

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 484**

51 Int. Cl.:

H04L 27/26 (2006.01)

H04B 7/26 (2006.01)

H04J 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.07.2006 PCT/KR2006/002784**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.01.2007 WO07011138**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.07.2006 E 06769286 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.10.2016 EP 1908242**

54 Título: **Procedimiento y aparato de transmisión de símbolos piloto en un sistema de comunicación inalámbrica**

30 Prioridad:

15.07.2005 KR 20050064427

11.11.2005 KR 20050108039

14.03.2006 US 782547 P

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

20.04.2017

73 Titular/es:

**LG ELECTRONICS INC. (100.0%)
128, Yeoui-daero, Yeongdeungpo-gu
Seoul 07336, KR**

72 Inventor/es:

**IHM, BIN CHUL;
KIM, JAE WAN;
JUNG, JIN HYUK;
CHANG, JAE WON;
LEE, WOOK BONG;
CHUN, JIN YOUNG y
LEE, MOON IL**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 609 484 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 aparato de transmisión de símbolos piloto en un sistema de comunicación inalámbrica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un sistema de comunicación inalámbrica, y más particularmente, a un aparato para transmitir símbolos piloto en un sistema de comunicación de múltiple portadora de MIMO y un procedimiento del mismo.

Antecedentes de la técnica

10 El documento EP 1 185 048 A2 desvela un sistema, que puede transferir datos eficazmente desde un transmisor a un receptor en múltiples canales. Se proporciona un preámbulo que se inserta en una única trama que corresponde a una respectiva antena transmisora. En particular, una porción de preámbulo de una señal de datos está configurada para una transmisión a través de una pluralidad de subportadoras mediante al menos dos antenas de un dispositivo transmisor, en el que cada una de la pluralidad de subportadoras se asigna a una respectiva de las al menos dos antenas.

15 El documento US 6 519 237 B está relacionado con operaciones de búsqueda/correlación para sistemas de CDMA entre una secuencia de pseudo-ruido (PN) piloto interna y unas secuencias de PN piloto entrantes.

20 En general, OFDM (multiplexación ortogonal por división de frecuencia) usa modulación de múltiple subportadora. Un sistema de transmisión de división de frecuencia ortogonal usa un CP (prefijo cíclico) anexo a una parte frontal de un símbolo de OFDM copiando una señal de una parte final del símbolo de OFDM para compensar la multi-trayectoria al transmitir una señal. Debido a esta característica, el sistema de transmisión de división de frecuencia ortogonal tiene rendimiento excelente en un entorno de recepción de multi-trayectoria y en movimiento para que se destaque como un sistema de transmisión de comunicación móvil de alta velocidad.

25 En un entorno de sistema de comunicación inalámbrica, el desvanecimiento multi-trayectoria tiene lugar debido a la duración multi-trayectoria. Un procedimiento en que un lado de recepción recupera una señal de transmisión compensando la distorsión de señal generada a partir de una variación rápida del entorno atribuida a desvanecimiento se denomina una estimación de canal. Y, se usa un símbolo piloto conocido entre los lados de transmisión y recepción para la estimación de canal en general.

30 En un sistema de comunicación inalámbrica que usa una transmisión de división de frecuencia ortogonal, existe un procedimiento de asignación de símbolos de entrenamiento a todas las subportadoras y un procedimiento de asignación de símbolos de entrenamiento entre subportadoras de datos. El procedimiento de asignación de símbolos de entrenamiento a todas las subportadoras corresponde a un procedimiento de asignación de símbolos piloto a través de todas las subportadoras sin asignación de datos como un caso de preámbulo o parte intermedia. Y, el procedimiento de asignación de símbolos de entrenamiento entre subportadoras de datos corresponde a un procedimiento de asignación de un símbolo piloto a una subportadora entre subportadoras que tiene datos asignados a la misma.

35 El procedimiento de asignación de símbolos piloto entre subportadoras de datos puede aumentar una cantidad de transmisión de datos pero reduce la densidad de símbolos piloto, en el cual tiene lugar una degradación de la eficacia de la estimación de canal. En un procedimiento de transmisión de única entrada/salida, se usa para estimación de canal un preámbulo o parte intermedia, que se conoce tanto para un lado de transmisión como un lado de recepción y tiene alta densidad de símbolos piloto en general.

40 Un lado de recepción, que conoce información de símbolo piloto, puede estimar un canal analizando una señal recibida y también puede estimar con precisión datos enviados desde un lado de transmisión compensando un valor de canal estimado.

45 En particular, suponiendo que un símbolo piloto enviado desde un transmisor, la información de canal experimenta por un símbolo piloto en la transmisión, un ruido térmico generado desde un receptor y una señal recibida por el receptor, son P , h , n e y , respectivamente, 'y' puede expresarse mediante la Fórmula 1.

[Fórmula 1]

$$y = h \cdot p + n$$

En este caso, el símbolo piloto P ya se conoce por el receptor. Por lo que, la información de canal (\hat{h}) puede estimarse de acuerdo con la Fórmula 2.

[Fórmula 2]

$$\hat{h} = y / p = h + n / p = h + \hat{n}$$

En este caso, la precisión de un valor de estimación de canal \hat{h} que estimó el símbolo piloto P depende de un valor de \hat{n} . Para una estimación de un valor preciso de \hat{h} , \hat{n} necesita converger en 0. Para esto, la influencia de \hat{n} tiene que minimizarse estimando un canal usando un número de símbolos piloto.

5 En un preámbulo usado por el sistema de OFDMA del IEEE 802.16, uno de 128, 512, 1024 y 2048 se selecciona para que se use como el número de subportadoras de una frecuencia. Las porciones de ambos lados de las subportadoras se usan como un intervalo de guarda y el resto de las áreas se usan para un símbolo piloto por tres subportadoras como sigue. La Figura 1 es un diagrama de un ejemplo de asignación de un símbolo piloto por tres subportadoras.

10
$$\text{Conjunto_Portadora_Preámbulo}_n = n + 3 \cdot k$$

Conjunto_Portadora_Preámbulo_n: todas las subportadoras asignadas a un prefijo específico

n: número 0...2 de conjuntos de portadoras de símbolo de prefijo indexado

k: índices consecutivos 0...283 de subportadoras de prefijo

Segmento 0: conjunto de portadoras de prefijo 0 usado (*Conjunto_Portadora_Preámbulo₀*)

15 Segmento 1: conjunto de portadoras de prefijo 1 usado (*Conjunto_Portadora_Preámbulo₁*)

Segmento 2: conjunto de portadoras de prefijo 2 usado (*Conjunto_Portadora_Preámbulo₂*)

20 Las series de PN usables como símbolos piloto se enumeran en la Tabla 1. Las series de PN a usarse dependen de un número de segmento y un valor de parámetro ID de célula. Cada una de las series de PN definidas se mapea a una subportadora en una secuencia de una serie ascendente. En la Tabla 1, una serie de PN se representa por un sistema de progresión en 16. Para obtener un valor de código de PN correspondiente, una serie de progresión en 16 se convierte a una serie binaria W_k y W_k se mapea a continuación de MSB a LSB. (0 se mapea a +1 y 1 se mapea a -1. Por ejemplo, puesto que W_k es 110000010010... en un segmento de orden 0 que tiene un índice 0, un valor de código de PN convertido es -1 -1 +1 +1 +1 +1 +1 -1 +1 +1 -1 +1 ...)

[Tabla 1]

Índice	ID de célula	Segment	Series moduladas (sistema de progresión en 16)
0	0	0	A6F294537B285E1844677D133E4D53CCB1F 182DE00489E53E6B6E77065C7EE7D0ADBEAF
1	1	0	668321CBBE7F462E6C2A07E8BBDA2C7F7946 D5F69E35AC8ACF7D64AB4A33C467001F3B2
2	2	0	1C75D30B2DF72CEC9117A0BD8EAF8E050246 1FC07456AC906ADE03E9BSABSE1D3F98C6E

25 Un símbolo piloto es una señal usada para realizar sincronización de tiempo o de frecuencia entre al menos dos o más sistemas en comunicaciones inalámbricas y para estimar un canal de tiempo variable. En caso del sistema IEEE 802.16, un símbolo piloto está dispuesto para tener una señal de una estructura simétrica en un dominio de tiempo para sincronizar una temporización de transmisión. Sin embargo, el procedimiento de transmisión de símbolo piloto de la técnica relacionada tiene un problema en que un lado de recepción tiene dificultad en la recuperación cuando se transmite un mismo símbolo piloto por una antena de transmisión en un sistema un sistema de múltiple entrada-salida.

30 En concreto, en un sistema de comunicación inalámbrica de la técnica relacionada de acuerdo con transmisión de división de frecuencia ortogonal de única entrada/salida, un símbolo piloto se utiliza para una estimación de canal transmitiendo el símbolo piloto. Además, en una transmisión de división de frecuencia ortogonal de única entrada/salida, un símbolo piloto es difícil que se use si se transmite por antena. En particular, en caso de que los símbolos piloto se transmitan simultáneamente desde las antenas, respectivamente, existe interferencia entre símbolos piloto transmitidos. Por lo que, es imposible que un receptor realice estimación de canal independientemente en una trayectoria de canal en un extremo de transmisión/recepción. Las señales de diferentes antenas de transmisión funcionan como componentes de ruido para degradar el rendimiento de una unidad de

sincronización en la estimación de canal, detección de señal, estimación de desplazamiento de frecuencia y similares.

Divulgación de la invención

5 Por consiguiente, la presente invención se refiere a un aparato para transmitir símbolos piloto en un sistema de comunicación de múltiple portadora de MIMO y procedimiento del mismo que evita sustancialmente uno o más de los problemas debido a limitaciones y desventajas de la técnica relacionada.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un aparato para transmitir símbolos piloto en un sistema de comunicación inalámbrica de multiplexación de múltiple entrada/salida y procedimiento del mismo.

