OFDM efectúa la modulación de los símbolos (datos, pilotos, símbolos nulos designados por portadoras de guardia) con las subportadoras que corresponden a las componentes de Fourier conjugadas de una transformación de Fourier cuyo tamaño N<sub>FFT</sub> corresponde al número de subportadoras del modulador OFDM.

45 El canal de transmisión Ch denominado también canal multitrayectoria está representado por la respuesta impulsional h(t, τ) de un filtro digital donde t representa la variable de tiempo y τ la variable de los retardos asociados a los coeficientes del filtro en el instante t. El canal de transmisión filtra la señal multiportadora ponderando cada símbolo asignado a la portadora k con la componente correspondiente de la función de transferencia del canal descompuesta en el multiplexado OFDM formado por N<sub>FFT</sub> componentes. Genera en la recepción una correlación de las subportadoras en los dominios de frecuencia y de tiempo. La correlación frecuencial afecta a las subportadoras y la correlación temporal induce subportadoras de amplitud casi constante en una ventana de observación del orden del tiempo de coherencia del canal. El tiempo de coherencia corresponde al valor medio del desfase temporal necesario para asegurar una descorrelación de la señal representativa del soporte de transmisión con su versión temporalmente desfasada.

50 Esta doble correlación limita las prestaciones de los circuitos de decisión en la recepción. La correlación temporal induce paquetes de errores tras la decisión de los símbolos de datos transmitidos y después de la decodificación de los bits transmitidos estimados. Estos efectos tienen lugar cuando el entorno varía lentamente y es multitrayectoria. Es particularmente el caso de los sistemas de banda ultra ancha (Ultra Wide Band) definidos por la norma ECMA-368, "High Rate Ultra Wideband PHY and MAC Standard" Tercera Edition, diciembre de 2008, para los sistemas de radio dedicados al bucle local de radio (Wimax, definido por la norma IEEE 802.16e: "Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems". IEEE P802.16e/D12 Draft, octubre de 2005, DECT ("Digital Enhanced Cordless Telecommunications") definido por la norma ETSI EN 300 175-3 Digital Enhanced Cordless Telecommunications (DECT); Common Interface (CI); Part. 3: Medium Access Control (MAC) layer) o para las transmisiones de tipo xDSL.

65 La correlación frecuencial es a la vez el resultado del efecto multitrayectoria que introduce un filtrado, del efecto Doppler y del ruido de fase de las etapas RF que inducen una pérdida de ortogonalidad de las subportadoras de un

5 multiplexado ortogonal. Es en particular el caso de los sistemas de corto alcance denominados Banda Ultra Ancha y de los sistemas definidos en banda milimétrica, tal como se ha estudiado por el organismo de normalización americano IEEE802.15.3c así como de los sistemas 4G de radio (LTE avanzada, Wi-Max) de gran movilidad o de los sistemas de muy larga distancia dedicados a los enlaces de radio ionosféricos (sistema DRM (“Digitale Radio Mondiale”) norma ETSI TS 101 980).

10 Un procedimiento conocido, ilustrado por la figura 2, para solucionar esta doble correlación consiste en aplicar en la emisión un entrelazado ETB efectuado sobre los datos binarios y/o un entrelazado ETS efectuado sobre los símbolos de datos Sd.

Las técnicas de entrelazado en un sistema de transmisión se aplican de este modo sobre los datos para descorrelacionar los datos recibidos y mejorar los circuitos de decisión.

15 El entrelazado se denomina binario cuando se refiere a bits codificados o bien a bits directamente extraídos de la fuente, bits designados con el término anglosajón *scrambling* (aleatorización).

20 El entrelazado se denomina entrelazado de símbolos o procedimiento de atribución de símbolos por portadora cuando se refiere a los símbolos complejos (QPSK, x-QAM...) asignados a las subportadoras de un modulador multiportadora. Su tamaño es generalmente igual al número  $N_{SD}$  de símbolos de datos por modulador multiportadora o es múltiplo de  $N_{SD}$ . Este tipo de entrelazado interviene aguas arriba del modulador multiportadora. De manera equivalente, se habla habitualmente de entrelazado de portadoras o de subportadoras.

25 La asignación de los símbolos en la entrada del modulador OFDM se puede aplicar de manera diferente en función del sistema.

30 De manera general, un sistema OFDM puede estar asociado a una técnica de acceso. En particular, un procedimiento OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) consiste en asignar a portadoras un mismo símbolo OFDM de los símbolos de datos asociados a diferentes usuarios o diferentes grupos de símbolos de datos. En este caso, la asignación de los símbolos de datos de uno o varios usuarios consiste en reagruparlos en subcanales de tamaño elemental  $N_{SDC}$  y a continuación en distribuir estos subcanales en tiempo y en frecuencia para de este modo mezclar diferentes usuarios dentro de un mismo símbolo OFDM. Se proporciona una ilustración en la figura 3, donde los subcanales se construyen asignando un símbolo de cada grupo a cada subcanal. El número de subcanales construidos de este modo corresponde al número de símbolos por grupo,  $N_{SC}$ , y el tamaño de un subcanal corresponde al número de grupos considerado,  $N_{SDC}$ . El número de subcanales por símbolo OFDM depende del número  $N_{SD}$  de símbolos de datos por símbolo OFDM y del tamaño  $N_{SDC}$  de un subcanal.

40 La aplicación de un sistema de la técnica anterior ilustrada por las figuras 4, 5, 6, 7 se refiere a un sistema según la norma IEEE 802.16e. Las especificaciones consideradas en la norma tienen por referencias “Air interface for fixed and mobile broadband wireless access systems and Corrigendum 1”. IEEE P802.16e/IEEE Std 802.16e-2005-aprobada el 7 de diciembre de 2005, IEEE Std 802.16-2004/Cor 1-2005-aprobada el 8 de noviembre de 2005. Un sistema según esta norma se designa habitualmente con el término sistema Wimax. El término Wimax cubre también la norma Hyperman.

45 La norma IEEE802.16e define una unidad elemental designada como OFDMA slot  $SI\_unit$ , que está constituida por uno o varios subcanales distribuidos en el tiempo en uno o varios símbolos OFDMA consecutivos. La unidad en frecuencia corresponde al tamaño de un subcanal  $N_{SDC}$ . Esta unidad elemental OFDMA slot es la unidad elemental mínima de transmisión que corresponde a un modo de modulación y de codificación dado (MCS), para los símbolos de datos correspondientes, que depende del modo de transmisión (vía descendente, vía ascendente, modo FUSC (*Full Usage of the Subchannels*: todos los subcanales son atribuidos al emisor, los pilotos y a continuación los subcanales de datos se insertan en la trama OFDMA), modo PUSC (*Partial Usage of the Sub-Channels*: el número de subcanales atribuidos puede variar, los pilotos se insertan en los subcanales o se asignan después de la asignación de los datos en subcanales). La OFDMA slot es un patrón elemental de repartición de los datos y eventualmente de los pilotos (modo PUSC, enlace ascendente únicamente donde los pilotos están integrados en posiciones fijas en la OFDMA slot), para un modo de transmisión dado. Las OFDMA slots que corresponden al mismo modo de modulación y de codificación de los símbolos (MCS) están distribuidas en el dominio de tiempo-frecuencia para formar un bloque  $Dr$  (región de datos). Un bloque  $Dr$  corresponde de este modo a una unidad de transmisión de dos dimensiones que incluye varias OFDMA slots que utilizan el mismo modo de codificación-modulación MCS (esquema de modulación y codificación). Una trama elemental OFDMA (Tre) constituida por  $N_{symb}$  símbolos OFDMA (uno o varios) se forma repartiendo en frecuencia y a continuación en tiempo bloques  $Dr$  diferentes por orden de índice creciente para de este modo formar símbolos OFDM completos. Los bloques  $Dr$  que forman un símbolo OFDMA pueden corresponder a diferentes modos de transmisión (FUSC y PUSC), bien en enlace descendente o bien en enlace ascendente. La trama global está dividida en dos partes distintas, para la vía descendente y la vía ascendente. Una trama elemental OFDMA está normalmente precedida por un símbolo de preámbulo para la sincronización o la estimación del canal de propagación en la recepción.

65 La atribución de los pilotos sobre el multiplexado OFDM puede preceder a la distribución de los subcanales  $J(sc)$ , lo

cual es el caso de la vía descendente de la norma IEEE 802.16e, o puede integrarse en los mismos según un patrón periódico respecto de la OFDMA-slot, lo cual es el caso del modo PUSC de la norma IEEE802.16e.

5 Con referencia a la figura 4, los símbolos de datos  $S_d$ , procedentes de un módulo de codificación binaria de símbolo CBS o de un entrelazador ETS, están segmentados en subcanales de tamaño elemental  $N_{SDC}$ , que están repartidos en tiempo y en frecuencia en una OFDMA-slot ( $SL\_unit$ ) por el módulo de asignación MT. Una OFDMA slot está constituida por varios subcanales repartidos en tiempo sobre  $N_{symb0}$  símbolos OFDM consecutivos según la escala de tiempo y un subcanal de tamaño  $N_{SDC}$  según la escala de las frecuencias. Las OFDMA-slots asociadas al mismo modo de codificación-modulación MCS son agrupadas por el módulo de asignación MT en un bloque  $Dr$  (región de datos) formado por  $N'm$  subcanales según la escala de las frecuencias y  $N'symb$  símbolos OFDM según el eje temporal.  $N'symb$  es múltiplo de  $N_{symb0}$ .  $N$  bloques  $Dr$  están sucesivamente repartidos en frecuencia y a continuación en tiempo para constituir una trama elemental OFDM  $Tre$  con la ayuda del módulo de asignación MT. Una trama elemental OFDM  $Tre$  está formada por  $N_{symb}$  símbolos OFDM que corresponde a  $N$  bloques  $Dr$ .  $N'm$  es submúltiplo del número de subcanales  $N_{sc}$  por símbolo OFDM y  $N'symb$  depende del modo de transmisión del sistema considerado.

El procedimiento de asignación se detalla a continuación en el caso del modo FUSC para la vía descendente y se ilustra en la figura 5.

20 Los subcanales en la vía descendente en modo FUSC pueden estar constituidos por símbolos procedentes de diferentes grupos. Por lo tanto, una OFDMA-slot puede estar asociada a varios grupos. Para el modo FUSC en vía descendente, los símbolos de datos adyacentes están agrupados en  $N_{SDC}$  grupos de  $N_{SC}$  símbolos de datos. La segmentación en subcanales consiste en atribuir a un subcanal un símbolo de datos procedente de cada grupo diferente según una ley que depende del número de símbolos de datos por símbolo OFDMA, es decir, del tamaño de la transformada de Fourier del modo de transmisión OFDM. El subcanal está formado por  $N_{SDC}$  símbolos de datos procedentes de cada grupo.

30  $N_{SC}$  canales se forman de este modo, donde  $N_{SC}$  corresponde al número de símbolos de datos por grupo. Los pilotos están repartidos en la trama OFDM (multiplexado OFDM) de manera independiente. La ley de atribución de los símbolos de datos en los subcanales es de dos dimensiones, donde  $sc$  es el índice del subcanal  $sc=\{0, N_{SC}-1\}$  y  $k$  es el índice de posición del símbolo en el subcanal  $k=\{0, N_{SDC}-1\}$ . La ley  $L_{DL\_FUSC}(k, s_c)$  proporciona, para el símbolo en la posición  $k$  en el subcanal  $s_c$ , la posición original del símbolo aguas arriba del procedimiento de entrelazado ETS en el bloque de datos formado por  $N_{SDC} \times N_{SC}$  símbolos de datos e indexados de 0 a  $N_{SDC} \times N_{SC}-1$ . Los índices  $s_c$  y  $k$  corresponden a la posición de este símbolo en el subcanal de índice  $sc$  ( $Y(k,sc)=X(k'=L_{DL\_FUSC}(k, s_c))$ ).

La ley de atribución de los símbolos de datos en los subcanales viene dada por:

$$L_{DL\_FUSC}(k, s_c) = N_{sc} \cdot n(k, s_c) + [Ps_c([n(k, s_c)]_{N_{sc}} + DL\_perm\_base)]_{N_{sc}}$$

$$n(k, s_c) = [k + 13 \cdot s_c]_{N_{sc}}$$

$$k' = L_{DL\_FUSC}(k, s_c), k' = \{0, \dots, N_{SDC} \times N_{SC} - 1\},$$

$$k = \{0, N_{SDC} - 1\}, s_c = \{0, N_{SC} - 1\}$$

$$Y(k, s_c) = X(L_{DL\_FUSC}(k, s_c))$$

40  $Ps_c(k)$  es una ley biyectiva que corresponde a un patrón de entrelazado de tamaño  $N_{sc}$  descrito en forma de un vector de tamaño  $N_{sc}$  para  $k$  que varía de 0 a  $N_{sc}-1$ . La ley  $Ps_c$  varía para cada subcanal considerado de índice  $s_c$  y es el resultado de una rotación circular izquierda de  $s_c$  deducida de una ley de atribución de base denominada  $PL\_perm\_base$ .  $DL\_perm\_base$  es un vector de tamaño  $N_{sc}$  que hace corresponder al índice  $k$  la posición del símbolo original  $Ps_c(k)$ .

45 La ley de permutación varía con el tamaño de la transformada de Fourier de la modulación OFDM y su tamaño corresponde al número de subcanales por símbolo OFDMA. Los parámetros de transmisión para el modo FUSC se dan para diferentes tamaños de la transformada de Fourier en la tabla 1 del anexo A. El tamaño de un subcanal es fijo. Está dimensionado respecto del tamaño de la trama, el caudal, el tamaño de los grupos de símbolos OFDM y es independiente del modo de transmisión OFDM (tamaño FFT, caudal).

50 La figura 6 da la repartición de los símbolos de datos en los subcanales según la ley  $L_{DL\_FUSC}(k, s_c)$  para un tamaño

de FFT igual a 2048. El eje de las ordenadas corresponde al índice  $i_{SD}$  de los símbolos de datos en un símbolo OFDM. El eje de las abscisas corresponde al índice  $i_{S/SC}$  de posición del símbolo para un subcanal dado. Este índice evoluciona de cero a  $N_{SDC}-1=47$ . Las tres curvas corresponden a tres subcanales diferentes designados por SC#i.

5 El procedimiento de atribución es más complejo que un entrelazado matricial que precede a la operación MT en virtud de la ecuación  $L_{DL\_FUSC}(k,s_c)$  que tiene en cuenta una permutación de base  $DL\_perm\_base$  y de los índices  $k$  y  $s_c$  utilizados en la ecuación para formar los subcanales.

10 Asimismo, el procedimiento asegura una mejor dispersión de los datos entre canales adyacentes como se ilustra en las figuras 6 y 11.

El módulo de asignación puede, además, insertar símbolos pilotos repartidos en cada subcanal para permitir una igualación OFDM en la recepción a partir de los pilotos recibidos. La inserción de símbolos pilotos repartidos puede complementarse con la inserción de un preámbulo OFDM.

15 Los símbolos asignados son modulados a continuación por un modulador OFDM considerando cada conjunto de  $N_{sc}$  subcanales asociados a un símbolo OFDM.

20 El procedimiento de asignación se detalla en lo sucesivo en el caso del modo PUSC de la norma Wi-Max (IEEE802.16e) y se ilustra en la figura 7.

25 Los símbolos de datos  $S_d$  se segmentan en agrupaciones físicas de tamaño fijo que contienen doce símbolos de datos y dos pilotos por agrupación física  $Clust\_Phy$ : una agrupación física comprende 14 subportadoras de las cuales 12 son subportadoras de datos y 2 subportadoras pilotos. En total hay 60 agrupaciones físicas y el tamaño de la FFT es de 1024.

30 La posición de los pilotos depende del índice del símbolo OFDMA en la OFDMA slot (par o impar). Estas agrupaciones físicas se redistribuyen en agrupaciones lógicas  $Clust\_Log$  según una ley de permutación que varía de cero a  $N_{cp}-1$ , correspondiendo  $N_{cp}$  al número de agrupaciones  $N_{cp}=N_{used}/14=N_{SD}/12$  e incluyendo  $N_{cp}$  elementos (secuencia RS). El número de agrupaciones es tal que el número total de símbolos de datos  $S_d$  es igual al número de símbolos de datos por símbolo OFDM ( $N_{SD}$ ). A continuación, estas agrupaciones lógicas se segmentan en seis grupos  $G\#0, \dots, G\#5$  que pueden adoptar dos tamaños (6,4) posibles dependiendo de si el índice del grupo es par o impar  $g=\{0, \dots, 5\}$ . La atribución de las agrupaciones lógicas de cada grupo en los subcanales utiliza dos secuencias de atribución según el tamaño de los grupos y su índice (par o impar). Cada subcanal SC contiene dos agrupaciones lógicas de un mismo grupo. La generación de las agrupaciones lógicas equivale a un entrelazado de agrupaciones físicas. La generación de los grupos equivale a una presegmentación que puede adoptar dos valores posibles de tamaño de segmentación. La repartición de las agrupaciones lógicas en los subcanales es equivalente a dos leyes de entrelazado independientes aplicadas según el índice de la agrupación lógica, seguida de una segmentación tal que cada subcanal contiene dos agrupaciones lógicas de un mismo grupo. Las leyes de entrelazado se aplican dentro de un grupo. El número de agrupaciones y el número de subcanales considerados varían con el modo de transmisión OFDM, mientras que el tamaño de las agrupaciones y el tamaño de los subcanales son independientes del modo de transmisión OFDM, como se ilustra en la tabla 2 en el anexo A. El número de subcanales varía con el número de portadoras de datos por símbolo OFDMA, el cual depende del tamaño de la banda de transmisión y del tamaño de la FFT (2048, 1024, 512) del modulador OFDM. El tamaño (24  $S_d/SC$ ) de un subcanal es fijo y no se puede parametrizar. Para determinar este tamaño de subcanal, se han considerado los condicionantes asociados al algoritmo de codificación correctora de errores para satisfacer varios tipos de codificación correctora de errores (turbo-códigos, código convolucional, rendimiento de código). Un bloque de codificación  $K_{h,u}$  corresponde a uno o varios subcanales.

50 Un segundo modo de realización de un sistema de la técnica anterior se ilustra y describe en la figura 8. La cadena de emisión de este sistema comprende un entrelazador de símbolo ETS de tipo matricial  $(N_L \times N_C) = (N_{SDC} \times N_{SC})$  que permite entrelazar los símbolos aguas arriba del módulo de asignación MT.

55 Un entrelazado matricial consiste en escribir los datos en una matriz de tamaño  $(N_L, N_C)$  línea por línea y en leerlos columna por columna.

60 El dimensionamiento conjunto entre el entrelazador y el módulo de asignación así como la elección del tipo matricial del entrelazador permiten efectuar una atribución de los símbolos de  $N_{SDC}=N_L$  grupos diferentes, designados por  $G\#n$ , en  $N_{SC}=N_C$  subcanales designados como SC#m. La línea  $n^i$  de la matriz corresponde a un grupo  $G\#i$  de tamaño  $N_{SC}$ , mientras que la columna  $j$  de la matriz de tamaño  $N_{SDC}$  está constituida por un dato de cada grupo en posición  $j$ . La atribución de los símbolos en subcanales de tamaño  $N_{SDC}$  da como resultado entonces la elección conjunta de un entrelazador de tipo matricial, un dimensionamiento del número de filas igual al tamaño de un subcanal, un dimensionamiento del número de columnas igual al número de subcanales del módulo de asignación y una segmentación de los símbolos de salida del entrelazador en subcanales de tamaño  $N_{SDC}$  por el módulo de asignación. La repartición se realiza por la aplicación conjunta del entrelazador ETS y del módulo de asignación MT.

El módulo MT efectúa una segmentación de los símbolos de datos en la salida del entrelazador matricial con un tamaño de segmento ( $N_{SDC}$ ) que corresponde al número de elementos por columna de la matriz para formar  $N_{SC}$  subcanales elementales  $SC\#j$  constituidos por  $N_{SDC}$  símbolos de datos procedentes de  $N_{SDC}$  grupos diferentes. Los elementos de la columna  $j$ ,  $C_j$ , corresponden a los símbolos de datos en la  $j$ -ésima posición de cada grupo  $G\#$  y describen los elementos del subcanal  $j$ . Estos subcanales  $SC\#j$  se reparten a continuación de manera secuencial en frecuencia para formar un bloque  $D_r$  idéntico a una trama elemental OFDM  $T_{re}$  formada por un solo símbolo OFDM y por  $N_{SC}$  subcanales  $SC\#0, \dots, SC\#N_{SC}-1$ , como se ilustra en la figura 9. El módulo de asignación puede, además, insertar símbolos pilotos en cada subcanal para efectuar una igualación OFDM en la recepción a partir de los pilotos recibidos. La inserción de símbolos pilotos repartidos puede completarse con la inserción de un preámbulo OFDM. Este tipo de asignación puede utilizarse para modulaciones de múltiples portadoras, normalmente OFDM, que incluyen una técnica de acceso, por ejemplo OFDMA. Los símbolos asociados a un usuario  $\#i$  están en un grupo  $G\#i$  formado por  $\#N_{SC}$  símbolos de datos que corresponden a la línea  $\#i$  de la matriz.  $N_{SDC}$  grupos de símbolos son considerados sucesivamente y sometidos al entrelazado matricial seguido por la asignación de los símbolos. Los símbolos de datos asignados en la entrada del modulador OFDM son segmentados en  $N_{SC}$  subcanales constituidos por  $N_{SDC}$  símbolos de datos asociados a  $N_{SC}$  usuarios (grupos de datos independientes) y estos subcanales se reparten sucesivamente en frecuencia.

De este modo, según las técnicas conocidas de la técnica anterior, los símbolos de datos, eventualmente entrelazados, son segmentados en  $N\cdot m$  subcanales de tamaño  $N_{SDC}$  y repartidos en el plano tiempo-frecuencia por el módulo de asignación MT. La repartición en el plano tiempo-frecuencia puede desarrollarse bien dentro de un bloque frecuencial de subcanales y a continuación por bloque según el eje temporal, como se ilustra en las figuras 9 y 10a, o bien dentro de un bloque de tiempo-frecuencia de subcanales y a continuación por bloque de subcanales según los ejes temporal y frecuencial, como se ilustra en las figuras 4 y 10b.

El tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales que corresponde a la unidad elemental de transmisión en frecuencia para los procedimientos OFDM depende del tamaño de la trama y del tamaño mínimo de los bloques de codificación. Cuando los símbolos OFDM están asociados a varios usuarios  $u_1, u_2, \dots, u_n$  o, por ejemplo, cuando los símbolos están asociados a un mismo usuario pero corresponden a servicios diferentes (VoIP, vídeo, etc), la asignación es tal que un subcanal contiene bien símbolos de un mismo usuario o que corresponden a un mismo servicio, o bien símbolos asociados a usuarios/servicios diferentes.

En los sistemas de la técnica anterior, el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales es fijo, no se puede parametrizar.

Las técnicas de asignación de símbolo conocidas tienen el inconveniente de disminuir, incluso anular, el efecto de diversidad ligado a la dispersión mínima entre símbolos introducida por el entrelazador de símbolo. En efecto, es posible que la dispersión mínima entre símbolos entrelazados de un bloque  $K$  disminuya tras la asignación de los símbolos entrelazados en subcanales repartidos en tiempo y en frecuencia. Esto es debido a que la repartición de los subcanales en el plano tiempo-frecuencia puede acercar símbolos previamente separados en al menos una distancia mínima  $s$  después del entrelazado debido a su posicionamiento efectuado por el módulo de asignación en subcanales adyacentes en tiempo o en frecuencia. Esta disminución de la dispersión después del procedimiento de asignación se ilustra en la figura 11, que corresponde al mismo modo de transmisión OFDM que el del modo FUSC ilustrado por la figura 6.

La figura 11 ofrece una representación de la repartición de los símbolos en los subcanales después de la asignación de símbolos entrelazados por un entrelazador matricial  $M(N_{SDC}, N_{SC})$  cuyo número de filas corresponde al tamaño de un subcanal  $N_{SDC}$  y el número de columnas corresponde al número de subcanales  $N_{SC}$ .

La figura 11b ofrece el índice  $i_{sd}$  de los símbolos después de la asignación en los subcanales  $SC\#0$  y  $SC\#9$ , con  $N_{SDC}=48$  y  $N_{SC}=32$  en función del índice  $i_{p/SC}$  de las portadoras para un subcanal. Para canal subcanal, el índice de las portadoras adopta sus valores de cero a  $N_{SDC}-1=47$ . La figura 11a) es una ampliación de la figura 11b para los primeros valores de índices: el eje de las abscisas se limita a los valores de índice de cero a cuatro para poder visualizar la dispersión entre símbolos situados en la misma posición en los subcanales  $SC\#0$  y  $SC\#9$  y constatar que este valor es de diez. Entre los subcanales adyacentes  $SC\#0$  y  $SC\#1$ , este valor es solo de uno. Estos valores de dispersión pueden ser calculados de manera analítica sabiendo que la ley de entrelazado matricial viene dada por la siguiente ecuación:

$$L_M(k) = E \left\{ \frac{k}{N_{SDC}} \right\} + N_{SC} \cdot [k]_{N_{SC}}$$

$$k = \{0, \dots, N_{SDC} - 1\}$$

La dispersión entre subcanales adyacentes viene dada por la siguiente ecuación:

60

$$\Delta L_M(s) = \text{Min}_{k < N_{SDC}} |L_M(k+s) - L_M(k)|$$

$$s = N_{SDC} \cdot m$$

5 El primer término de  $L_M(k)$  proporciona entonces la dispersión entre subcanales adyacentes. Dos símbolos en la misma posición de portadora en dos subcanales diferentes presentan una dispersión igual a la variación de índice entre estos subcanales.

10 De este modo, el entrelazado matricial permite obtener una dispersión de treinta y dos dentro de un subcanal. Pero si la asignación de los subcanales se efectúa en primer lugar en el tiempo, entonces la dispersión entre dos canales adyacentes en el tiempo ya solo es de uno. Esta configuración de entrelazado matricial/asignación disminuye, incluso anula según el eje temporal, el efecto de dispersión introducido por el entrelazador. La publicación US 2005/265469 A1 describe un sistema de asignación donde el tamaño de los subcanales se determina de manera fija o arbitraria para un número de flujo dado.

15 **Exposición de la invención**

La invención propone un procedimiento para asignar símbolos de datos entrelazados en la entrada de un modulador multiportadora que permite atenuar el impacto negativo de la asignación sobre la diversidad introducida previamente por el entrelazado de los símbolos de datos.

20 De este modo, la invención tiene por objeto un procedimiento para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados por bloque de K símbolos, en subcanales de tamaño igual a  $N_{SDC}$  portadoras consecutivas repartidos en uno o varios símbolos multiportadora, siendo  $N_{SDC}$  submúltiplos de K, tal que el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales se determina en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales.

25 Además, la invención tiene por objeto un módulo de asignación para la aplicación de un procedimiento según la invención.

30 De este modo, un módulo de asignación según la invención está adaptado para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados por bloque de K símbolos, en subcanales de tamaño igual a  $N_{SDC}$  portadoras consecutivas repartidos en uno o varios símbolos multiportadora, siendo  $N_{SDC}$  submúltiplo de K. Además, el módulo está adaptado para determinar un tamaño de los subcanales en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales.