10 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento de generación de una pluralidad de secuencias de símbolos piloto en un sistema de comunicación inalámbrica de multiplexación de múltiple entrada/salida, mediante el que se realizan las transmisiones de manera diferente a través de una pluralidad de antenas de transmisión, respectivamente.

Los objetos se consiguen mediante la materia objeto de las reivindicaciones independientes.

15 Para conseguir estas y otras ventajas y de acuerdo con el fin de la presente invención, en un sistema de comunicación que realiza comunicaciones usando una pluralidad de antenas y múltiples portadoras, un procedimiento de transmisión de símbolos piloto de acuerdo con la reivindicación 1 de la presente invención incluye las etapas de generar una pluralidad de secuencias de símbolos piloto basándose en una secuencia de código básica, procesar datos de la pluralidad de secuencias de símbolos piloto asignando cada una de una pluralidad de las secuencias de símbolos piloto a las múltiples portadoras, y transmitir cada una de la pluralidad de secuencias de
20 símbolos piloto de datos procesados mediante una correspondiente de la pluralidad de antenas.

25 En otro aspecto de la presente invención, en un sistema de comunicación que realiza comunicaciones usando una pluralidad de antenas y múltiples portadoras, un aparato para transmitir datos de acuerdo con la reivindicación 18, incluye un módulo de asignación de subportadora que asigna cada una de una pluralidad de secuencias de símbolos piloto generadas basándose en una secuencia de código básica a las múltiples portadoras y un módulo de procesamiento de datos que realiza un procesamiento de datos en cada una de la pluralidad de secuencias de símbolos piloto asignadas a la subportadora de multiplexación a transmitirse mediante una antena de transmisión aleatoria.

Breve descripción de los dibujos

30 La Figura 1 es un diagrama de un ejemplo de asignación de un símbolo piloto por tres subportadoras.
La Figura 2 es un diagrama de un ejemplo de una trama de datos usada en un sistema de comunicación inalámbrica de OFDMA.

La Figura 3A y la Figura 3B son diagramas de bloques de un transmisor de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

35 La Figura 4A y la Figura 4B son diagramas de bloques de un transmisor de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención.

Las Figuras 5 a 8 son diagramas para explicar un procedimiento de generación de una secuencia de símbolos piloto y un procedimiento de asignación de una secuencia de símbolos piloto generada a una subportadora de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

40 Las Figuras 9 a 17 son diagramas para explicar un procedimiento de generación de una secuencia de símbolos piloto y un procedimiento de asignación de una secuencia de símbolos piloto generada a una subportadora de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

La Figura 18 es un diagrama para explicar un procedimiento de generación de una secuencia de símbolos piloto y un procedimiento de asignación de una secuencia de símbolos piloto generada a una subportadora de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

45 Las Figuras 19A a 20B son diagramas de señales recibidas por un lado de recepción bajo diversas condiciones al transmitir un símbolo piloto de la tercera realización de la presente invención.

La Figura 21 es un diagrama de bloques de un transmisor de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención.

Mejor modo para llevar a cabo la invención

50 Los objetivos, características y ventajas anteriormente mencionados de la invención se expondrán en la descripción que sigue, y en parte serán evidentes a partir de la descripción. Se hará referencia ahora en detalle a una realización preferida de la presente invención, ejemplos de la que se ilustra en los dibujos adjuntos.

Las realizaciones explicadas en la siguiente descripción son ejemplos a los que se aplican las características técnicas de la presente invención al sistema MIMO-OFDMA.

55 La Figura 2 es un diagrama de un ejemplo de una trama de datos usada en un sistema de comunicación inalámbrica

de OFDMA. En la Figura 2, un eje horizontal es un eje de frecuencia representado por una unidad de subcanal. En este caso, un subcanal significa un grupo de una pluralidad de subportadoras. En la Figura 2, cada trama de datos comienza con un preámbulo y puede incluir una parte intermedia en una parte central de la trama de datos si fuera necesario. Los símbolos piloto están dispuestos en las partes de preámbulo e intermedia para estar espaciados uniformemente entre sí en el eje de frecuencia. Todas las subportadoras están asignadas al preámbulo y a la parte intermedia excepto los intervalos de guarda en ambos lados del preámbulo y la parte intermedia a modular. El preámbulo y la parte intermedia pueden usarse para un uso en un lado de recepción tal como la adquisición de sincronización de tiempo y frecuencia, estimación de canal y similares.

La Figura 3A es un diagrama de bloques de un transmisor de acuerdo con una realización preferida de la presente invención.

Haciendo referencia a la Figura 3A, un flujo de datos de entrada se decodifica por canal por un módulo 31 de codificación de canal. La codificación de canal es para anexar bits de paridad a bits de sistema para posibilitar que un lado de recepción corrija errores generados en el curso de transmitir datos mediante un canal. Como un esquema de codificación de canal, existe la codificación de convolución, turbo codificación, codificación de LPDC (comprobación de paridad de baja densidad) o similares. Además, la presente invención puede emplear diversos otros esquemas de codificación. Se realiza mapeo de símbolo en datos binarios codificados por canal por el módulo 31 de codificación de canal por un módulo 32 de modulación de acuerdo con el esquema de modulación digital tal como QPSK, QAM y similares. Los símbolos de datos emitidos desde el módulo 32 de modulación se introducen en un módulo 33 de codificación de MIMO para experimentar codificación de múltiples antenas.

La codificación de múltiples antenas es realizar un procesamiento de datos de acuerdo con un procedimiento pre-acordado en símbolos de datos para aumentar la capacidad de sistema, caudal, cobertura y similares al transmitir los símbolos de datos mediante una pluralidad de antenas de transmisión. Como un esquema de codificación de múltiples antenas, existe SDM (multiplexación por división espacial), STC (codificación de espacio tiempo) o similares. El esquema SDM es un esquema que maximiza una tasa de transmisión enviando datos independientes a antenas, respectivamente. El esquema STC es un esquema que potencia el rendimiento de nivel de enlace obteniendo una ganancia de diversidad de antena y una ganancia de codificación de una manera para aplicar codificación a un nivel de símbolo a través de los dominios espacial y temporal. El esquema SDM y el esquema STC se combinan y generalizan apropiadamente para producir LDC (codificación por dispersión lineal). Todas las técnicas de múltiples antenas pueden representarse por una matriz de LDC usada para codificación y decodificación de múltiples antenas. Codificando por múltiples antenas, pueden discriminarse símbolos de datos a transmitirse mediante las respectivas antenas de transmisión. Por ejemplo, en el caso de que haya cuatro antenas de transmisión, una secuencia de símbolos de datos emitida desde el módulo 32 de modulación se codifica por múltiples antenas por el módulo 33 de codificación de MIMO y se emite a continuación como cuatro secuencias de símbolos de datos.

Un símbolo piloto se anexa a cada una de las secuencias de símbolos de datos, que se asigna a la correspondiente antena de transmisión después de haberse codificado por múltiples antenas por el módulo 33 de codificación de MIMO, por un módulo 34 de anexión de símbolo piloto. En este caso, el símbolo piloto significa una señal de referencia dispuesta en la parte de preámbulo o intermedia mostrada en la Figura 2.

El módulo 34 de anexión de símbolo piloto almacena una pluralidad de secuencias de símbolos piloto previamente generadas desde una secuencia de código básica por un procedimiento prescrito. Si se introduce una secuencia de símbolos de datos, el módulo 34 de anexión de símbolo piloto anexa la secuencia de símbolos de datos introducida a una posición preestablecida. En este caso, la posición preestablecida puede incluir una posición que corresponde a la parte de preámbulo o intermedia mostrada en la Figura 2.

Las secuencias de símbolos de datos, a las que se anexan los símbolos piloto, se introducen a los módulos 35a a 35m de procesamiento de datos de OFDM, respectivamente. Cada uno de los módulos 35a a 35m de procesamiento de datos de OFDM realiza un procesamiento de datos necesario para transmisión de división de frecuencia ortogonal en las secuencias de símbolos de datos introducidas, respectivamente. En este caso, el procesamiento de datos para la transmisión de división de frecuencia ortogonal significa un procedimiento de procesamiento de datos requerido generalmente para transmitir datos por OFDM.

La Figura 3B muestra un ejemplo de una configuración detallada del módulo 35 de procesamiento de datos de OFDM.

Haciendo referencia a la Figura 3B, el módulo 35 de procesamiento de datos de OFDM incluye una unidad 351 de conversión de S/P, una unidad 352 de IFFT, una unidad 353 de conversión de P/S y una unidad 354 de inserción de símbolo de CP.

La unidad 351 de conversión de S/P convierte una secuencia de símbolos de datos en serie introducida a una secuencia de símbolos de datos en paralelo.

La unidad 352 de IFFT convierte la secuencia de símbolos de datos en paralelo emitida desde la unidad 351 de conversión de S/P a una señal de un dominio de tiempo realizando IFFT. Un procedimiento de IFFT es un

procedimiento que convierte una señal de dominio de frecuencia a una señal de dominio de tiempo modulando una secuencia de símbolos de datos usando una pluralidad de portadoras.

La unidad 353 de conversión de P/S convierte la secuencia de símbolos de datos en paralelo emitida desde la unidad 352 de IFFT a una secuencia de símbolos de datos en serie.

- 5 La unidad 354 de inserción de CP inserta un intervalo de guarda en la secuencia de símbolos de datos en el dominio del tiempo. La unidad 354 de inserción de CP puede insertar el intervalo de guarda por un procedimiento de prefijo cíclico, un procedimiento de postfijo cíclico o un procedimiento combinado que incluye el prefijo y postfijo cíclicos.