35 En modo de transmisión multiportadora, un símbolo multiportadora se transmite sobre un tiempo de símbolo (ranura de tiempo) y ocupa una banda B. Un subcanal corresponde en general al agrupamiento de varias portadoras en un tiempo de símbolo multiportadora. El tamaño de un subcanal corresponde al número de portadoras agrupadas en el subcanal.

40 Durante la etapa de asignación, los símbolos procedentes de la etapa de entrelazado están segmentados en diferentes subcanales que están repartidos en tiempo y en frecuencia. Normalmente, un subcanal contiene los símbolos de un mismo usuario. De este modo, en caso de una pluralidad de usuarios, los símbolos de usuarios diferentes se segmentan en subcanales diferentes. En el caso de servicios diferentes para un mismo usuario, los respectivos símbolos de los diferentes servicios se segmentan normalmente en diferentes subcanales. Tal segmentación puede, por ejemplo, permitir distinguir la calidad de servicio (QoS) entre servicios atribuyendo más subcanales a un servicio dado que a otro (o reservando una cierta banda de frecuencia a un servicio dado).

45 La diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales es evaluada por una medición de las diferencias entre los patrones de entrelazado de los símbolos contenidos en estos subcanales, es decir, una medición de las diferencias entre las distribuciones de los índices de los símbolos en los subcanales. Esta medición puede estar limitada entre subcanales adyacentes o ampliada a subcanales no adyacentes.

50 El procedimiento y el dispositivo según la invención resuelven el problema planteado. En efecto, la consideración de la asignación de los símbolos entrelazados en los subcanales repartidos en tiempo, frecuencia o en tiempo y en frecuencia, es decir, respectivamente entre varios símbolos multiportadora para una misma banda de frecuencia, dentro de un mismo símbolo multiportadora o entre varios símbolos multiportadora, para dimensionar el tamaño de los subcanales permite eliminar los valores concebibles que introducen una repetición de patrón de entrelazado de símbolos entre subcanales adyacentes incluso entre subcanales no adyacentes y más o menos distantes entre sí en función del modo de realización. Un procedimiento según la invención asegura una diversidad máxima en la entrada del modulador multiportadora. De manera particularmente ventajosa, un procedimiento según la invención permite de este modo una repartición cualquiera de los subcanales en el plano tiempo-frecuencia al tiempo que se asegura

una diversidad máxima de tiempo-frecuencia de patrones siempre que los subcanales tengan el tamaño determinado según la invención para la ley de entrelazado  $L(k)$  considerada. Además, asegurando una combinación óptima del entrelazado y de la asignación mediante una diversidad de patrones de entrelazado y una dispersión máxima entre símbolos dentro de un subcanal, un procedimiento según la invención permite alcanzar la diversidad máxima de tiempo-frecuencia y por lo tanto maximizar la capacidad del sistema, cualquiera que sea el número de usuarios. En efecto, al alcanzar una diversidad máxima de tiempo-frecuencia se asegura una lucha óptima contra los efectos de correlación introducidos por el canal de transmisión. Por consiguiente, un procedimiento según la invención permite mejorar las prestaciones en la recepción evaluadas por una tasa de error binaria debido a los tratamientos de desasignación y de desentrelazado, inversos respectivamente a la asignación y el entrelazado de símbolo, que permiten atenuar las perturbaciones introducidas por el canal extendiéndolas en el plano de tiempo-frecuencia, lo cual se traduce por una descorrelación de los símbolos transmitidos.

La determinación del tamaño de los subcanales puede resultar normalmente de comparaciones de diferencias de patrones de entrelazado entre subcanales adyacentes para diferentes tamaños de subcanales y de la selección de un tamaño para el cual las diferencias son las más significativas, es decir la mayor diversidad.

Según un modo de realización particular, un procedimiento para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados según la invención es tal que la diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales es evaluada para grupos de subcanales separados entre sí a lo sumo por un subcanal.

Este modo de realización permite limitar las operaciones de evaluación de la diversidad limitando las comparaciones de patrones para un subcanal dado. El modo de realización que tiene en cuenta, en la comparación de patrones para un subcanal dado, canales adyacentes y subcanales alejados de un subcanal puede estar adaptado más en particular a leyes de entrelazado pseudoperiódicas, por ejemplo las leyes cuya expresión matemática incluye un módulo. En particular, la evaluación de la diversidad en tres subcanales separados entre sí a lo sumo por un subcanal permite eliminar los valores del tamaño que corresponden al pseudoperiodo.

Según un modo de realización particular, un procedimiento para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados según la invención es tal que los grupos están compuestos por parejas de subcanales adyacentes.

Este modo de realización está adaptado más en particular a leyes de entrelazado no pseudoperiódicas, por ejemplo leyes cuya expresión matemática no incluye ningún módulo.

Según un modo de realización particular, un procedimiento para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados según la invención comprende:

una primera etapa de cálculo de una función de dispersión  $\Delta L(s)$  que representa la distancia mínima entre los símbolos de entrada ( $X(L(k))$ ) en función de la separación  $s$  entre símbolos entrelazados ( $Y(k+s), Y(k)$ ), para una ley de entrelazado dada  $L(k)$ ,

- una segunda etapa de preselección de valores de separación  $s'$ , submúltiplo de  $K$ , para los cuales los valores de dispersión cumplen un criterio de amplitud,

- una tercera etapa de evaluación de una diversidad geométrica entre subcanales para los diferentes valores de separación preseleccionados  $s'$ ;

estando determinado el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales igual a uno de los valores de separación preseleccionados  $s'$  para los cuales la diversidad geométrica es máxima.

Según este modo, el procedimiento evalúa la diversidad en el plano frecuencial durante una primera etapa según un criterio de dispersión entre símbolos de datos entrelazados según una ley dada y a continuación evalúa la diversidad de patrones de entrelazado según un criterio de diversidad geométrica durante una tercera etapa. El encadenamiento de las etapas permite limitar los cálculos durante la tercera etapa a los únicos valores posibles del tamaño de los subcanales que corresponden a los valores de separación  $s'$  preseleccionados durante la segunda etapa. La ley de entrelazado puede fijarse inicialmente o puede corresponder a una elección entre una lista de leyes de entrelazado. En este caso, las etapas pueden repetirse para cada una de las leyes. El procedimiento puede elegir una de las leyes, bien al final de la primera etapa seleccionando la que proporciona los mejores valores de dispersión, o bien al final de la tercera etapa seleccionando la que proporciona los mejores valores de diversidad geométrica. Según este modo, el procedimiento asegura una combinación óptima del entrelazado y de la asignación mediante una dispersión máxima entre símbolos dentro de un subcanal y una diversidad de patrones de entrelazado. Tal modo permite alcanzar la diversidad máxima de tiempo-frecuencia.

Según un modo de realización particular, un procedimiento para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados según la invención es tal que  $K$  es igual al tamaño de un símbolo

multiportadora.

La elección de una profundidad K de entrelazado igual al tamaño de un símbolo multiportadora permite minimizar la latencia que ralentiza el tratamiento en la recepción.

5 Según un modo de realización particular, un procedimiento para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados según la invención es tal que K es múltiplo del tamaño de un símbolo multiportadora.

10 La elección de una profundidad K de entrelazado múltiplo del tamaño de un símbolo multiportadora permite aumentar el efecto de diversidad introducido por el entrelazado.

Los diferentes modos de realización anteriores pueden combinarse o no con uno o varios de estos modos para definir otro modo de realización.

15 Además, la invención tiene por objeto un procedimiento de emisión adaptado que comprende un procedimiento de asignación según la invención.

20 Además, la invención tiene por objeto un emisor de telecomunicación adaptado para la aplicación de un procedimiento según la invención.

De este modo, un emisor de telecomunicación según la invención comprende entre un modulador que genera símbolos de datos y un modulador multiportadora que genera símbolos multiportadora, un entrelazador de un bloque de K símbolos de datos, un módulo de asignación según un objeto anterior.

25 Además, la invención tiene por objeto un sistema de telecomunicación adaptado para la aplicación de un procedimiento según la invención.

30 De este modo, un sistema de telecomunicación según la invención comprende un emisor adaptado según un objeto anterior y un receptor.

#### **Lista de las figuras**

35 Otras características y ventajas de la invención aparecerán durante la siguiente descripción respecto de las figuras adjuntas dadas a modo de ejemplos no limitativos.

La figura 1 representa una cadena de emisión/recepción clásica descrita en banda base para un sistema SYS según la técnica anterior.

40 La figura 2 representa una cadena de emisión/recepción clásica que comprende un entrelazado ETB efectuado sobre los datos binarios y un entrelazado ETS efectuado sobre los símbolos de datos Sd descrito en banda base para un sistema SYS según la técnica anterior.

45 La figura 3 es un esquema de una técnica de asignación según la técnica anterior que consiste en asignar un símbolo diferente de cada grupo de usuarios a cada subcanal y en distribuir los subcanales en tiempo y en frecuencia para mezclar diferentes usuarios dentro de un mismo símbolo OFDM.

Las figuras 4, 5, 6 y 7 se refieren a un sistema de la técnica anterior según la norma IEEE 802.16e.

50 La figura 4 es un esquema del procedimiento de asignación.

La figura 5 es un esquema detallado del procedimiento de asignación en el caso del modo FUSC para la vía descendente.

55 La figura 6 proporciona la repartición de los símbolos de datos en los subcanales según la ley  $L_{DL\_FUSC}(k, Sc)$  para el modo FUSC para un tamaño de FTT igual a 2048.

La figura 7 es un esquema detallado del procedimiento de asignación en el caso del módulo PUSC de la norma Wi-Max (IEEE802.16e).

60 La figura 8 representa otro modo de realización de un procedimiento de asignación según la técnica anterior relativo a un sistema que comprende un entrelazador de símbolo ETS de tipo matricial.

65 La figura 9 es un esquema del procedimiento de asignación de la figura 8 que detalla la repartición de los símbolos en el plano tiempo-frecuencia.

La figura 10 es un esquema de un entrelazador ETS seguido por un módulo de asignación MT con una repartición de los subcanales en frecuencia y a continuación en tiempo según el módulo de asignación de la figura 10a o con una repartición de los subcanales en tiempo y después en frecuencia según el módulo de asignación de la figura 10b.

5 La figura 11 es una representación de la repartición en el plano de tiempo-frecuencia de los símbolos en los subcanales tras la asignación de símbolos entrelazados por un entrelazador matricial cuyo número de filas corresponde al tamaño de un subcanal  $N_{SDC}$  y el número de columnas corresponde al número de subcanales  $N_{SC}$  según un procedimiento de la técnica anterior que corresponde a un mismo modo de transmisión OFDM que el del modo FUSC ilustrado por la figura 6, e ilustra la disminución de la dispersión después del procedimiento de asignación.

10 La figura 12 representa la repartición de los símbolos de datos entrelazados con una ley de entrelazado de bloque de tamaño  $K=N_{SD}=736$  de tipo turbo según la técnica anterior en tres subcanales adyacentes sucesivamente en el tiempo, e ilustra el efecto negativo de la asignación sobre los símbolos.

La figura 13 es un esquema de principio de un ejemplo de un sistema SYSa de transmisión, descrito en banda base, adaptado según la invención para aplicar un procedimiento de asignación según la invención.

20 La figura 14 es un esquema de un módulo de asignación MTa adaptado según la invención para asignar los símbolos de datos en la entrada de un modulador OFDM según un procedimiento de asignación según la invención.

La figura 15 representa la repartición de los símbolos en tres subcanales adyacentes sucesivamente en el tiempo en el caso de un procedimiento de asignación según la invención, e ilustra el efecto de la asignación sobre los símbolos de datos entrelazados.

La figura 16 ilustra la cuantificación de la diversidad de patrones de entrelazado entre subcanales efectuada mediante un criterio de diversidad geométrica realizado en forma de ecuación de doble suma sobre los índices  $j$  y  $1$ , cuyo efecto está esquematizado por tres flechas.

30 La figura 17 es una curva que representa la dispersión  $\Delta L(s)$  para diferentes valores de  $s$  obtenida con una ley de entrelazado turbo  $L_{\tau L}(k) = L_{r,q}^{i,j}(k)$  sobre la cual se han posicionado los valores de la mediana ME y de la media armónica MH.

35 Las figuras 18 y 12 corresponden a una selección respecto de la curva 17, respectivamente de  $s'=16$ , de ahí un número de subcanales  $N_{SC}=46$ , y de  $s'=32$ , de ahí un número de subcanales  $N_{SC}=23$ .  $s'=16$  y  $s'=32$  conducen a una dispersión  $\Delta L(s)$  inferior a la media armónica MH; se observan claramente patrones de entrelazado de los símbolos sin diversidad entre subcanales.

40 Las figuras 19 y 15 corresponden a una selección respecto de la curva 17, respectivamente de  $s'=46$ , de ahí un número de subcanales  $N_{SC}=16$ , y de  $s'=23$ , de ahí un número de subcanales  $N_{SC}=32$ .  $s'=23$  y  $s'=46$  conducen a una dispersión  $\Delta L(s)$  superior a la media armónica MH; se observan claramente patrones de entrelazado de los símbolos con diversidad entre subcanales.

45 La figura 3 representa un sistema SYS de transmisión de tipo OFDM, conocido por el experto en la técnica. La información procedente de una fuente Sce se codifica mediante un codificador CC. Los datos se configuran a continuación con forma de símbolos de datos (celdas QAM, QPSK...) por un modulador CBS. Los símbolos de datos son entrelazados por un entrelazador ETS. Los símbolos de datos entrelazados son segmentados en subcanales de tamaño elemental  $N_{SDC}$  y puestos en paralelo para ser repartidos en tiempo y en frecuencia en la entrada de un modulador OFDM por el módulo de asignación. El modulador OFDM calcula símbolos OFDM a partir de los símbolos de datos asignados en la entrada.