10 Una secuencia de símbolos de datos de dominio de tiempo emitida desde la unidad 354 de inserción de CP se denomina un símbolo de OFDM. Los símbolos de OFDM emitidos desde los módulos 44a a 44m de procesamiento de datos de OFDM se transmiten mediante las antenas 36a a 36m de transmisión, respectivamente a través de procedimientos necesarios que incluyen modulación de radio, amplificación y similares.

La configuración del módulo 35 de procesamiento de datos de OFDM mostrada en la Figura 3B representa los elementos mínimos necesarios para procesar datos de acuerdo con OFDM u OFDMA. Y, pueden añadirse elementos adicionales a la configuración en un sistema de OFDM de comunicación real si fueran necesarios.

- 15 La Figura 4A y la Figura 4B son diagramas de bloques de un transmisor de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención.

20 Esta realización se diferencia de la primera realización mostrada en la Figura 3A y la Figura 3B en una función y posición de un módulo 46 de generación de símbolo piloto. El módulo 46 de generación de símbolo piloto genera una pluralidad de secuencias de símbolos piloto que corresponden al número de antenas de transmisión desde una secuencia de código básica y a continuación proporciona las secuencias de símbolos piloto generadas a las unidades 442 de mapeo de subportadora de los módulos 44a a 44m de procesamiento de datos de OFDM, respectivamente. En la Figura 4A, las funciones de un módulo 41 de codificación de canal, un módulo 42 de modulación, un módulo 43 de codificación de MIMO y los módulos 44a a 44m de procesamiento de datos de OFDM son idénticas a aquellas explicadas en la Figura 3A. Además, en la Figura 4A, las secuencias de símbolos de datos codificadas por múltiples antenas por el módulo 43 de codificación de MIMO se introducen en los módulos 44a a 44m de procesamiento de datos de OFDM sin adición de símbolos piloto, respectivamente.

25 Haciendo referencia a la Figura 4B, una unidad 441 de conversión de S/P convierte una secuencia de símbolos en serie introducidos a una secuencia de símbolos en paralelo. Una unidad 442 de mapeo de subportadora mapea la secuencia de símbolos de datos convertidos en paralelo a una subportadora. Una unidad 46 de generación de símbolo piloto genera una pluralidad de secuencias de símbolos piloto que corresponden al número de antenas de transmisión a partir de una secuencia de código básica y a continuación proporciona los símbolos piloto a la unidad 442 de mapeo de subportadora. El módulo 46 de generación de símbolo piloto puede proporcionar un símbolo piloto a la unidad 442 de mapeo de subportadora en una posición que corresponde a la parte de preámbulo o intermedia de una trama de datos de enlace descendente (consúltese la Figura 2). En la Figura 4B, las explicaciones de una unidad 443 de IFFT, una unidad 444 de conversión de P/S y una unidad 445 de conversión de C/P son idénticas a aquellas explicadas en la Figura 3B, que se omitirán en la siguiente descripción.

30 Las realizaciones para un procedimiento de generación de una pluralidad de secuencias de símbolos piloto a partir de la secuencia de código básica y un procedimiento de asignación de una pluralidad de las secuencias de símbolos piloto generadas a subportadoras realizando procesamiento de datos en las secuencias de símbolos piloto generadas para transmitir las secuencias de datos procesados mediante una pluralidad de antenas se explican como sigue.

Primera realización

35 Una primera realización se refiere a un ejemplo de generación de dos secuencias de símbolos piloto realizando codificación usando un código ortogonal basándose en una secuencia de código básica en caso de que haya dos antenas de transmisión. En concreto, la primera realización se refiere a una transmisión mediante dos antenas multiplicando la secuencia de código básica por el código ortogonal, en el que se usan dos secuencias de símbolos piloto generadas codificando el eje de frecuencia usando código alamouti por dos antenas y se usan dos unidades de subportadora (2x2) como una secuencia de símbolos piloto de cada una de las antenas de transmisión basándose en una secuencia de código básica (por ejemplo, cada secuencia de código en la Tabla 1). En este caso, puede usarse código alamouti o código hadamard o similares como el código ortogonal, que no impone limitación sobre un tipo del código ortogonal.

40 La Figura 5 y la Figura 6 son diagramas para explicar un procedimiento de generación de secuencia de símbolos piloto y un procedimiento de asignación de la secuencia de símbolos piloto generada a una subportadora de acuerdo con una primera realización de la presente invención. La Figura 5(a) muestra una secuencia de código básica asignada a una subportadora en caso de usar una única antena de transmisión. La Figura 5(b) y la Figura 6 muestran dos secuencias de símbolos piloto asignadas a una subportadora en un sistema de múltiples antenas usando dos antenas de transmisión.

En la Figura 5 y la Figura 6, puesto que el número de antenas de transmisión es 2, se usa un código ortogonal de 2x2 dimensiones. Por lo que, en caso de usar un código ortogonal sobre 3x3, es aplicable a sistemas de múltiples antenas que tienen al menos tres antenas de transmisión.

5 Una señal codificada y transmitida de la manera anterior se recibe por un lado de recepción de acuerdo con la Fórmula 3.

[Fórmula 3]

$$\begin{bmatrix} y_{6k} \\ y_{6k+3} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{E_s}{2}} \begin{bmatrix} x_{2n} & x_{2n+1} \\ x_{2n+1}^* & -x_{2n}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_0 \\ h_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} n_{6k} \\ n_{6k+3} \end{bmatrix}$$

- y_k: señal de recepción del k-ésimo índice de subportadora
- k: índice de subportadora
- h_a: información de canal desde la a-ésima antena de transmisión
- 10 a: índice de antena de transmisión
- n_k: ruido término del k-ésimo índice de subportadora
- X_n: n-ésimo símbolo de entrenamiento
- n: índice de símbolo de entrenamiento

15 Como la Fórmula 3, una señal recibida puede estimar un valor de canal h_a desde cada antena por la Fórmula 4 usando una secuencia de código básica x_n conocida por un receptor.

[Fórmula 4]

$$\begin{bmatrix} \hat{h}_0 \\ \hat{h}_1 \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{E_s}{2}}^{-1} \begin{bmatrix} x_{2n} & x_{2n+1} \\ x_{2n+1}^* & -x_{2n}^* \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_{6k} \\ y_{6k+3} \end{bmatrix}$$

\hat{h}_a : canal desde la a-ésima antena de transmisión estimada

20 En este caso, se puede suponer que un canal h_a desde una a-ésima antena de transmisión que corresponde a las subportadoras de orden 6k y (6k+3) es un mismo valor. Y, es posible la estimación de canal aplicando el mismo procedimiento a cada antena de recepción de una misma manera.

25 De acuerdo con la primera realización, da como resultado generar una secuencia de símbolos piloto de una primera antena multiplicando una secuencia de código básica usada en una antena de orden 0 por un código ortogonal. Este procedimiento posibilita una ejecución de la estimación de canal y posibilita auto-correlación y correlación cruzada de propiedad de una secuencia de símbolos piloto de la antena de orden 0 para mantenerse intacta por la secuencia de símbolos piloto de la primera antena, posibilitando de esta manera la misma sincronización de varias antenas.

30 La Figura 8 muestra un resultado de una prueba de rendimiento en caso de que se transmitan símbolos piloto mediante dos antenas bajo un entorno de canal como la Tabla 2 de acuerdo con un procedimiento de una primera realización con referencia a un peatón a una velocidad de 10 km/h. Puede observarse que un caso (una segunda curva más baja en la Figura 8) de transmisión de un símbolo piloto por el procedimiento de acuerdo con la primera realización tiene mejor rendimiento que otros procedimientos excepto una condición perfecta (una curva más baja en la Figura 8).

[Tabla 2]

Derivación	Peatón-B	
	Retardos relativos (ns)	Potencia media (dB)
1	0	0
2	200	-0,9
3	800	-4,9
4	1200	-8,0
5	2300	-7,8
6	3700	-23,9

Segunda realización

Una segunda realización se refiere a una realización de transmisión de una pluralidad de secuencias de símbolos piloto generadas a partir de realizar codificación en una secuencia de código básica usando un código ortogonal mediante una pluralidad de antenas para dos intervalos de símbolos de tiempo. Suponiendo que un n-ésimo símbolo de la secuencia de código básica, que se hace una base al generar una pluralidad de secuencias de símbolos piloto, se representa como X_n ($n=0, 1, 2, 3, \dots$), se realiza la codificación en la secuencia de código básica mediante código Alamouti. Si es así, un n-ésimo símbolo de una secuencia de símbolos piloto asignado a un símbolo de tiempo de orden 0 y a un símbolo de tiempo de orden 1 de las antenas de orden $2m$ y de orden $(2m+1)$ ($m=0, 1, 2, 3, \dots$) se hace x_n, x_n^*, x_n y $-x_n^*$, respectivamente.

5 En este caso, un intervalo de símbolo a símbolo en un eje de frecuencia de una secuencia de símbolos piloto asignada a un símbolo de tiempo de orden 0 de una antena aleatoria es preferentemente dos veces mayor que el de una secuencia de símbolos piloto transmitida por una única antena de transmisión en un sistema que usa la única antena de transmisión. Y, cada símbolo de una secuencia de símbolos piloto asignada a un símbolo de tiempo de orden 1 de la antena aleatoria se asigna preferentemente entre símbolos de la secuencia de símbolos piloto asignada al símbolo de tiempo de orden 0 de la antena aleatoria en el eje de frecuencia.

10 En caso de que el número de antenas de transmisión se establezca a 4 o mayor, una secuencia de símbolos piloto asignada a un símbolo de tiempo de orden 0 y a un símbolo de tiempo de orden 1 de las antenas de orden $2(m+1)$ y $\{2(m+1)+1\}$ se asigna preferentemente a una subportadora que a una secuencia de símbolos piloto asignada a un símbolo de tiempo de orden 0 y se desplaza un símbolo de tiempo de orden 1 de las antenas de orden $2m$ y $(2m+1)$ en un eje de frecuencia en un intervalo de subportadora.

15 La Figura 9 y la Figura 10 muestran una realización más detallada de un caso que se usan dos antenas de transmisión. En la realización de la Figura 9 y la Figura 10, se aumenta un intervalo de símbolo en un intervalo de 4 subportadoras ($4k$) y un símbolo piloto que se ha transmitido para un intervalo de un símbolo de OFDM se transmite para dos intervalos de símbolo de OFDM. Y, una secuencia de símbolos piloto transmitida para un segundo intervalo de símbolo de OFDM, como se muestra en la Figura 9, se mapea para tener una forma cruzada empujando una secuencia de símbolos piloto transmitida para una primera secuencia de símbolos de OFDM tanto como dos intervalos de subportadora para localizarse en una subportadora de orden $(4k+2)$. En concreto, se realiza codificación de código ortogonal en una frecuencia (subportadora de orden $3k$, subportadora de orden $3(k+1)$)-espacio(antena de orden 0, antena de orden 1) en la primera realización, mientras que se realiza codificación de código ortogonal en un tiempo(símbolo de orden 0, símbolo de orden 1)-frecuencia(subportadora de orden $4k$, subportadora de orden $(4k+2)$)-espacio(antena de orden 0, antena de orden 1). Por lo tanto, se reduce un intervalo de frecuencia a frecuencia de un símbolo piloto y puede eliminarse la posibilidad de generar una misma secuencia de símbolos piloto de otra célula debido a una multiplicación de un código ortogonal. Y, el procedimiento de la segunda realización puede evitar que se aumente la PAPR (relación de potencia pico a media). Mientras tanto, de acuerdo con la segunda realización, un patrón de un símbolo piloto localizado en un símbolo de tiempo de orden 0 de cada antena de transmisión puede hacerse idéntico, en el cual pueden mantenerse las características de auto-correlación y correlación cruzada.

20 Si se transmite un prefijo a través de dos símbolos de OFDM, se reduce una cantidad de transmisión de datos de un símbolo de OFDM en un eje de tiempo en lugar de en la primera realización. Para compensar esto, el prefijo se transmite preferentemente después de la finalización del siguiente procedimiento. La Figura 11 y la Figura 12 son diagramas para explicar esto.

La Figura 11 es un diagrama para explicar un caso en que se transmite un símbolo piloto a través de codificación de código ortogonal para dos intervalos de símbolo de tiempo en una manera de conversión del símbolo piloto por IFFT, anexando el CP a cada símbolo de temporización y transmitiendo una porción de una señal repetida.

25 En particular, en un símbolo piloto del que se extiende el intervalo de subportadora a cuatro intervalos en un símbolo de tiempo como la Figura 9, aparecen cuatro señales idénticas de manera repetitiva para el intervalo (T_s-T_g) en un eje de tiempo. Por lo que, en lugar de transmitir las cuatro señales idénticas repetitivas por completo, se transmiten dos de las cuatro para un intervalo de tiempo de $(T_s-T_g)/2$, como se muestra en la Figura 11. Un lado de recepción copia las dos señales repetitivas recibidas en el eje de tiempo, recupera las señales copiadas en cuatro señales idénticas para el intervalo (T_s-T_g) y a continuación envía las señales recuperadas a un receptor de OFDM. A través del procedimiento anterior, la pérdida de una cantidad de transmisión en un eje de tiempo puede reducirse tanto como T_g que corresponde a un intervalo de CP. En la Figura 12, suponiendo que un intervalo de transmisión de símbolo de OFDM y un intervalo de transmisión de CP se nombran T_s y T_g , respectivamente, un intervalo de transmisión de prefijo T_p modificado por el procedimiento mostrado en la Figura 11 sigue la Fórmula 5.

[Fórmula 5]

$$I_p = (T_s - T_g) / 2 + T_g$$

55

La Figura 13 muestra otra realización para reducir un tiempo tomado para transmitir un símbolo piloto. En el procedimiento explicado en la Figura 11 toma un tiempo de $2T_p=2 \{(T_s-T_g)/2+T_g\}$ para transmitir un símbolo piloto para los símbolos de tiempo de orden 0 y 1. Esto significa que toma un tiempo de T_g más que T_s que es un tiempo tomado para transmitir un símbolo piloto en la primera realización. Para reducir la pérdida de tiempo, la realización mostrada en la Figura 13 lleva a cabo una transmisión sin anexar el CP a un símbolo piloto de orden 1.

Un símbolo piloto de orden 1 tiene una forma que 0, 1 o 2 subportadoras se desplazan en un eje de frecuencia de acuerdo con una antena. Si se transmite un símbolo piloto de orden 1 sin anexar el CP al símbolo piloto de orden 1 en un eje de tiempo, puede tener lugar la degradación de rendimiento debido a duración de tiempo puesto que no hay CP que evite la duración de tiempo en caso de que una antena tenga una forma que se desplacen 1 o 2 subportadoras. Además, puesto que la influencia es insignificante en un canal que tiene pequeña duración de tiempo y selectividad de frecuencia, es posible la transmisión sin la anexión de CP.

La Figura 14 es un gráfico de un resultado de simulación de comparación de rendimiento en caso de anexar el CP a un primer símbolo de tiempo de prefijo para rendimiento en caso de no anexar el CP al primer símbolo de tiempo de prefijo. Como resultado de la simulación, puesto que es posible que tenga lugar la degradación no anexando el CP no es considerablemente mayor que la posible degradación que tuviera lugar anexando el CP, es posible realizar una transmisión sin anexar el CP a un primer símbolo de tiempo de prefijo.

La Figura 15 muestra una variación en un eje de tiempo en caso de una transmisión sin anexar el CP a un primer símbolo piloto. T_p que significa un intervalo de transmisión de símbolo piloto modificado para un símbolo de tiempo de orden 0 sigue la Fórmula 5. T_p' que significa un intervalo de transmisión de símbolo piloto modificado sin anexar el CP a un símbolo de tiempo de orden 1 sigue la Fórmula 6.

[Fórmula 6]

Si ambos lados de la Fórmula 5 se añaden a aquellos de la Fórmula 6, respectivamente, se hace $T_p + T_p' = T_s$. En caso de que se transmita un símbolo piloto de orden 0 sin tener el CP anexando al mismo, es posible transmitir dos símbolos de OFDM para un símbolo piloto de una múltiple antena.

La Figura 16 y la Figura 17 muestran realizaciones para extender el número de antenas de transmisión hasta 8 extendiendo la realización mostrada en la Figura 9.

En la realización mostrada en la Figura 16, los símbolos piloto asignados a los símbolos de tiempo de orden 0 y 1 de las antenas de orden $2(m+1)$ y $\{2(m+1)+1\}$ se asignan a subportadoras resultantes de desplazar hacia abajo los símbolos piloto asignados a los símbolos de tiempo de orden 0 y 1 de las antenas de orden $2m$ y $(2m+1)$ en un eje de frecuencia en un intervalo de subportadora cada uno, respectivamente.

En la realización mostrada en la Figura 17, un símbolo piloto asignado a un símbolo de tiempo de orden 0 de una antena de orden $2(m+1)$ se asigna a una subportadora idéntica a la de un símbolo piloto asignado a un símbolo de tiempo de orden 0 de una antena de orden $2m$ y un símbolo piloto asignado a un símbolo de tiempo de orden 1 de una antena de orden $\{2(m+1)+1\}$ se asigna de manera que un símbolo piloto asignado a un símbolo de tiempo de orden 1 de una antena de orden $(2m+1)$ se desplaza hacia arriba en un eje de frecuencia en una subportadora. Comparado con la realización mostrada en la Figura 17, la realización mostrada en la Figura 17 se caracteriza por reducir la complejidad de sincronización en rotación en fase para un símbolo de tiempo de orden 0.

Tercera realización

Una tercera realización muestra un ejemplo de generación de una pluralidad de secuencias de símbolos piloto que corresponde al número de antenas de transmisión realizando desplazamiento de fase en una secuencia de código básica, realizando un procesamiento de datos asignando las secuencias de símbolos piloto generadas a una pluralidad de subportadoras y transmitiéndolos mediante las antenas de transmisión, respectivamente.

La Figura 18 es un diagrama para explicar una tercera realización. En la Figura 18, se generan cuatro secuencias de símbolos piloto desplazando una fase de cada símbolo de una secuencia de código básica para configurar un preámbulo o parte intermedia transmitida mediante cuatro antenas de transmisión y cada una de las secuencias de símbolos piloto se asigna a una subportadora en la misma posición.

Al generar una pluralidad de secuencias de símbolos piloto a partir de la secuencia de código básica, un lado de recepción debería realizar un desplazamiento de fase para minimizar la interferencia entre señales recibidas por las antenas, respectivamente. Un desplazamiento de fase en un dominio de frecuencia funciona como un retardo en un dominio de tiempo. En concreto, se genera una pluralidad de secuencias de símbolos piloto a partir de una secuencia de código básica idéntica aplicando diferentes desplazamientos de fase a antenas de transmisión, respectivamente, cada una de las secuencias de símbolos piloto generadas se mapea a una subportadora para pasar a través de un procedimiento de IFFT, y las secuencias mapeadas se transmiten a continuación mediante las antenas de transmisión, respectivamente. Si es así, las señales transmitidas mediante las antenas de transmisión se separan entre sí con un intervalo de tiempo predeterminado cada una para recibirse por un lado de recepción. Por lo tanto, el lado de recepción puede separar cada una de las señales por antena de transmisión a través de filtrado.

Además, cada una de las señales por antena de transmisión tiene una forma de onda de lóbulo lateral debido a las guardas izquierda y derecha que existen en un símbolo de OFDM, desvanecimiento multi-trayectoria en el curso de la transmisión de la señal, ruido término de un receptor y similares. Un lóbulo lateral de la señal por antena de transmisión funciona como interferencia en una señal de otra antena. Por lo que, se prefiere que se genere una pluralidad de secuencias de símbolos piloto a partir de la secuencia de código básica aplicando un desplazamiento de fase que pueda minimizar la interferencia de antena a antena.