50 Un procedimiento conocido de emisión de una señal multiportadora, normalmente aplicado por el emisor EM del sistema SYS, comprende:

- 55 - una etapa de modulación por el modulador CBS que genera símbolos (de datos),
- una etapa de entrelazado de un bloque de  $K$  símbolos (de datos) por el entrelazador ETS según una ley  $L(k)$ ,
- 60 - una etapa para asignar por el módulo de asignación los símbolos (de datos) entrelazados en subcanales de tamaño igual a  $N_{SDC}$  portadoras consecutivas repartidos en uno o varios símbolos OFDM, siendo  $N_{SDC}$  un submúltiplo de  $K$ , según una ley  $J(k)$ ,
- 65 - una etapa de modulación OFDM por un modulador OFDM que genera símbolos OFDM.

K es múltiplo del número de símbolos de datos por símbolo OFDM/OFDMA.

5 Cuando la etapa de asignación tiene en cuenta a los usuarios o más en general distingue grupos de símbolos que pueden tener un origen diferente, por ejemplo procedentes de servicios diferentes, el procedimiento de emisión se denomina de tipo OFDMA.

10 La figura 12 ilustra el efecto negativo de la asignación sobre los símbolos de datos entrelazados en el caso de un procedimiento OFDMA según la técnica anterior. Un procedimiento OFDMA asigna a portadoras de un mismo símbolo OFDM símbolos de datos asociados a diferentes usuarios (o de orígenes diferentes, por ejemplo, procedentes de diferentes servicios). Los símbolos de datos de uno o varios usuarios se atribuyen en subcanales de tamaño elemental  $N_{SDC}$ . Estos subcanales se reparten a continuación en frecuencia para mezclar diferentes usuarios dentro de un mismo símbolo OFDM que comprende  $N_{SD}$  símbolos de datos y en tiempo entre símbolos OFDM. La figura 12 proporciona el índice  $i_{sd}$  de los símbolos después de la asignación en los subcanales SC#0, SC#1 y SC#2 con  $N_{SDC}^{(u)}=32$  y  $N_{SC}=23$  en función del índice  $i_{p/SC}$  de los símbolos para un subcanal. La figura 12 representa la repartición de los símbolos en los tres subcanales SC#0, SC#1, SC#2 adyacentes sucesivamente en el tiempo. Estas reparticiones están superpuestas en la figura 12 ya que los tres subcanales ocupan las mismas subportadoras. La figura 12 ilustra el caso de un entrelazado de bloque de tamaño  $K=N_{SD}=736$  según una ley de entrelazado de tipo turbo descrita en la solicitud de patente PCT nº 2006072694 con los parámetros  $(p',q',j')=\{4, 2, 2\}$  seguido por una asignación en subcanales de tamaño  $N_{SDC}^{(u)}=32$  para cada usuario u. Esta sucesión de entrelazado y de asignación genera para cada usuario u una similitud de patrón de repartición entre los subcanales adyacentes SC#0 y SC#1 por una parte y SC#1 y SC#2 por otra parte. Si estos subcanales se reparten según la escala de tiempo como se ilustra en la figura 10b y si el canal de propagación varía poco, entonces las prestaciones del decodificador en la recepción están limitadas debido a la repetición de un patrón de entrelazado entre estos subcanales adyacentes.

25 Contrariamente a las técnicas conocidas, la invención permite introducir una diversidad temporal y/o frecuencial de canal de propagación ventajosa para el módulo de descodificación en la recepción, asegurando diferencias de patrones de entrelazado entre subcanales adyacentes. En frecuencia, la probabilidad de no utilizar la selección frecuencial natural del canal de propagación es menor.

30 La figura 13 es un esquema de principio de un ejemplo de un sistema SYSa de transmisión adaptado según la invención para aplicar un procedimiento de asignación según la invención.

35 El sistema de transmisión SYSa está adaptado según la invención porque comprende un emisor Ema adaptado según la invención para determinar el tamaño de los subcanales en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales. El emisor está adaptado porque el módulo de asignación MTa está adaptado para asignar los símbolos entrelazados en subcanales de tamaño igual a  $N_{SDC}$  portadoras consecutivas repartidos en uno o varios símbolos multiportadora, siendo  $N_{SDC}$  submúltiplo de K y determinado por el módulo de asignación MTa en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales.

40 La figura 14 es un esquema de un módulo de asignación MTa adaptado según la invención para asignar los símbolos de datos en la entrada de un modulador OFDM según un procedimiento de asignación 1 según la invención. El módulo de asignación MTa segmenta 2 los símbolos de datos Sd entrelazados en N'm subcanales de tamaño  $N_{SDC}$  y reparte 3, 4 los subcanales en el plano tiempo-frecuencia. Además, el módulo de asignación puede insertar 5 pilotos en cada subcanal o en determinados subcanales en posiciones determinadas para permitir efectuar una igualación OFDM en la recepción a partir de los pilotos recibidos. La inserción de pilotos puede completarse con la inserción 5 de un preámbulo. El módulo de asignación MTa determina 6 el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales.

50 La figura 15 ilustra el efecto de la asignación sobre los símbolos de datos entrelazados en el caso de un procedimiento de asignación según la invención. La figura 15 representa la repartición de los símbolos en tres subcanales adyacentes sucesivamente en el tiempo. Estas reparticiones están superpuestas en la figura 15 ya que los tres subcanales ocupan las mismas subportadoras. El efecto de asignación según la invención se traduce por una diferencia de patrones de entrelazado entre subcanales adyacentes. Para asegurar una diferencia de patrones entre subcanales adyacentes, un procedimiento de asignación según la invención determina un tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales teniendo en cuenta una diversidad de entrelazado de los símbolos entre subcanales. Según el ejemplo, el tamaño determinado es igual a  $N_{SDC}^{(u)}=23$ .

60 Para determinar el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales, el procedimiento 1 comprende varias etapas según un modo de realización preferido, ilustrado por la figura 14. Estas etapas se desarrollan en un módulo de cálculo implementado en una FPGA, en un microprocesador o en cualquier medio de cálculo equivalente. Según la implementación, estas etapas pueden desarrollarse total o parcialmente en paralelo.

Según una primera etapa 7, el procedimiento determina los valores de una función de dispersión  $\Delta L(s)=\text{Min}_k|L(k)-L(k+s)|$ . La función de dispersión  $\Delta L(s)$  representa la distancia mínima entre los símbolos de datos de entrada

$(X(L(k+s)), X(L(k)))$  del entrelazador en función de la separación  $s$  entre símbolos entrelazados  $(Y(k+s), Y(k))$ , variando  $s$  de 1 a  $K$ . Esta función de dispersión se determina para una ley de entrelazado dada  $L(k)$ .

Una ley de entrelazado  $L(k)$  de un bloque de tamaño  $K$  proporciona el orden en el que debe leerse, en la salida, una secuencia de entrada formada por  $K$  datos indicados por un índice  $k$  que varía de 0 a  $K-1$ . Sea  $X(k)$  una secuencia de símbolos de datos en la entrada de un entrelazador de ley de entrelazado  $L(k)$ . Sea  $Y(k)$  la secuencia de los símbolos de datos en la salida del entrelazador. Entonces,  $Y(k) = X(L(k))$ : el  $k$ -ésimo dato  $Y$  de la secuencia entrelazada que tiene el índice de posición  $k-1$  corresponde al dato  $X$  de índice  $L(k-1)$  de la secuencia de entrada  $X(0), \dots, X(K-1)$ . La ley de entrelazado  $L(k)$  es una función biyectiva que toma sus valores en el espacio  $S=\{0, \dots, K-1\}$ . Se define la dispersión como la distancia más pequeña después del entrelazado entre dos índices de posición asociados a dos datos de entrada separados por  $s-1$  datos,  $X(k)$  y  $X(k+s)$ . La función de dispersión es proporcionada por la relación  $\Delta L(s)=\text{Min}_{k,k+s \in S} |L(k+s)-L(k)|$  para  $s$  que varía de 1 a  $K$ . La función  $|x|$  proporciona el valor absoluto de  $x$ .

Según un modo de realización según el cual  $K$  es igual al tamaño  $N_{SD}$  de un símbolo multiportadora, el procedimiento limita los cálculos de la función de dispersión para  $s$  que varía de 1 a  $K/2$ . En efecto, el tamaño de un subcanal es a lo sumo igual a la mitad del tamaño de un símbolo multiportadora para poder efectuar una asignación de símbolos en subcanales repartidos en tiempo y/o en frecuencia. Cuando  $K$  es un múltiplo del tamaño de un símbolo multiportadora, entonces el procedimiento puede limitar los cálculos de la función de dispersión para  $s$  que varía de 1 a  $N_{SD}/2$ , siendo  $N_{SD}$  el número de símbolos de datos por símbolos multiportadora. Finalmente, si  $K$  es igual a  $N_{SD}$  o si es un múltiplo de  $N_{SD}$ , el procedimiento puede limitar los cálculos de la función de dispersión para  $s$  que varía de 1 a  $N_{SD}/2$ .

Según una segunda etapa 8, el procedimiento preselecciona valores de  $s$  submúltiplos de  $K$  para los cuales los valores de dispersión cumplen un criterio de amplitud.

Según un primer modo de realización, el criterio de amplitud corresponde a un máximo relativo de la dispersión. Los valores  $s'$  preseleccionados, iguales a los valores de las abscisas que corresponden a estos máximos relativos, corresponden a los diferentes tamaños concebibles para los subcanales. El procedimiento determina los valores de  $s$  submúltiplos de  $K$  utilizando, por ejemplo, una función módulo: el conjunto de submúltiplos de  $K$  es igual al conjunto de valores de  $s$  para los cuales  $[K]_s=0$ . Estos valores se denotan como  $s'$ . Para estos diferentes valores de  $s'$ , el procedimiento determina el valor de la derivada de la función de dispersión. Si este valor es nulo, la función de dispersión presenta un máximo relativo para el valor  $s'$  considerado.

Según un segundo modo de realización, el criterio de amplitud corresponde a un umbral: el procedimiento preselecciona valores de  $s$  submúltiplos de  $K$  para los cuales la dispersión sobrepasa un umbral  $S$ . Este umbral  $S$  puede corresponder a la media armónica  $MH$  de la dispersión calculada en  $N_{SD}/2$  muestras (la mitad del tamaño de un símbolo multiportadora para poder considerar al menos dos subcanales). La media armónica  $MH$  es igual a la inversa de la media aritmética de las inversas de las observaciones:

$$\frac{1}{MH} = \frac{1}{N} \sum_{s=0}^{N-1} \frac{1}{|\Delta L(s)|^2},$$

siendo  $N=N_{SD}/2$ . Este umbral  $S$  puede fijarse según un cálculo analítico, fijarse de manera arbitraria o tomar el valor de un parámetro.

Según una tercera etapa 9, el procedimiento evalúa una diversidad geométrica para los diferentes valores de separación  $s'$  preseleccionados.

Según un modo de realización, el procedimiento evalúa una diversidad geométrica para un valor de separación  $s'$  dado, calculando  $\Delta L_{DM}(s')$ , que es una función que cuantifica la diversidad geométrica de las leyes de entrelazado en forma de una dispersión promediada sobre varios valores de  $s$ . Esta función está definida por la relación:

$$\Delta L_{DM}(s') = \text{Median}_k \left\{ \frac{\sum_{j=1}^{N_{sc}^0-1} \left( \frac{\sum_{l=0}^{s'-1} |L(k+j \cdot s') - L(k+l)|}{s'} \right)}{(N_{sc}^0-1)} \right\}$$

siendo  $\text{Median}$  la función que calcula el valor de la mediana del conjunto de los valores obtenidos haciendo variar  $k$  de 0 a  $K/s'-1$ .

El índice  $j$  permite integrar varios subcanales en el cálculo de una dispersión media. Si  $j$  se fija a cero,  $\Delta L_{DM}(s)$  proporciona la dispersión media dentro de un subcanal cualquiera que sea el índice del subcanal. Este parámetro es

proporcionado por:

$$\Delta L_{DM}^{int}(s') = Median_k \left\{ \frac{1}{s'} \sum_{l=0}^{s'-1} |L(k) - L(k+l)| \right\}$$

- 5 Si el índice 1 se fija en cero,  $\Delta L_{DM}$  proporciona la dispersión media entre subcanales considerando la misma posición dentro de cada subcanal. Este parámetro es proporcionado por:

$$\Delta L_{DM}^{sc}(s') = Median_k \left\{ \frac{\sum_{j=1}^{N_{sc}^0} |L(k+j \cdot s') - L(k)|}{N_{sc}^0} \right\}$$

- 10 Según un modo de realización particular, el procedimiento considera cuatro subcanales adyacentes para este cálculo, lo cual limita el valor máximo de j a  $N_{sc}^0 = 4$ . Valores más elevados no permiten tener en cuenta una diversidad de patrón ya que la media no tiene en cuenta la noción de orden de los subcanales. Si j y 1 varían simultáneamente,  $\Delta L_{DM}(s)$  proporciona la dispersión global entre subcanales que integran la dispersión media intrínseca dentro de cada subcanal y la dispersión media entre  $N_{sc}^0 = 4$  subcanales. Todas las posiciones posibles entre subcanales son consideradas para cuantificar una dispersión con diversidad de patrón.

La diversidad geométrica puede ser evaluada de manera equivalente cuantificándola de manera diferente. Por ejemplo, para cada uno de los valores  $s'$  preseleccionados, la evaluación puede limitarse a una comparación entre subcanales de los m primeros símbolos entrelazados, con m minúscula delante de  $s'$ , por ejemplo cuatro, cinco, diez, ..., a la determinación del menor índice de los primeros símbolos entrelazados de cada uno de los subcanales, a tomar como referencia el subcanal que incluye el símbolo entrelazado de menor índice, a sustraer de cada uno de los índices de los símbolos entrelazados considerados de los otros subcanales el valor del menor índice, a determinar las diferencias de índice de los símbolos entrelazados del subcanal de referencia con los índices de los símbolos entrelazados de los otros subcanales para un mismo valor de posición k en un subcanal.