La Fórmula 7 muestra un ejemplo de un procedimiento de desplazamiento de fase que puede generar cada símbolo piloto de cada secuencia de símbolos piloto a partir de una secuencia de código básica usando ortogonalidad de desplazamiento de fase.

[Fórmula 7]

$$\begin{aligned} \text{Piloto}_p &= a_p e^{-j2\pi p(P/N_t)/P} \\ &= a_p e^{-j2\pi p/N_t} \end{aligned}$$

En este caso, a_p es una secuencia de código básica y corresponde a $-1, -1, +1, +1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, \dots$, por ejemplo. n es un índice de una antena de transmisión y corresponde a $n = 0, 1, \dots, (N_t - 1)$. P es el número total de símbolos piloto. p es un índice de un símbolo piloto y corresponde a $p = 0, 1, \dots, (P - 1)$. N_t es el número total de antenas de transmisión. De acuerdo con la Fórmula 7, se puede generar todos los símbolos de cada secuencia de símbolos piloto. Y, existe ortogonalidad entre símbolos vecinos.

De acuerdo con la tercera realización, se puede transmitir el mismo número de símbolos piloto para una antena de transmisión todo el tiempo asignando los símbolos pilotos a una subportadora en la misma posición independientemente del incremento del número de antenas de transmisión. En concreto, en la Figura 18, el número de símbolos piloto incluidos en un preámbulo o parte intermedia transmitidos mediante cada antena de transmisión y una posición de una subportadora a la que se asignan son idénticos.

La Figura 19A y la Figura 19B muestran formas de onda de una señal recibida por un lado de recepción en un dominio de tiempo en caso de generar dos secuencias de símbolos piloto a partir de una secuencia de código básica por desplazamiento de fase de acuerdo con el procedimiento de la Fórmula 7, asignando las secuencias generadas a subportadoras como se muestra en la Figura 18, realizando procesamiento de datos en las secuencias asignadas y transmitiendo las señales de datos procesados mediante dos antenas de transmisión. En la Figura 19A, se supone que existen intervalos de guarda derecho e izquierdo en un símbolo de OFDM y que no existe desvanecimiento multi-trayectoria y ruido térmico del receptor. En la Figura 19B, se supone que existen intervalos de guarda derecho e izquierdo, desvanecimiento multi-trayectoria y ruido término del receptor.

La Figura 20A y la Figura 20B muestran formas de onda de una señal recibida por un lado de recepción en un dominio de tiempo en caso de generar cuatro secuencias de símbolos piloto a partir de una secuencia de código básica por desplazamiento de fase de acuerdo con el procedimiento de la Fórmula 7, asignando las secuencias generadas a las subportadoras mostradas en la Figura 18, realizando procesamiento de datos en las secuencias asignadas y transmitiendo las señales de datos procesados mediante cuatro antenas de transmisión. En la Figura 20A, se supone que existen intervalos de guarda derecho e izquierdo en un símbolo de OFDM y que no existe desvanecimiento multi-trayectoria y ruido térmico del receptor. En la Figura 20B, se supone que existen intervalos de guarda derecho e izquierdo, desvanecimiento multi-trayectoria y ruido térmico del receptor.

Haciendo referencia a las Figuras 19A a 20B, a pesar de que existe un lóbulo lateral debido a los intervalos de guarda derecho e izquierdo, desvanecimiento multi-trayectoria y ruido térmico del receptor, un lado de recepción puede extraer una señal específica únicamente a través de filtrado por antena y realizar una estimación de canal o función de adquisición de sincronización usando un intervalo de símbolo de OFDM en un entorno de múltiples antenas.

La Figura 21 es un diagrama de bloques de un transmisor de acuerdo con otra realización preferida de la presente invención, en la que se muestra una configuración detallada de un módulo 44a' de procesamiento de datos de OFDM conectado a una antena 45a' de transmisión específica en un sistema de transmisión que usa múltiples antenas de transmisión. En comparación con la Figura 4B, la Figura 21 está caracterizada porque se añade un módulo 47 de aleatorización entre un módulo 46' de generación de módulo piloto y una unidad 442' de mapeo de subportadora.

Haciendo referencia a la Figura 21, el módulo 46' de generación de símbolo piloto proporciona una secuencia de símbolos piloto a cada módulo 44a' de procesamiento de datos de OFDM generando una pluralidad de secuencias de símbolos piloto que corresponden al número de antenas de transmisión de una manera de desplazamiento de fase de una secuencia de código básica (por ejemplo, aplicando la Fórmula 7). Como se ha mencionado en la anterior descripción, en lugar de generar secuencias de símbolos piloto en cada transmisión de señal, el módulo 46'

de generación de símbolo piloto puede almacenar una pluralidad de secuencias de símbolos piloto previamente generadas y emitir las si fuera necesario. El módulo 47 de aleatorización realiza aleatorización de una manera para multiplicar una secuencia de símbolos piloto emitidos desde el módulo 46' de generación de símbolo piloto por un código de aleatorización que tiene una característica aleatoria.

5 La secuencia de símbolos piloto se aleatoriza mediante el módulo 47 de aleatorización. Esto es para reducir la PAPR (relación de potencia pico a media). En otras palabras, en caso de la secuencia de símbolos piloto generada de acuerdo con la Fórmula 7, un valor que tiene una amplitud '1' se mapea a todos los símbolos piloto en un dominio de frecuencia. Por lo que, se genera un valor pico considerablemente grande si la señal correspondiente se convierte a una señal de dominio de tiempo a través de IFFT. Para suprimir este fenómeno, puede potenciarse la PAPR aleatorizando una secuencia de símbolos piloto a través de un código de aleatorización aleatorio efectivo en aspecto de rendimiento de PAPR.

10 Un lado de recepción, que ha recibido una señal transmitida a través de la transmitida mostrada en la Figura 21, realiza desaleatorización multiplicando la señal recibida por el código de aleatorización usado por el módulo 47 de aleatorización de nuevo para eliminar el código de aleatorización. Por lo tanto, el lado de recepción obtiene una secuencia de símbolos piloto original. Además, puesto que la señal recibida por el lado de recepción necesita experimentar un procedimiento de filtrado para separar cada señal por antena en un dominio de tiempo antes de convertirse a una señal de un dominio de frecuencia, la desaleatorización debería realizarse anterior al procedimiento de filtrado.

15 Puesto que la multiplicación en un dominio de frecuencia es el mismo cálculo de la convolución circular en un dominio de tiempo, puede obtenerse el mismo efecto de suprimir un código de aleatorización en un dominio de frecuencia si se lleva a cabo convolución circular en una señal de un dominio de tiempo de un código de aleatorización y una señal recibida por un lado de recepción anterior a la FFT. Esto puede expresarse como la Fórmula 8.

[Fórmula 8]

$$F^{-1}[X_k \times S_k] \leftrightarrow x_n \otimes s_n$$

25 En este caso, F^{-1} es una transformada de Fourier inversa, \otimes es la convolución circular, k es el índice de subportadora en un dominio de frecuencia, X_k es un k -ésimo símbolo piloto en un dominio de frecuencia, S_k es un k -ésimo código de aleatorización en un dominio de frecuencia, n es un índice de muestra en un dominio de tiempo, x_n es un n -ésimo símbolo de datos en un dominio de tiempo, y s_n es un n -ésimo código de aleatorización en un dominio de tiempo.

30 De acuerdo con las características técnicas de la presente invención, un lado de recepción puede realizar eficazmente rastreo y adquisición de señal para detección de señal inicial, sincronización de tiempo y frecuencia, estimación de canal y similares a través de transmisión de símbolo piloto mediante un preámbulo o parte intermedia en un sistema de comunicación de múltiples portadoras MIMO. De acuerdo con la presente invención, la estimación de una variación de un canal independiente que tiene lugar entre los lados de transmisión y recepción en cada antena es posible transmitiendo un símbolo piloto por antena en un sistema de comunicación de múltiples portadoras MIMO.

35 Aunque se ha descrito e ilustrado la presente invención en el presente documento con referencia a las realizaciones preferidas de la misma, será evidente para el experto en la materia que pueden realizarse diversas modificaciones y variaciones en las mismas sin alejarse del alcance de la invención. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra las modificaciones y variaciones de esta invención que entran dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

Aplicabilidad industrial

40 Por consiguiente, la presente invención es aplicable a un sistema de comunicación inalámbrica que realiza comunicaciones usando múltiples antenas y múltiples portadoras.

45

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de transmisión de una señal de referencia en un sistema de comunicación de multiplexación ortogonal por división de frecuencia, OFDM, usando una pluralidad de antenas, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 generar una secuencia de código básica;
 - generar una pluralidad de secuencias de señal de referencia para la pluralidad de antenas multiplicando la secuencia de código básica por un código ortogonal, en el que la pluralidad de secuencias de señal de referencia incluye una primera secuencia de señal de referencia para una primera antena y una segunda secuencia de señal de referencia para una segunda antena;
 - 10 asignar cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia a símbolos de OFDM predeterminados y subportadoras predeterminadas, en el que la primera secuencia de señal de referencia y la segunda secuencia de señal de referencia se asignan a los mismos símbolos de OFDM y a las mismas subportadoras; y
 - transmitir cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia mediante los símbolos de OFDM y subportadoras asignados.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el código ortogonal es un código Alamouti o un código Hadamard.
3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que suponiendo que un n-ésimo símbolo de la secuencia de código básica se representa como x_n ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$), los n-ésimos símbolos de las secuencias de señal de referencia asignadas al primer y segundo símbolos de OFDM de la primera y segunda antenas son x_n , x_n^* , x_n y $-x_n^*$, respectivamente.
- 20 4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que un intervalo de símbolo de la secuencia de señal de referencia asignada al primer símbolo de OFDM de cualquiera de la primera o segunda antena es dos veces mayor que un intervalo de símbolo a símbolo en caso de transmitir la secuencia de código básica mediante una única antena de transmisión.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que cada símbolo de la secuencia de señal de referencia asignada al segundo símbolo de OFDM de cualquiera de la primera o segunda antena se asigna entre símbolos de la secuencia de señal de referencia asignada al primer símbolo de OFDM de la primera o segunda antena en un eje de frecuencia.
- 25 6. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que las secuencias de señal de referencia asignadas al primer y segundo símbolos de OFDM de las antenas de orden $2(m+1)$ y $\{2(m+1)+1\}$ ($m=0, 1, 2, 3, \dots$) se asignan a subportadoras resultantes de desplazar cada una de las secuencias de señal de referencia asignadas al primer y segundo símbolos de OFDM de las antenas de orden $2m$ y $(2m+1)$ en un intervalo de subportadora en un eje de frecuencia.
- 30 7. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que la secuencia de señal de referencia asignada al primer símbolo de OFDM de una antena de orden $2(m+1)$ se asigna a una misma subportadora de la secuencia de señal de referencia asignada al primer símbolo de OFDM de una antena de orden $2m$.
- 35 8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que los símbolos de las secuencias de señal de referencia asignadas al segundo símbolo de OFDM de la primera y segunda antenas se asignan respectivamente entre símbolos de las secuencias de señal de referencia asignadas al primer símbolo de OFDM de la primera y segunda antenas en un eje de frecuencia.
- 40 9. El procedimiento de la reivindicación 8, en el que la secuencia de señal de referencia asignada al segundo símbolo de OFDM de una antena de orden $\{2(m+1)+1\}$ se asigna desplazando la secuencia de señal de referencia asignada al segundo símbolo de OFDM de una antena de orden $(2m+1)$ en una subportadora en el eje de frecuencia.
10. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:
 - 45 convertir cada una de las secuencias de señal de referencia a señales de dominio de tiempo; e
 - insertar un intervalo de guarda usando un prefijo cíclico, CP, en un prefijo convertido a las señales de dominio de tiempo.
11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que si hay una parte solapada en una de las señales de dominio de tiempo en las que está insertado el intervalo de guarda, una porción de una de las señales de dominio de tiempo se transmite mediante cada una de una pluralidad de las antenas de transmisión.
- 50 12. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que insertar el intervalo de guarda comprende insertar el intervalo de guarda tanto en un primer símbolo de OFDM como en un segundo símbolo de OFDM.
13. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que insertar el intervalo de guarda comprende insertar el intervalo de guarda en un primer símbolo de OFDM únicamente.

14. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la pluralidad de secuencias de señal de referencia se generan desplazando una fase de la secuencia de código básica de manera diferente.

15. El procedimiento de la reivindicación 14, en el que cada símbolo de una pluralidad de las secuencias de señal de referencia se determina usando una ecuación definida como:

$$\begin{aligned} \text{Piloto}_p &= a_p e^{-j2\pi p(P/N_t)/P} \\ &= a_p e^{-j2\pi p/N_t} \end{aligned}$$

5 en las que a_p es la secuencia de código básica, n es un índice de una antena de transmisión que corresponde a $n = 0, 1, \dots, (N_t - 1)$, p es un índice de un símbolo piloto que corresponde a $p = 0, 1, \dots, (P-1)$, y N_t es el número total de antenas de transmisión.

10 16. El procedimiento de la reivindicación 15, en el que los símbolos correspondientes de la pluralidad de secuencias de señal de referencia se asignan respectivamente a subportadoras idénticas.

17. El procedimiento de la reivindicación 14, que comprende adicionalmente aleatorizar cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia por un código de aleatorización específico.

18. Un aparato para transmitir una señal de referencia en un sistema de comunicación de multiplexación ortogonal por división de frecuencia, OFDM, usando una pluralidad de antenas, comprendiendo el aparato:

15 un módulo de generación de secuencia configurado para:
 generar una secuencia de código básica, y
 generar una pluralidad de secuencias de señal de referencia para la pluralidad de antenas multiplicando la secuencia de código básica por un código ortogonal, en el que la pluralidad de secuencias de señal de referencia incluye una primera secuencia de señal de referencia para una primera antena y una segunda secuencia de señal de referencia para una segunda antena,

20 un módulo de asignación de subportadora configurado para asignar cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia a símbolos de OFDM predeterminados y subportadoras predeterminadas, en el que la primera secuencia de señal de referencia y la segunda secuencia de señal de referencia se asignan a mismos símbolos de OFDM y mismas subportadoras, y
 25 un módulo de transmisión configurado para transmitir cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia mediante los símbolos de OFDM y subportadoras asignados.

19. El aparato de la reivindicación 18, en el que el código ortogonal es código Alamouti o código Hadamard.

20. El aparato de la reivindicación 18, en el que suponiendo que un n -ésimo símbolo de la secuencia de código básica se representa como x_n ($n = 0, 1, 2, 3, \dots$), los n -ésimos símbolos de las secuencias de señal de referencia asignados al primer y segundo símbolos de OFDM de la primera y segunda antenas son x_n , x_n^* , x_n y $-x_n^*$, respectivamente.

21. El aparato de la reivindicación 18, que comprende además un módulo de procesamiento de datos que comprende:
 35 una unidad de IFFT configurada para convertir cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia a señales de dominio de tiempo; y
 una unidad de inserción de prefijo cíclico, CP, configurada para insertar un intervalo de guarda usando el CP en un prefijo convertido a las señales de dominio de tiempo.

22. El aparato de la reivindicación 18, en el que la pluralidad de secuencias de señal de referencia se generan desplazando una fase de la secuencia de código básica de manera diferente.

40 23. El aparato de la reivindicación 22, en el que cada símbolo de una pluralidad de las secuencias de señal de referencia se determina usando una ecuación definida como:

$$\begin{aligned} \text{Piloto}_p &= a_p e^{-j2\pi p(P/N_t)/P} \\ &= a_p e^{-j2\pi p/N_t} \end{aligned}$$

en las que a_p es la secuencia de código básica, n es un índice de una antena de transmisión para corresponder a $n = 0, 1, \dots, (N_t - 1)$, p es un índice de un símbolo piloto para corresponder a $p = 0, 1, \dots, (P - 1)$, y N_t es el número total

de antenas de transmisión.

24. El aparato de la reivindicación 23, en el que se asignan respectivamente símbolos correspondientes de la pluralidad de secuencias de señal de referencia a idénticas subportadoras.

5 25. El aparato de la reivindicación 22, que comprende un módulo de aleatorización que aleatoriza cada una de la pluralidad de secuencias de señal de referencia por un código de aleatorización específico.