25 Según una cuarta etapa 10, el procedimiento determina el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales seleccionando entre los valores de separación  $s'$  preseleccionados, uno de los valores  $s'$  para el cual la diversidad geométrica es máxima.

30 El valor de  $s'$  seleccionado conduce a una diversidad de patrón de entrelazado entre subcanales. Esta diversidad está asegurada mediante una maximización de la dispersión para  $\Delta L(s=s')$  y una diversidad de patrón geométrico entre varios subcanales adyacentes, o alejados entre sí, por ejemplo a lo sumo tres subcanales, estimada con la ayuda del parámetro  $\Delta L_{DM}(s=s')$ .

35 Esta selección que depende de la ley de entrelazado conduce a una repartición óptima de los subcanales con un orden de diversidad máxima de tiempo-frecuencia de los subcanales. Este orden de diversidad solo depende de la ley de entrelazado L(k) y del tamaño de los subcanales  $N_{SDC}^{(u)} = s'$ .

40 Dos ejemplos de aplicación de un procedimiento según la invención se describen a continuación respecto de las curvas de las figuras 12, 15, 17, 18, 19 y de las curvas de las figuras 22 y 23 obtenidas con un sistema de misión/recepción OFDM que aplica tal procedimiento.

El primer ejemplo se refiere a un sistema SYSa para el cual el entrelazador ETS aplica una ley de entrelazado L(k) de estructura turbo descrita en la solicitud de patente PCT nº 2006072694 previamente mencionada.

- 45 La ley de entrelazado L(k) proporciona la posición del símbolo de salida en posición k en la secuencia de entrada aguas arriba del entrelazado ( $y(k)=x(L(k))$ ).

La ley#1 se escribe como  $L_{TL}(k) = I_{p,q}^{(j)}(k)$ .

- 50 Depende de tres parámetros enteros (p, q, j) que corresponden a la iteración de un algoritmo de base 1 y del tamaño del bloque de entrelazado K.  $L_{TL}(k) = I_{p,q}^{(j)}(k)$  se describe con la siguiente ecuación:

$$L_{TL}(k) = I_{p,q}^{(j)}(k) = \left[ K - p + k + q \cdot p \cdot \left[ -k - p \cdot I_{p,q}^{(j-1)}(k) \right]_K \right]_K$$

$$j = 1 \longrightarrow L_{TL}(k) = I_{p,q}(k) = \left[ K - p + k + q \cdot p \cdot \left[ -k - p \cdot k \right]_K \right]_K$$

$$k = \{0, \dots, K-1\}, j > 0$$

5 La dispersión de un algoritmo de entrelazado L(k) que corresponde a la distancia mínima entre los índices de posición de las muestras entrelazadas separadas de s-1 muestras se expresa con la forma  $\Delta L(s) = \text{Median}|L(k) - L(k+s)|$ , es decir:

$$\Delta L(s) = \text{Min}_k \left\{ |L(k+s) - L(k)|, K - |L(k+s) - L(k)| \right\}$$

$$\Delta L(s) = \text{Mediana} \left\{ |L(k+s) - L(k)| \right\}$$

10 Para el algoritmo TL, la dispersión se calcula de manera algebraica considerando el valor de la mediana de la ecuación (3) cuando todos los valores de k son recorridos de 0 a K-1.

$$L_{TL}(k) = I_{p,q}^{(j)}(k) = \left[ K - p + k + q \cdot p \cdot I_{p,q}^{(j-1)}(k) \right]_K \quad k = \{0, \dots, K-1\}$$

$$L_{TL}(k+s) = I_{p,q}^{(j)}(k+s) = \left[ K - p + k + s + q \cdot p \cdot I_{p,q}^{(j-1)}(k+s) \right]_K$$

$$P_{j,p,q}(k,s) = L_{TL}(k+s) - L_{TL}(k)$$

$$P_{j,p,q}(k,s) = s - \left[ q \cdot p \cdot (s + p \cdot P_{j-1,p,q}(k,s)) \right]_K \quad (j > 1)$$

$$\Delta L_{TL}(s) = \text{Min}_{0 \leq k \leq K-1} \left\{ |P_{j,p,q}(k,s)|, K - |P_{j,p,q}(k,s)| \right\}$$

$$\Delta L_{TL}(s) = \text{Min}_{0 \leq k \leq K-1} \left\{ \left| s - \left[ q \cdot p \cdot (s + p \cdot P_{j-1,p,q}(k,s)) \right]_K \right|, K - \left| s - \left[ q \cdot p \cdot (s + p \cdot P_{j-1,p,q}(k,s)) \right]_K \right| \right\}$$

$$j = 1$$

$$P_{1,p,q}(k,s) = s - \left[ q \cdot p \cdot s \right]_K$$

$$\Delta L_{TL}(s) = \text{Min}_{0 \leq k \leq K-1} \left\{ \left| [s - q \cdot p \cdot s]_K \right|, K - \left| [s - q \cdot p \cdot s]_K \right| \right\}$$

15 La ley de entrelazado se refiere a un bloque de tamaño  $K = N_{SD} = 736$ . Se optimiza con la elección de los parámetros  $\{p', q', j'\} = \{4, 2, 2\}$  que proporcionan una dispersión óptima para los valores de s más bajos.

20 La figura 17 representa la dispersión  $\Delta L(s)$  para diferentes valores de s. Los valores de s submúltiplos de K, que verifican  $[K]_s = 0$ , que presentan una dispersión  $\Delta L(s)$  superior a la media armónica MH de la dispersión calculada sobre K/2 muestras son los valores concebibles para el tamaño de los subcanales  $N_{SD}^{(u)}$ , están rodeados en la

curva de la figura 17. En la figura 17 se representa la media armónica MH (=56) en trazo grueso así como el valor de la mediana ME (=183) en trazo de puntos de la dispersión calculada en K/2 muestras.

5 Las simulaciones en la capa física (PHY) muestran que la media armónica MH es un parámetro más adecuado para seleccionar el tamaño de los subcanales que el valor de la mediana ME para la configuración de sistema considerada. El procedimiento se ilustra de manera más precisa considerando dos valores de s que inducen una dispersión menor (s'=16, 32) y dos valores de s que inducen una dispersión máxima (s'=8, 46).

10 Si  $\Delta L(s)$  es inferior a la media armónica MH, entonces se observan patrones de entrelazado de los símbolos sin diversidad entre subcanales, las similitudes entre patrones entre subcanales son importantes, como se ilustra en las figuras 18 y 12 que corresponden respectivamente a una selección de s'=16, de ahí un número de subcanales  $N_{SC}=46$ , y a una selección s'=32, de ahí un número de subcanales  $N_{SC}=23$ .

15 Si  $\Delta L(s)$  es superior a la media armónica MH, entonces se observan patrones de entrelazado de los símbolos con diversidad entre subcanales, las diferencias entre patrones entre subcanales son importantes, como se ilustra en las figuras 15 y 19 que corresponden respectivamente a una selección de s'=23, de ahí un número de canal  $N_{SC}=32$ , y a una selección de s'=46, de ahí un número de canal  $N_{SC}=16$ .

20 Un tamaño de subcanal  $N_{SDC}$  superior a MH proporciona prestaciones similares equivalentes, mientras que un valor inferior a este umbral MH genera una degradación de las prestaciones ya que genera una variación de las prestaciones en términos de TEB (tasa de error binaria). La tabla 3 en el anexo A proporciona los parámetros de dispersión para los cuatro valores de s' anteriores 16, 23, 32 y 46 para la ley#1.

25 La preselección del valor de s igual a ocho conduce a patrones idénticos entre los subcanales uno y tres. Por consiguiente, el procedimiento puede evaluar la diversidad de patrones de entrelazado no solo entre subcanales adyacentes sino además, entre subcanales separados por un subcanal, incluso separados por más de un subcanal, para eliminar valores preseleccionados s' que cumplen un criterio de amplitud para la dispersión, que cumplen el criterio de diversidad geométrica entre subcanales adyacentes, pero que no cumplen el criterio de diversidad geométrica entre subcanales separados por un subcanal.

30 El segundo ejemplo se refiere a un sistema SYSa para el cual el entrelazador ETS aplica una ley de entrelazado RP deducida del algoritmo de Crozier descrito en el artículo de Crozier S et al.: "High-performance low-memory interleaver banks for turbo-codes" IEEE VTC FALL 2001 vol. I de 4 conf. 54 7/10/01, páginas 2394 a 2398, XP010562400, ISBN:0-7803-7005-8.

35 La ley de Crozier es tal que el parámetro  $p_c$  es el parámetro que proporciona la dispersión para s=1 de la ley de entrelazado designada en el presente documento como ley de atribución de portadora. El patrón de repartición es tal que la dispersión máxima depende explícitamente de los valores de s.

40 La ley de entrelazado  $L_{RP}(k)$  es proporcionada por

$$L_{RP}(k) = [s_c + k \cdot p_c]_K \quad k = \{0, \dots, K-1\}$$

$$|L_{RP}(k+1) - L_{RP}(k)| = p_c$$

45 La operación  $[X]_K$  corresponde a la operación de módulo K aplicada sobre X, es decir:

$$[X]_K = X - E\left(\frac{X}{K}\right) \cdot K$$

50 La dispersión  $\Delta L_{RP}(s)$  es proporcionada por:

$$L_{RP}(k) = [s_c + k \cdot p_c]_K \quad k = \{0, \dots, K-1\}$$

$$|L_{RP}(k+s) - L_{RP}(k)| = |[p_c \cdot s]_K|$$

$$55 \quad \Delta L_{RP}(s) = \text{Min} \left\{ |[p_c \cdot s]_K|, K - |[p_c \cdot s]_K| \right\}$$

La tabla 4 en el anexo A proporciona los valores de los parámetros de dispersión para la ley#2:

• La dispersión  $\Delta L_{RP}(s)$  para los valores relevantes de  $s=N_{SDC}$ .

5 • La dispersión media intra-subcanal  $\Delta L_{DM}^{int}(N_{sbc})$  corresponde a la media de la dispersión calculada sobre los valores de  $s$  que varía de 0 a  $N_{SDC}-1$ .

• La dispersión media inter-canal  $\Delta L_{DM}^{sc}(N_{sbc})$  que corresponde a la dispersión entre 4 subcanales para un mismo índice de posición entre canales.

10 • La dispersión de diversidad geométrica tal como se ha descrito anteriormente.

La dispersión  $\Delta L_{RP}(s)$  se representa en las figuras 20 y 21. El valor de  $s=23$  es el valor elegido como tamaño de canal que proporciona una dispersión adecuada entre subcanales.

15 Un procedimiento según la invención puede implementarse por diferentes medios. Por ejemplo, el procedimiento puede implementarse en forma de cableado (hardware), en forma de software, o por una combinación de ambos.

20 Para una implementación cableada, el módulo de asignación para ejecutar las diferentes etapas en el emisor puede integrarse en uno o varios circuitos integrados específicos (ASIC), en procesadores de señales (DSP, DSPD), en circuitos lógicos programables (PDL, FPGA), en controladores, microcontroladores, microprocesadores o cualquier otro componente electrónico concebido para ejecutar las etapas del procedimiento previamente descrito. Lo mismo ocurre con los diferentes módulos del emisor, en particular el modulador, el entrelazador frecuencial y el modulador multiportadora.

25 Para una implementación en software, algunas o todas las etapas de un procedimiento de asignación pueden ser implementadas por módulos que ejecutan las etapas previamente descritas. El código de software puede estar almacenado en una memoria y ser ejecutado por un procesador. La memoria puede formar parte del procesador o ser externa al procesador y estar acoplada a este último por medios conocidos por el experto en la técnica.

30 En consecuencia, la invención tiene también por objeto un programa de ordenador, especialmente un programa de ordenador sobre o en un soporte de información o memoria, adaptado para aplicar la invención. Este programa puede utilizar cualquier lenguaje de programación y estar en forma de código fuente, código objeto o código intermedio entre código fuente y código objeto, tal como en una forma parcialmente compilada o en cualquier otra forma deseable para implementar un procedimiento según la invención.

35 El soporte de información puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de almacenar el programa. Por ejemplo, el soporte puede incluir un medio de almacenamiento, tal como una ROM, por ejemplo un CD ROM o una ROM de circuito microelectrónico, una EEPROM, una RAM o también un medio de grabación magnético, por ejemplo un disquete (disco flexible) o un disco duro. Alternativamente, el soporte e información puede ser un circuito integrado en el que el programa está incorporado, estando el circuito adaptado para ejecutar o para ser utilizado en la ejecución del procedimiento en cuestión.

40 Asimismo, el soporte de información puede ser un soporte transmisible tal como una señal eléctrica u óptica, que puede ser transportada por un cable eléctrico u óptico, por radio o por otros medios. El programa según la invención puede descargarse, en particular, de una red de tipo Internet.

50 Según una implementación preferida, las etapas del procedimiento de asignación están determinadas por las instrucciones de un programa de emisión incorporado en un circuito electrónico, tal como un chip, pudiendo estar dispuesto el mismo en un dispositivo electrónico tal como un emisor de una estación base, cualquier equipo de una red inalámbrica o una estación capaz de comunicarse con una red inalámbrica a través de una estación base (tal como un terminal móvil). El procedimiento de asignación según la invención también puede aplicarse cuando este programa se carga en un órgano de cálculo tal como un procesador o equivalente cuyo funcionamiento es entonces controlado por la ejecución del programa.