FIG. 1

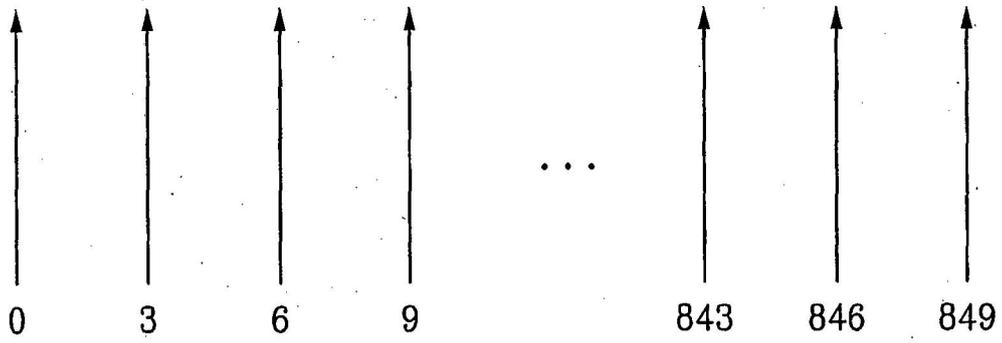


FIG. 2

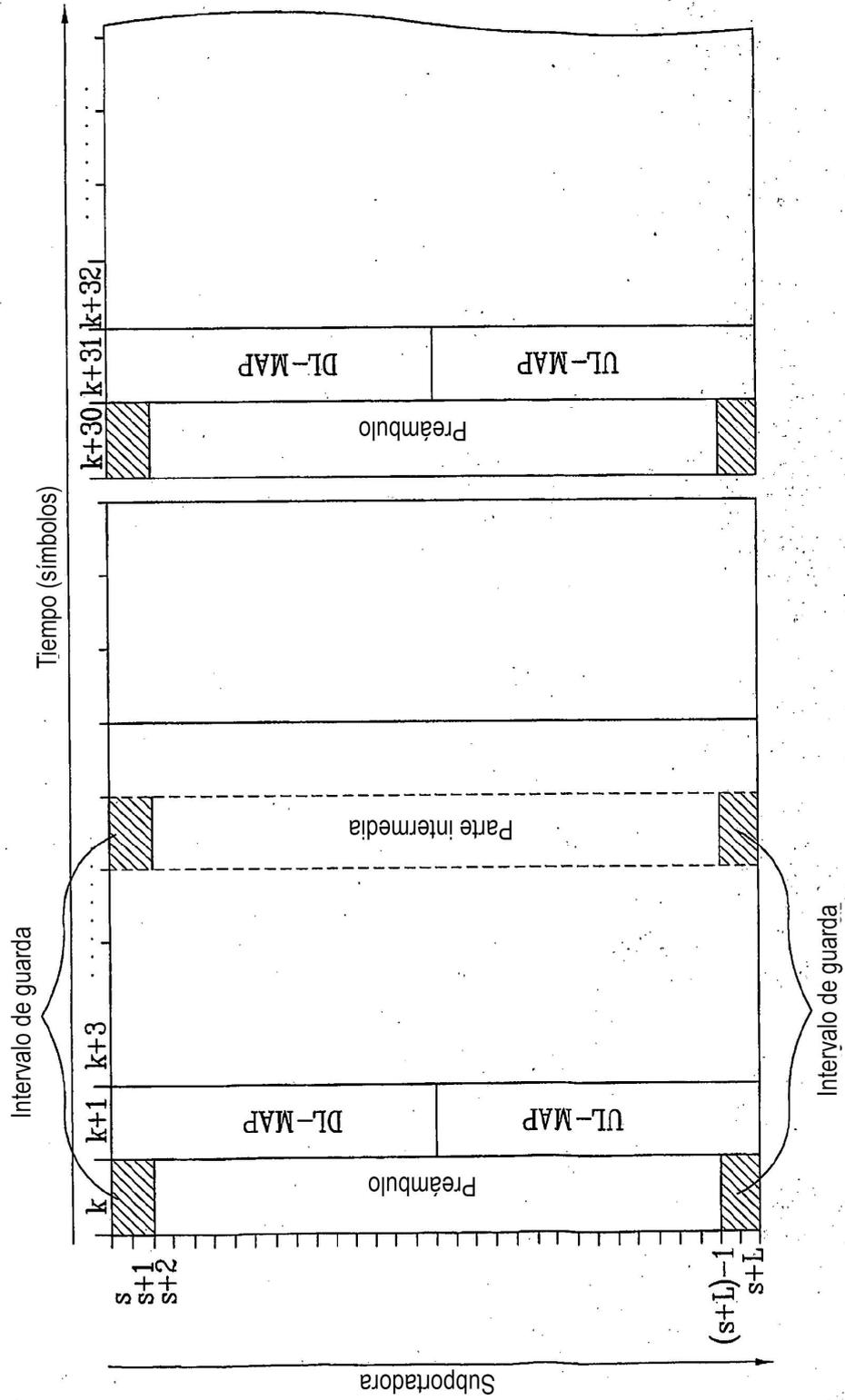


FIG. 3A

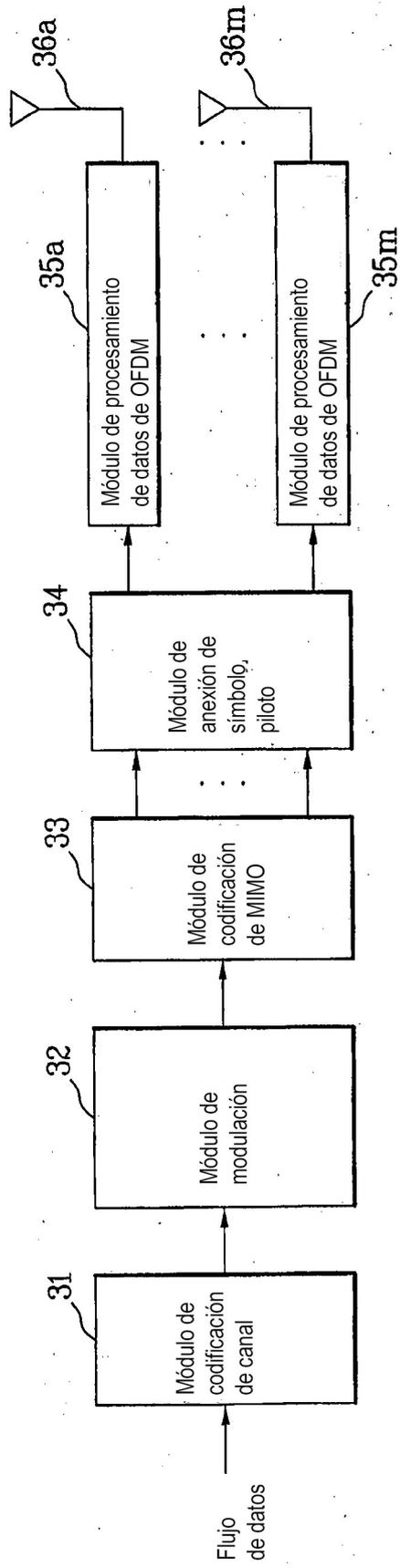


FIG. 3B

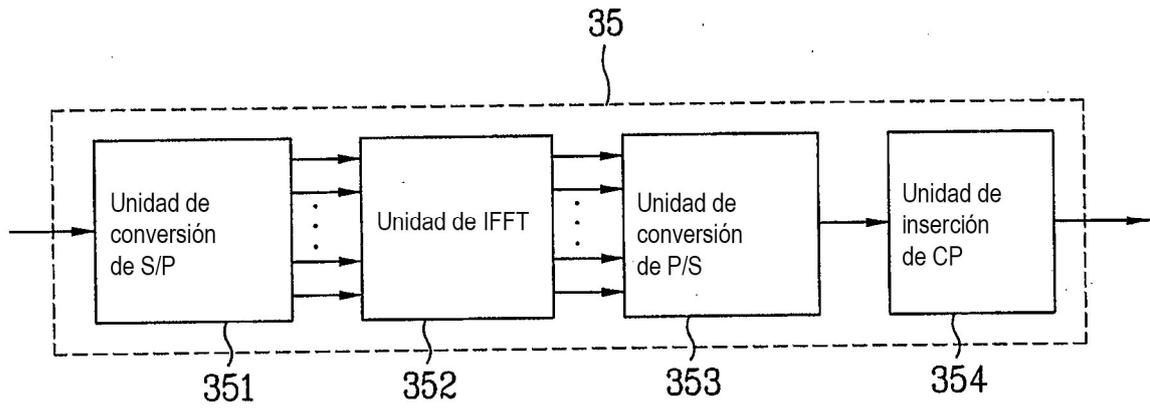


FIG. 4A

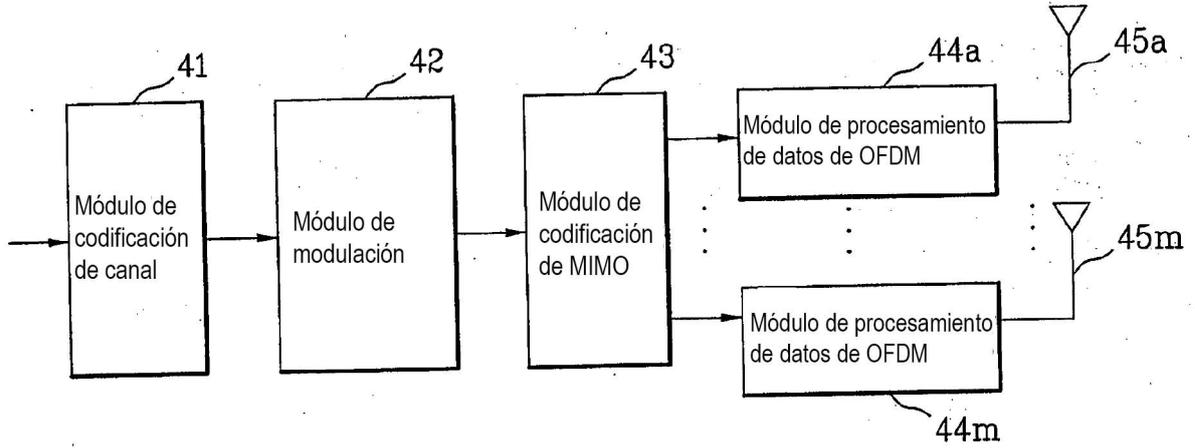


FIG. 4B

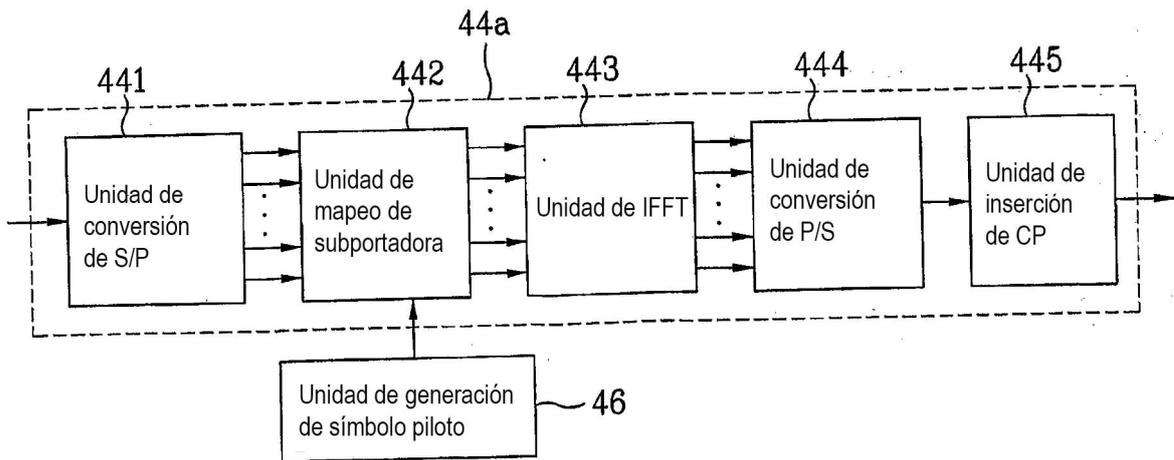
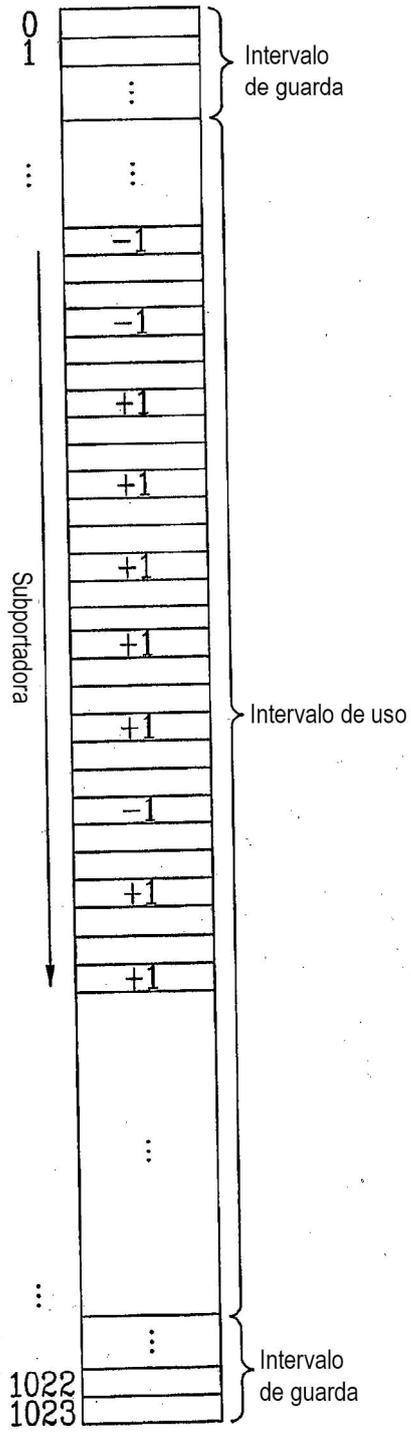