55 **Anexo A**

Tabla 1

DL FUSC Wimax					
Tamaño FFT	N <sub>SD</sub>	N <sub>used</sub>	N <sub>sc</sub>	N <sub>sbc</sub>	Permutación DL-Perm_base
2048	1536		32	48	3,18, 2, 8, 16, 10, 11, 15, 26, 22, 6, 9, 27, 20, 25, 1, 29,7, 21. 5, 28, 31, 23, 17, 4, 24, 0, 13, 12, 19, 14, 30

# ES 2 453 071 T3

1024	768	851	16	48	6, 14, 2, 3, 10, 8, 11, 15, 9, 1, 13, 12, 5, 7, 4, 0
512	384	427	8	48	2,0,1,6,4,3,5,7
128	96	107	2	48	1,0

Tabla 2

DL PUSC Wimax						
Tamaño FFT	N <sub>SD</sub>	Nused (con pilotos + portadora DC)	N <sub>SC</sub>	N <sub>SDC</sub>	Nagrupaciones	símbolos/agrupación
2048	1440	1681	60	24	120	14
512	360	421	15	24	30	14

Tabla 3

s'	N <sub>sc</sub>	$\Delta L(s=s')$	$\Delta L_{DM}^{int}(s')$	$\Delta L_{DM}^{s''}(s')$	$\Delta L_{\Delta M}(s')$
46	16	322	187	207	186
16	46	16	184	40	178
32	23	32	184	80	181
23	32	161	177	207	186

5

Tabla 4

s'	N <sub>sc</sub>	$\Delta L(s=s')$	$\Delta L_{DM}^{int}(s')$	$\Delta L_{DM}^{s''}(s')$	$\Delta L_{\Delta M}(s')$
46	16	46	183,5	115	182,5
16	46	16	183,5	40	181,6
32	23	32	183,5	80	183
23	32	345	176,45	195,5	183,5

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento (1) para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados por bloque de  $K$  símbolos, en subcanales (SC) de tamaño igual a  $N_{SDC}$  portadoras consecutivas repartidos en uno o varios símbolos multiportadora, siendo  $N_{SDC}$  submúltiplo de  $K$ , caracterizado porque el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales está determinado (6) en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales.
- 10 2. Procedimiento (1) de asignación en la entrada de un modulador multiportadora según la reivindicación 1, en el que la diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales es evaluada para grupos de subcanales separados entre sí a lo sumo por un subcanal.
- 15 3. Procedimiento (1) de asignación en la entrada de un modulador multiportadora según la reivindicación 2, en el que los grupos están compuestos por parejas de subcanales adyacentes.
- 20 4. Procedimiento (1) de asignación en la entrada de un modulador multiportadora según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende:
- una primera etapa (7) de cálculo de una función de dispersión  $\Delta L(s)$  que representa la distancia mínima entre los símbolos de entrada ( $X(L(k))$ ) en función de la separación  $s$  entre símbolos entrelazados ( $Y(k+s), Y(k)$ ), para una ley de entrelazado dada ( $L(k)$ ),
  - una segunda etapa (8) de preselección de valores de separación  $s'$ , submúltiplo de  $K$ , para los cuales los valores de dispersión cumplen un criterio de amplitud,
  - una tercera etapa (9) de evaluación de una diversidad geométrica entre subcanales para los diferentes valores de separación preseleccionados  $s'$ , determinándose el tamaño  $N_{SDC}$  de los subcanales (10) igual a uno de los valores de separación preseleccionados  $s'$  para los cuales la diversidad geométrica es máxima.
- 30 5. Procedimiento (1) de asignación en la entrada de un modulador multiportadora según una de las reivindicaciones anteriores, en el que  $K$  es igual al tamaño de un símbolo multiportadora.
- 35 6. Procedimiento (1) de asignación en la entrada de un modulador multiportadora según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que  $K$  es múltiplo del tamaño de un símbolo multiportadora.
- 40 7. Módulo (MTa) adaptado para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados por bloque de  $K$  símbolos en subcanales (SC) de tamaño igual a  $N_{SDC}$  portadoras consecutivas repartidos en uno o varios símbolos multiportadora, siendo  $N_{SDC}$  submúltiplo de  $K$ , caracterizado porque el módulo está adaptado además para determinar un tamaño de los subcanales en función de una diversidad de patrones de entrelazado de los símbolos entre subcanales.
- 45 8. Emisor (EMa) de una señal multiportadora que comprende, entre un modulador (CBS) que genera símbolos de datos y un modulador (OFDM) multiportadora que genera símbolos multiportadora, un entrelazador (ETS) de un bloque de  $K$  símbolos de datos, adaptado por el hecho de que comprende un módulo (MTa) de asignación según la reivindicación 7.
- 50 9. Sistema (SYSa) de transmisión de una señal multiportadora que comprende un emisor (EMa) y un receptor (REa), adaptado por el hecho de que el emisor es según la reivindicación 8.
- 55 10. Medio de información que incluye instrucciones de programa adaptadas a la aplicación de un procedimiento (1) para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados por bloque de  $K$  símbolos según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, cuando dicho programa se carga y ejecuta en un dispositivo de emisión de una señal multiportadora.
11. Un producto de programa de ordenador que puede cargarse directamente en la memoria interna de un dispositivo de emisión de una señal multiportadora, que comprende partes de código de software para la ejecución de las etapas de un procedimiento (1) para asignar en la entrada de un modulador multiportadora símbolos de datos entrelazados por bloque de  $K$  símbolos según una de las reivindicaciones 1 a 6, cuando el programa es ejecutado por el dispositivo de emisión de una señal multiportadora.

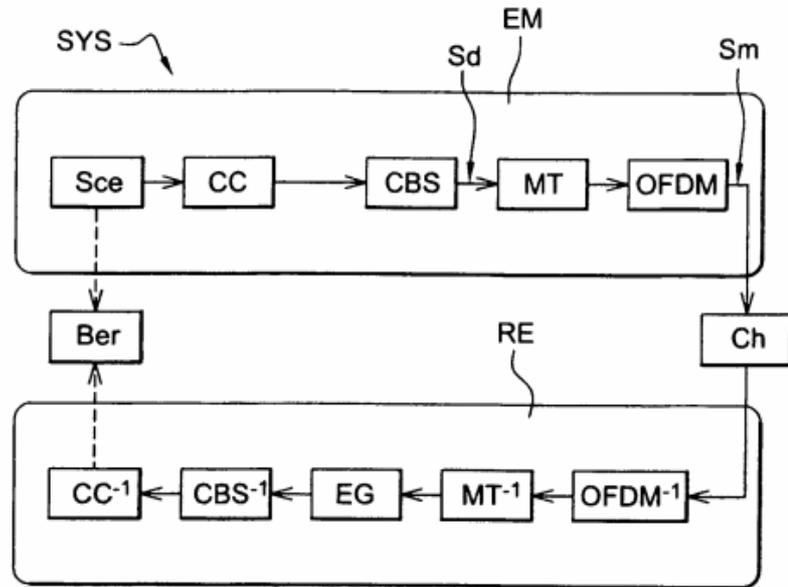


Fig. 1

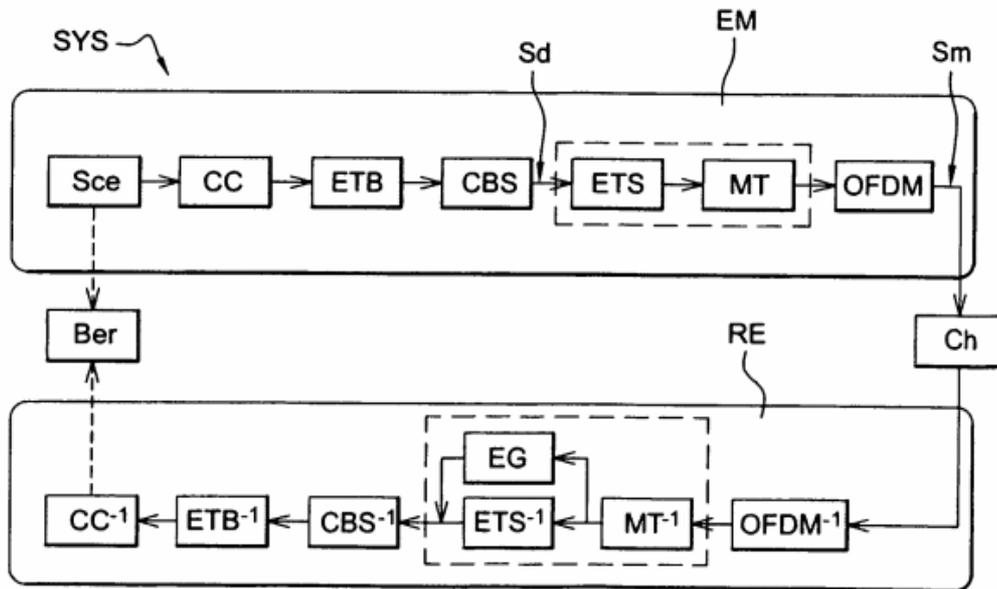


Fig. 2

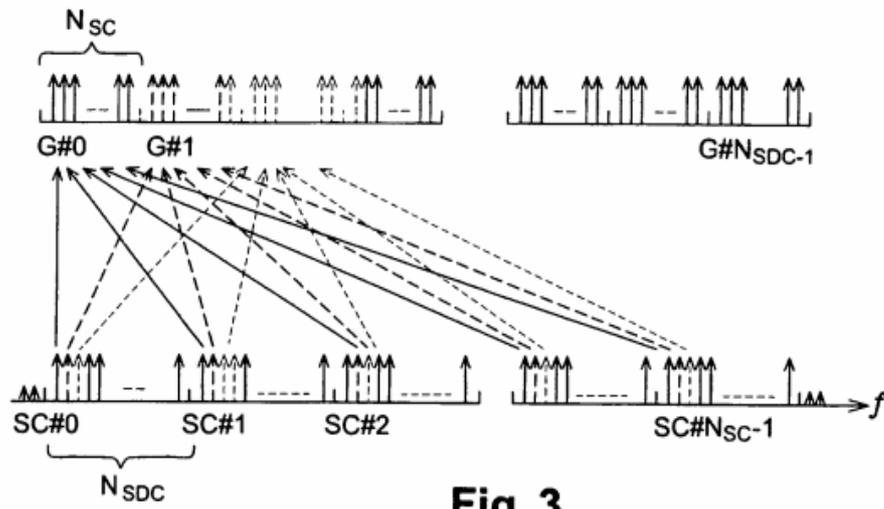


Fig. 3

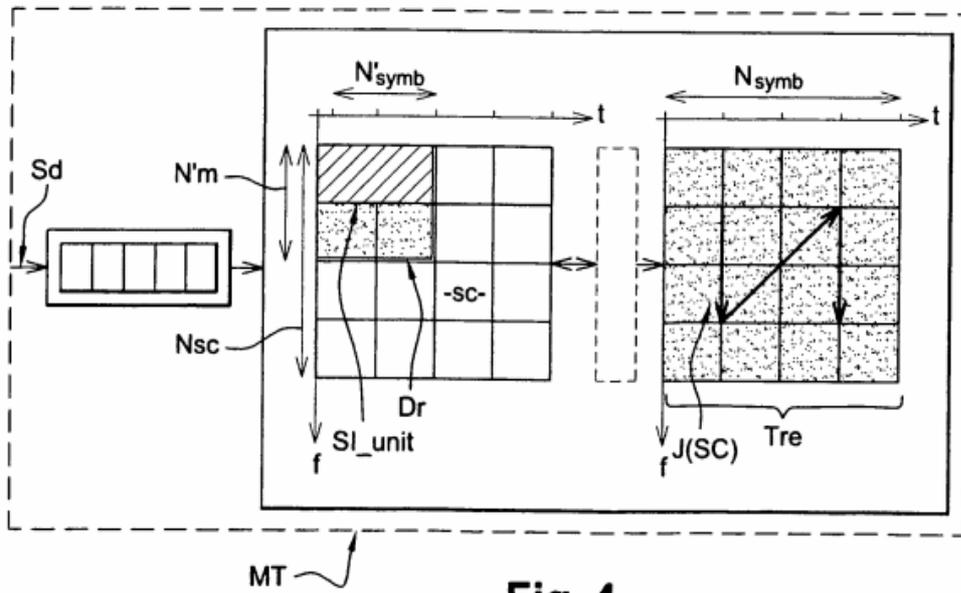


Fig. 4

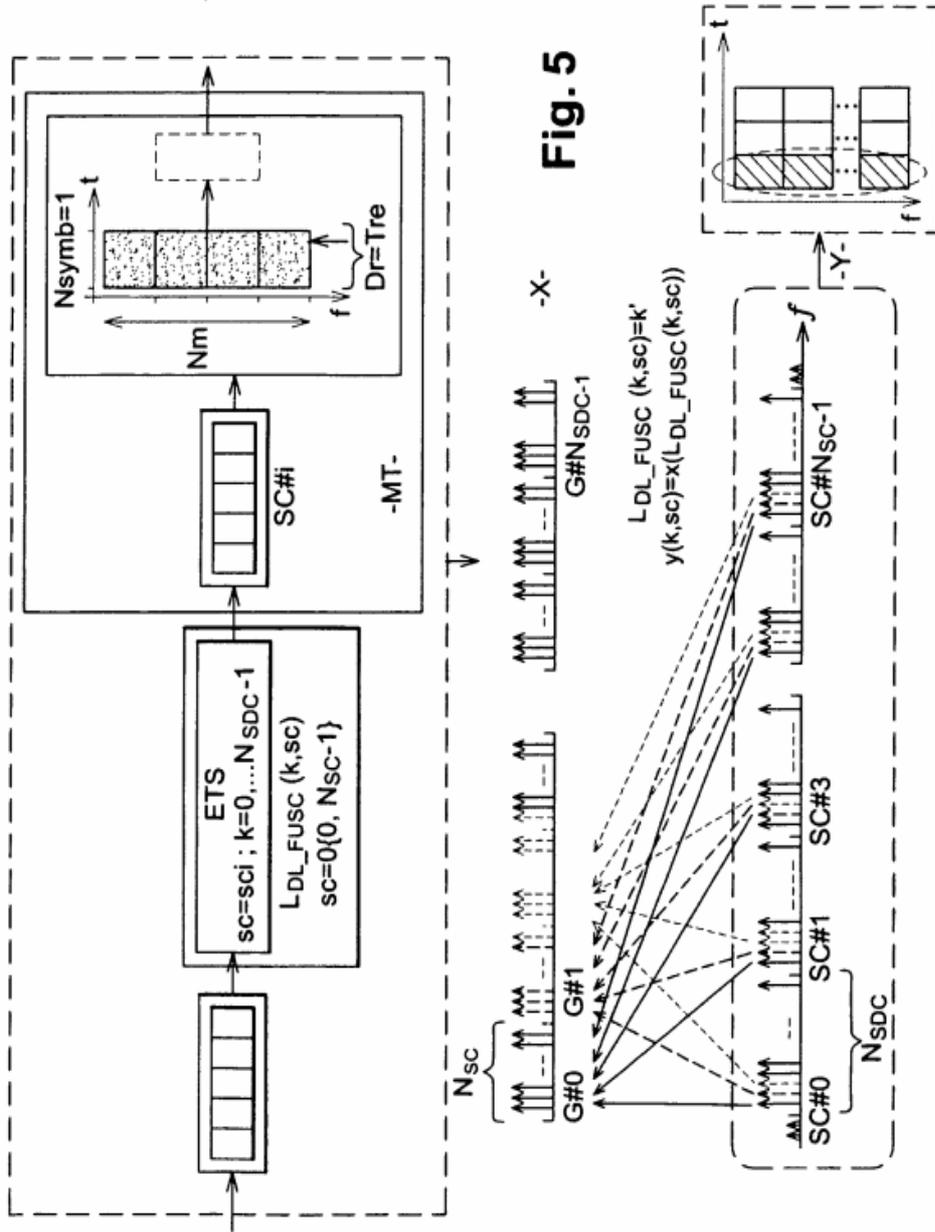


Fig. 5

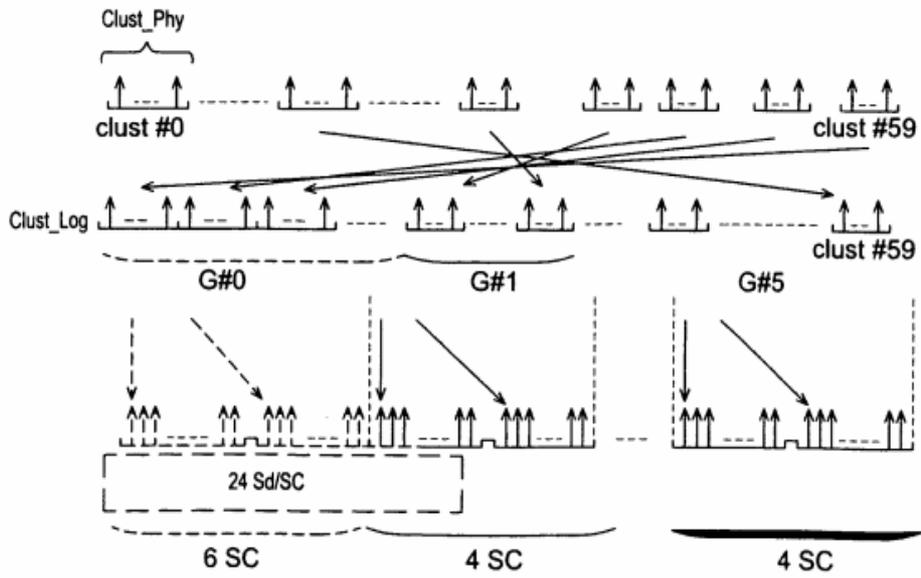
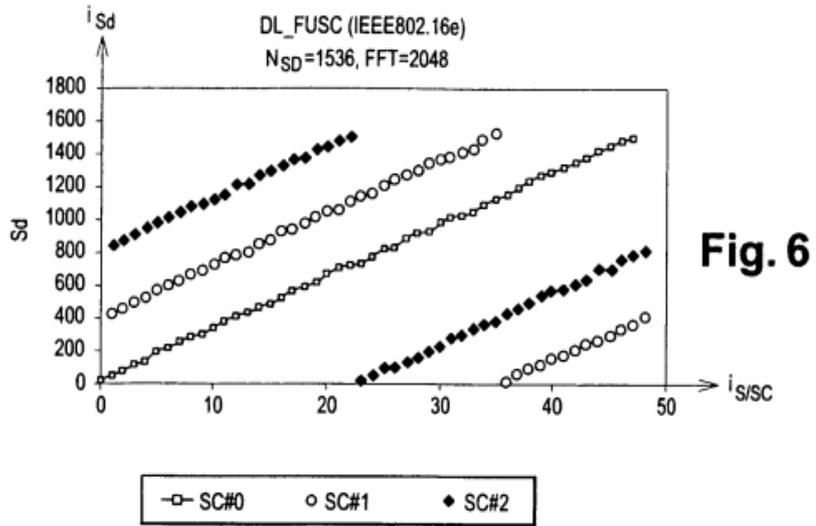
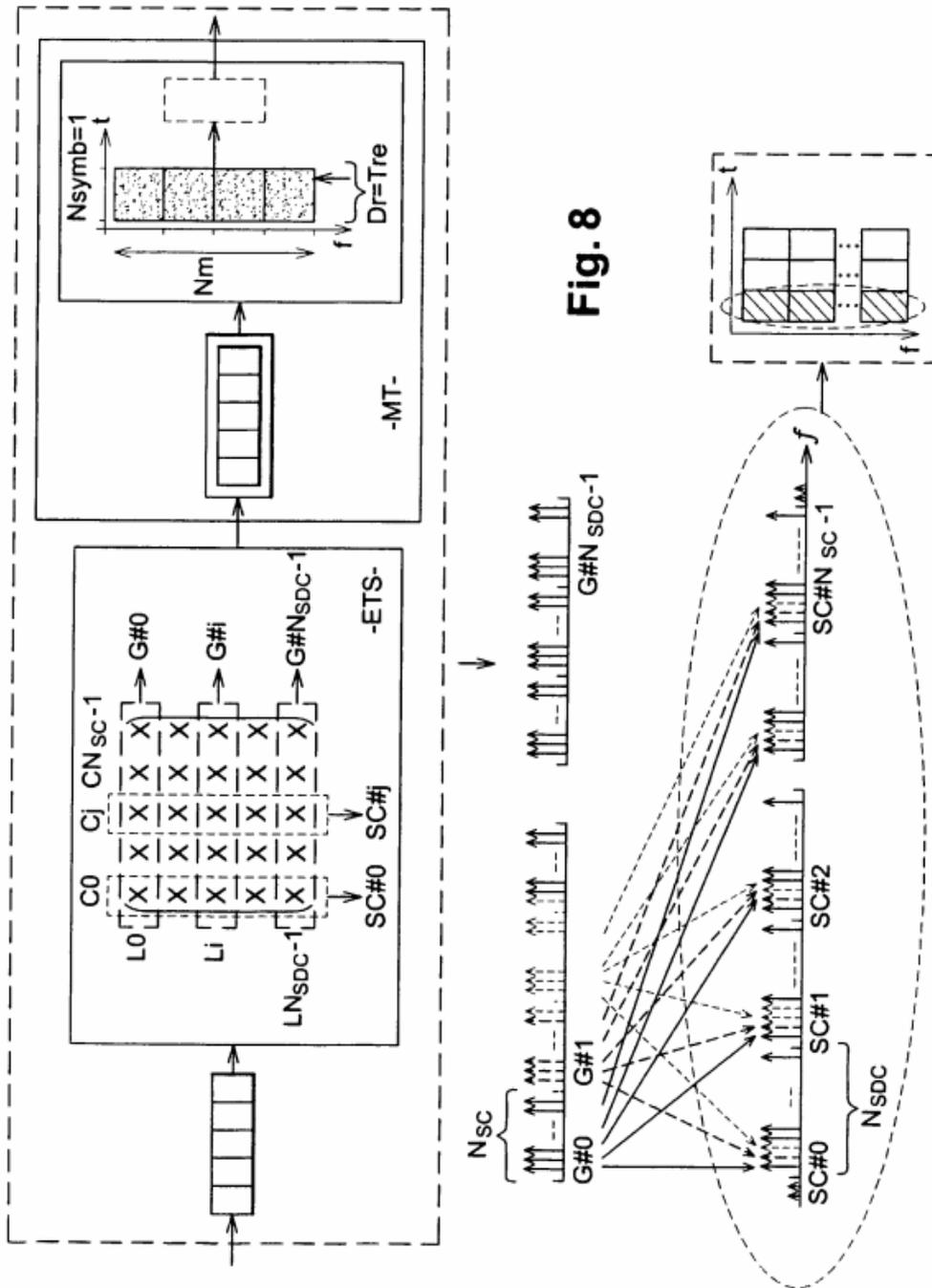


Fig. 7



**Fig. 8**

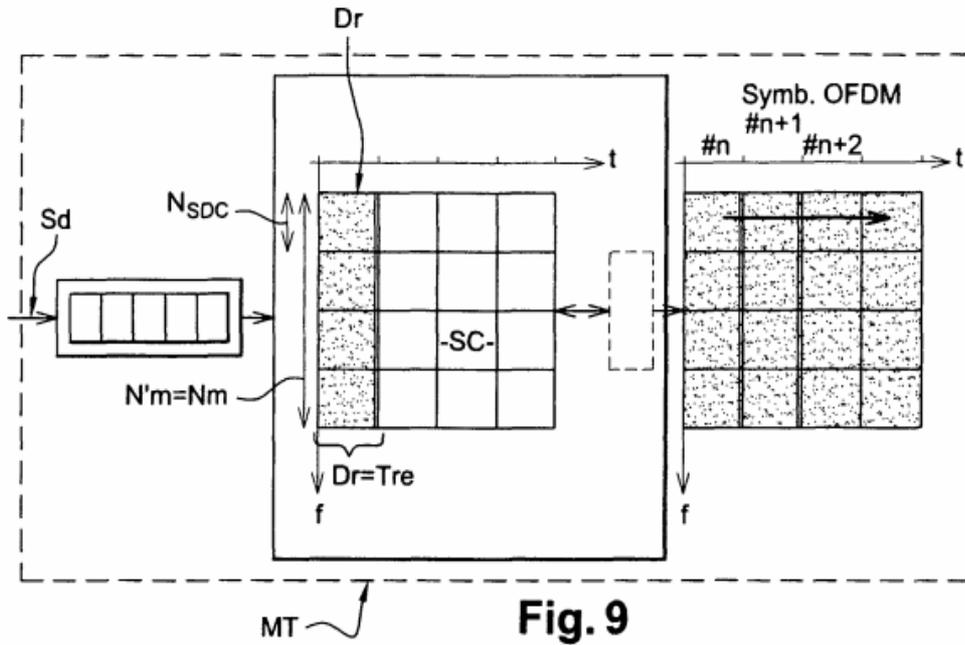


Fig. 9

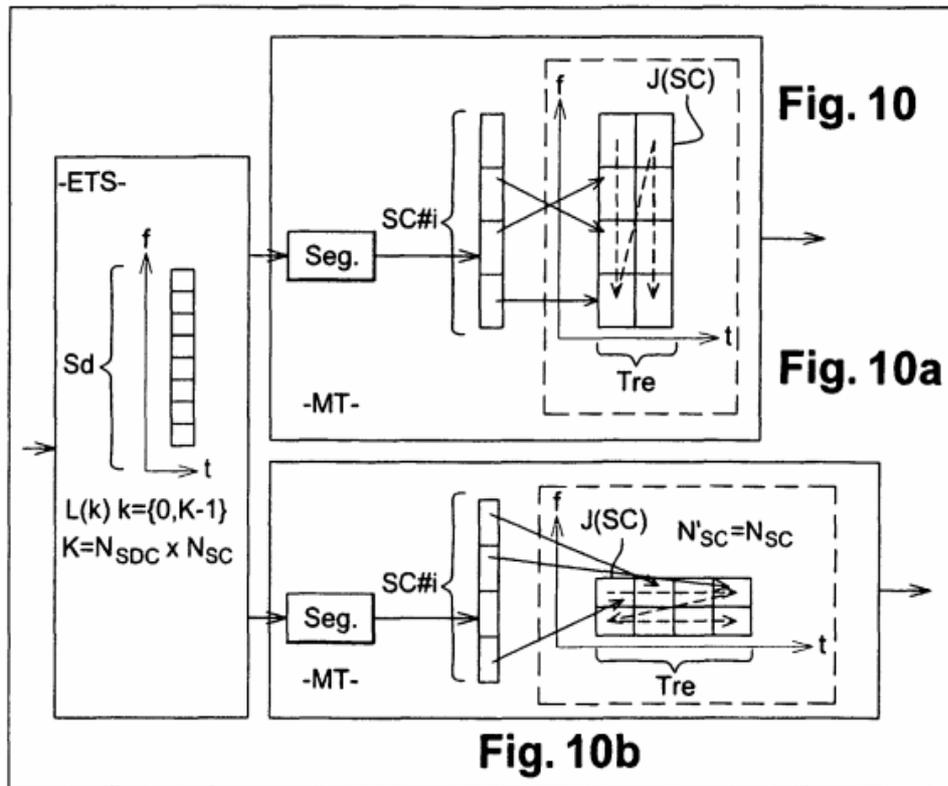


Fig. 10b

Fig. 10

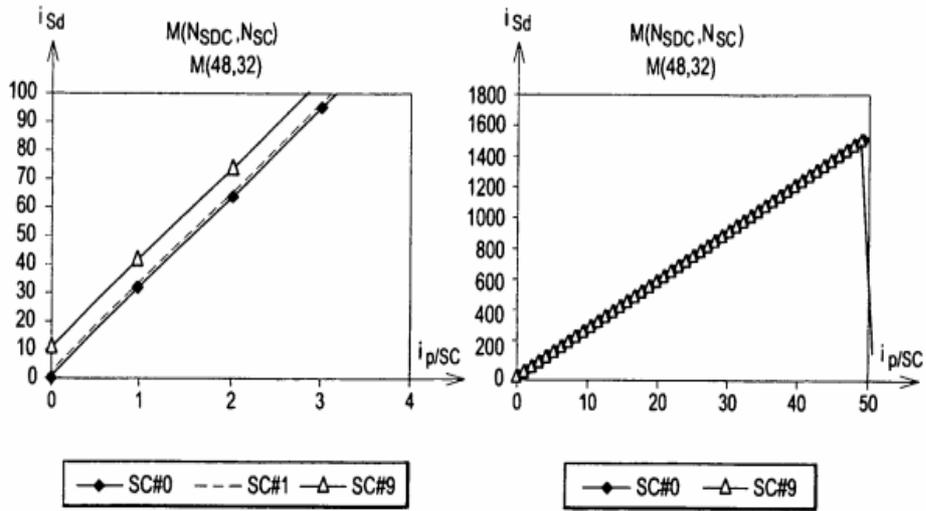


Fig. 11a

Fig. 11b

Fig. 11

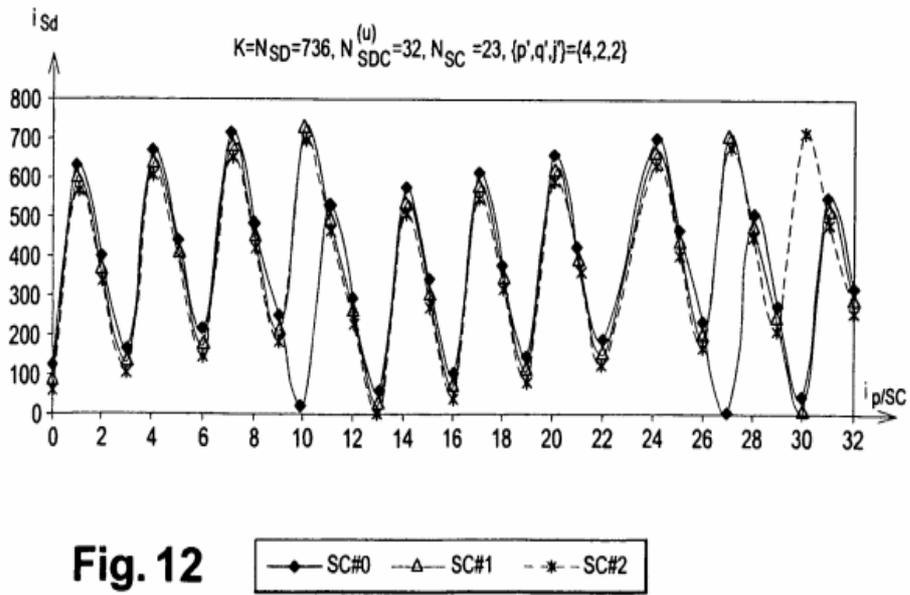
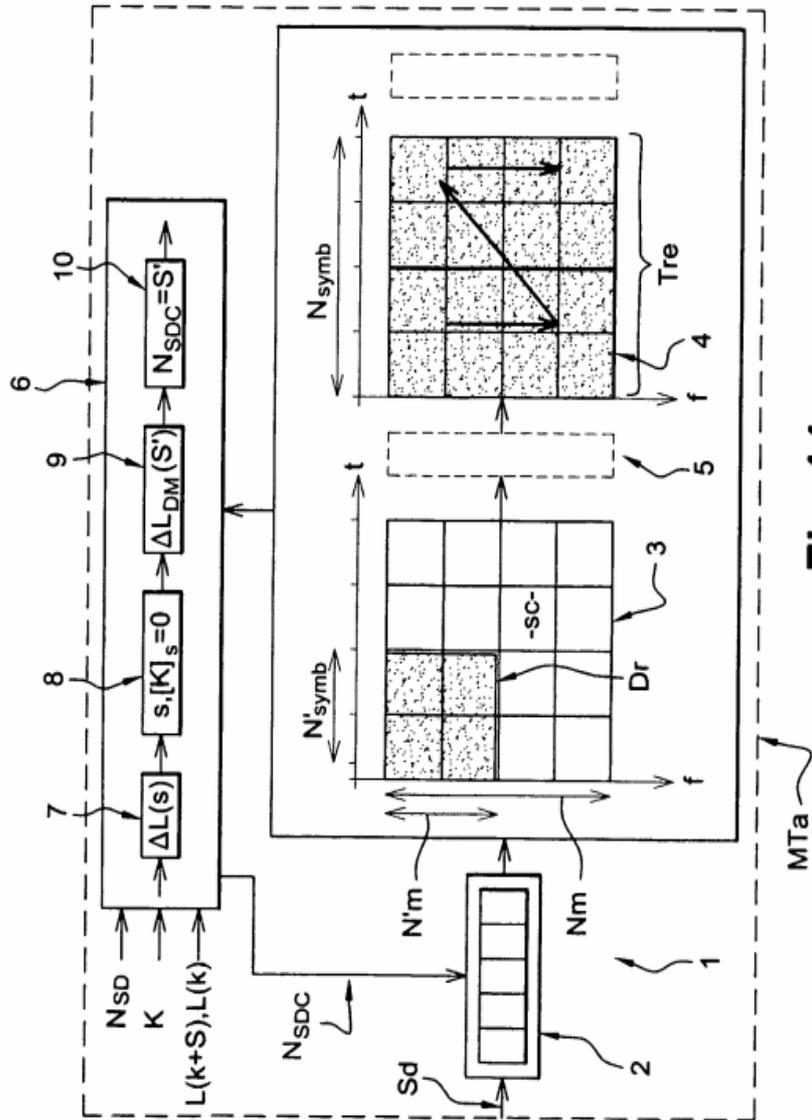


Fig. 12



**Fig. 14**

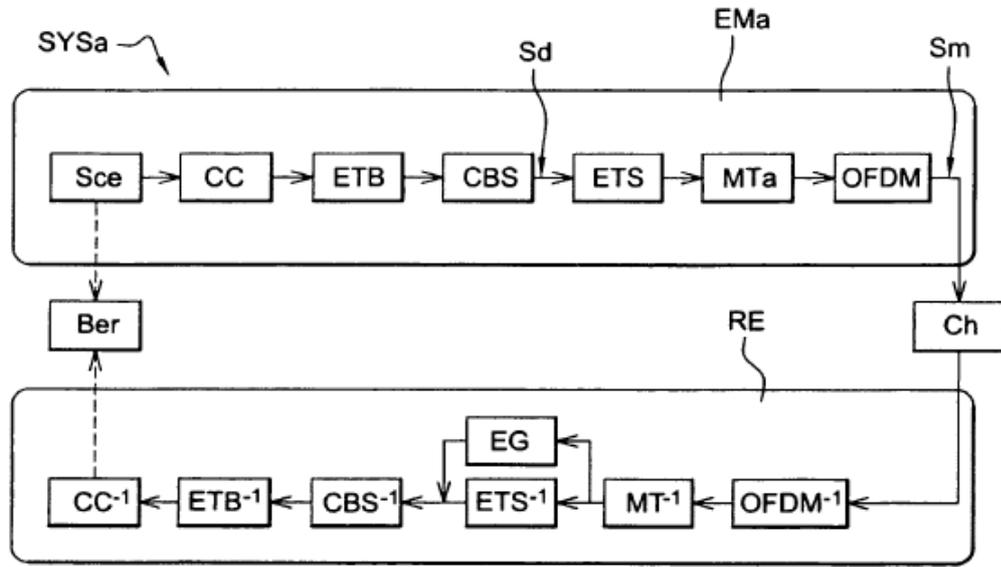


Fig. 13

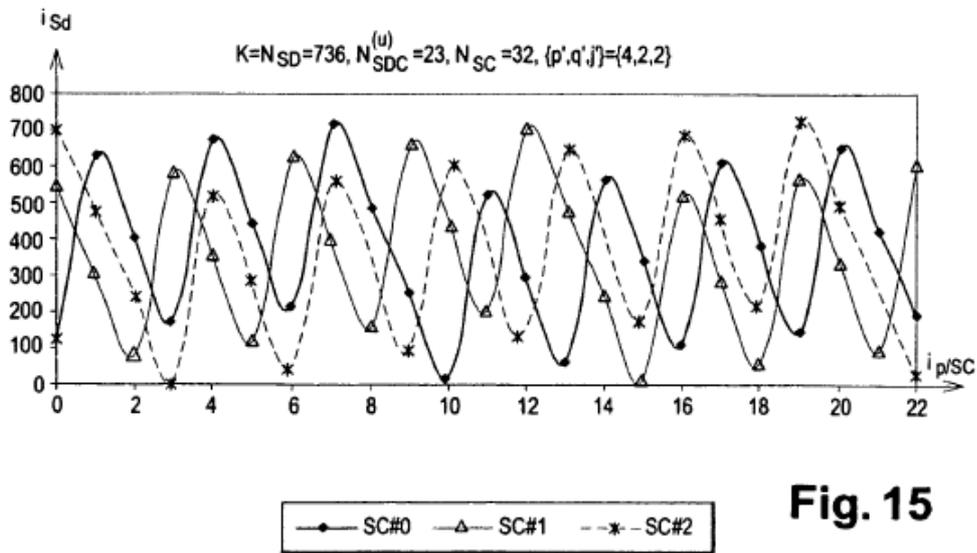
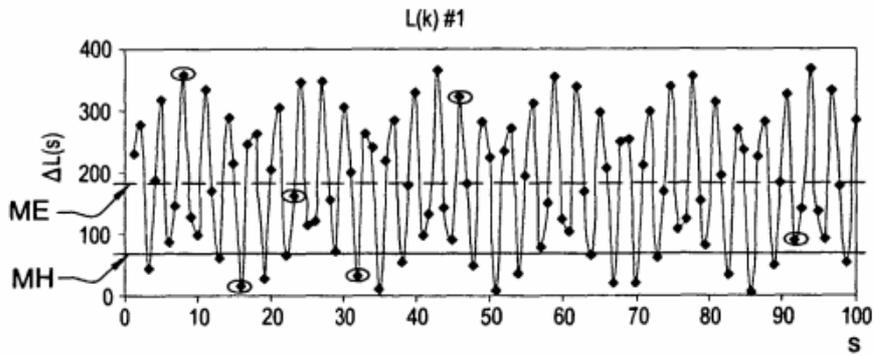
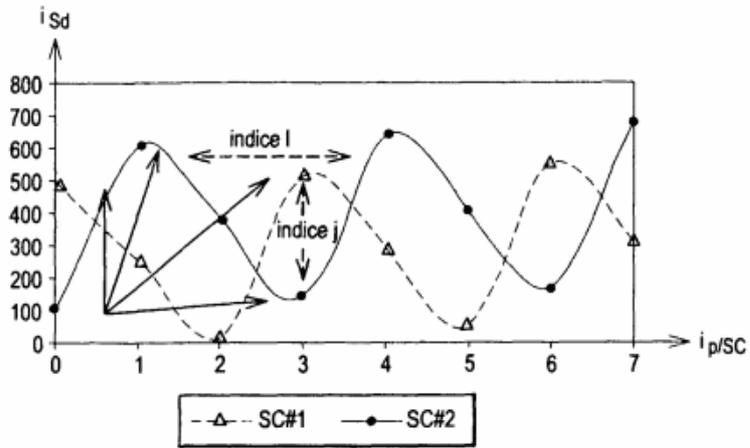
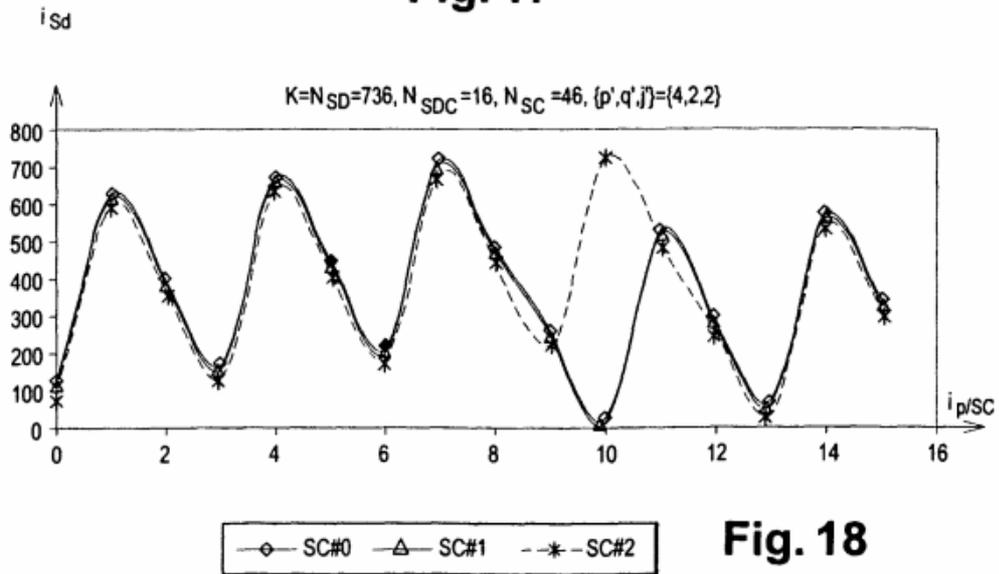


Fig. 15

**Fig. 16**



**Fig. 17**



**Fig. 18**