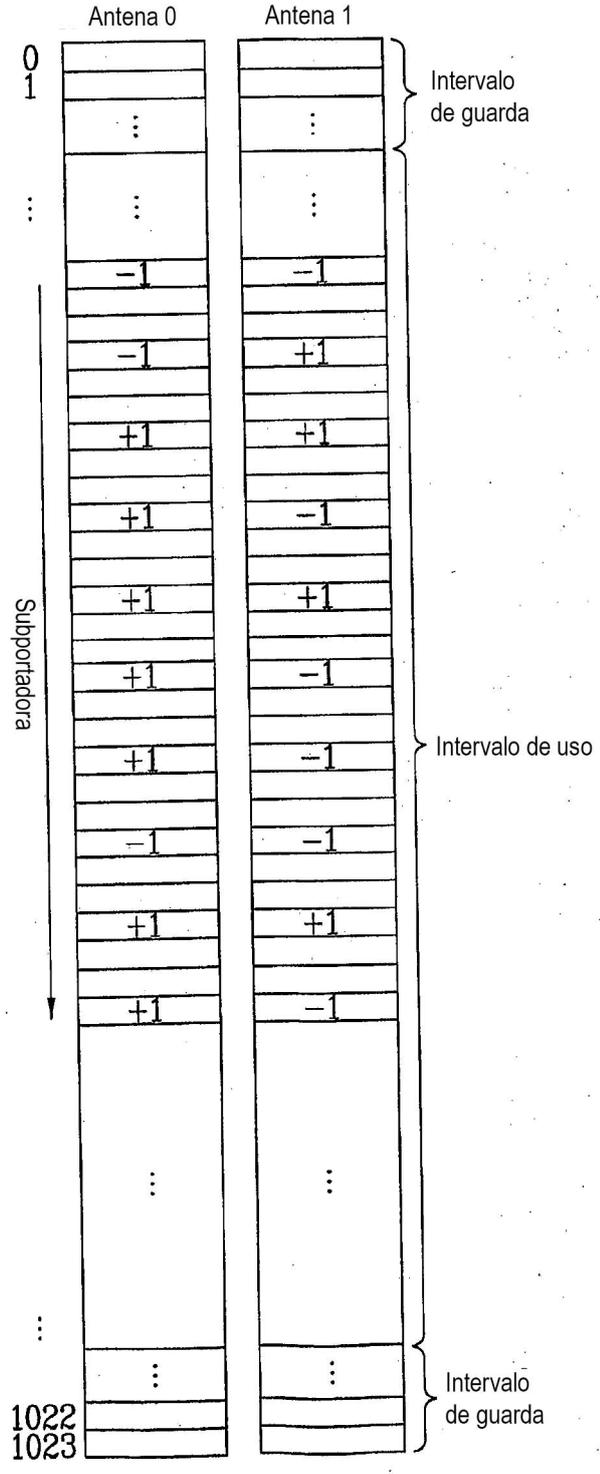
FIG. 5

Única antena de transmisión



(a)

Múltiples antenas de transmisión



(b)

FIG. 6

Índice de subportadora →

	0	3	6	9	12	15	18	21	...
Antena 0	x_0	x_1^*	x_2	x_3^*	x_4	x_5^*	x_6	x_7^*	...
Antena 1	x_1	$-x_0^*$	x_3	$-x_2^*$	x_5	$-x_4^*$	x_7	$-x_6^*$...

FIG. 7

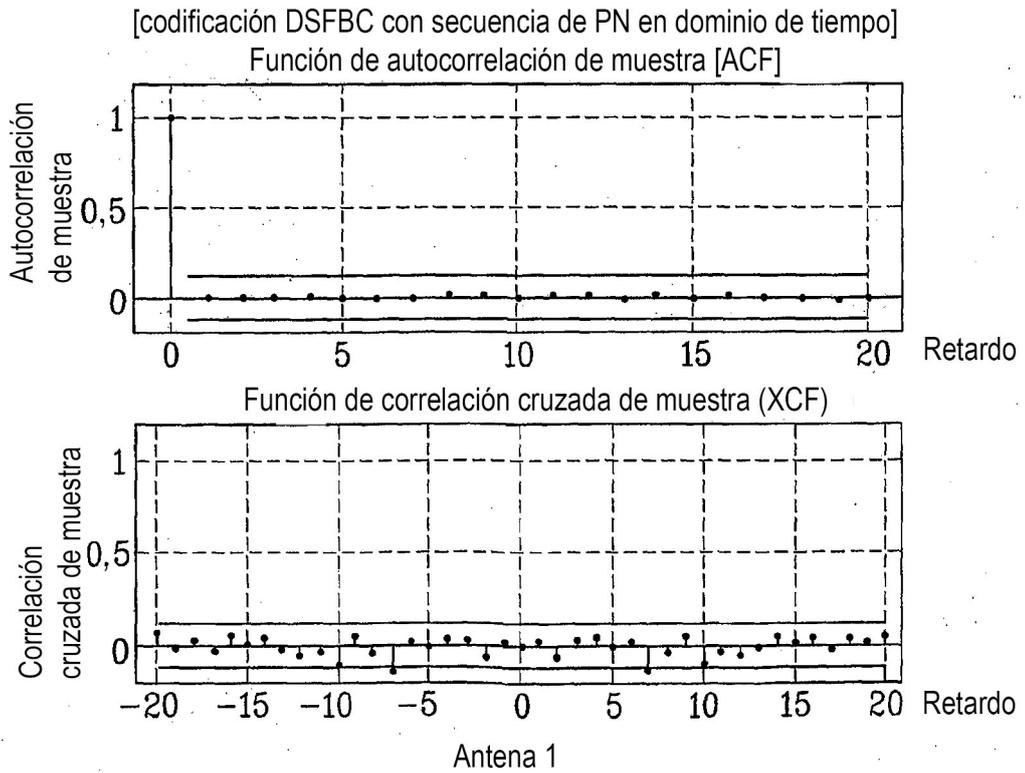
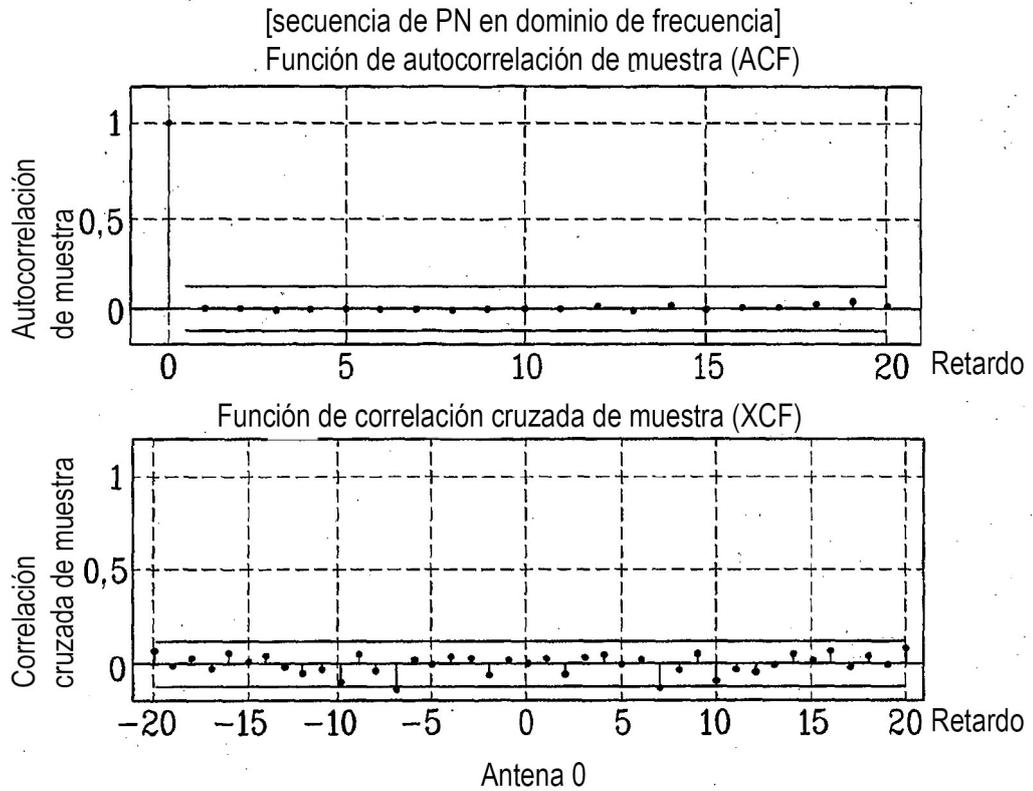


FIG. 8

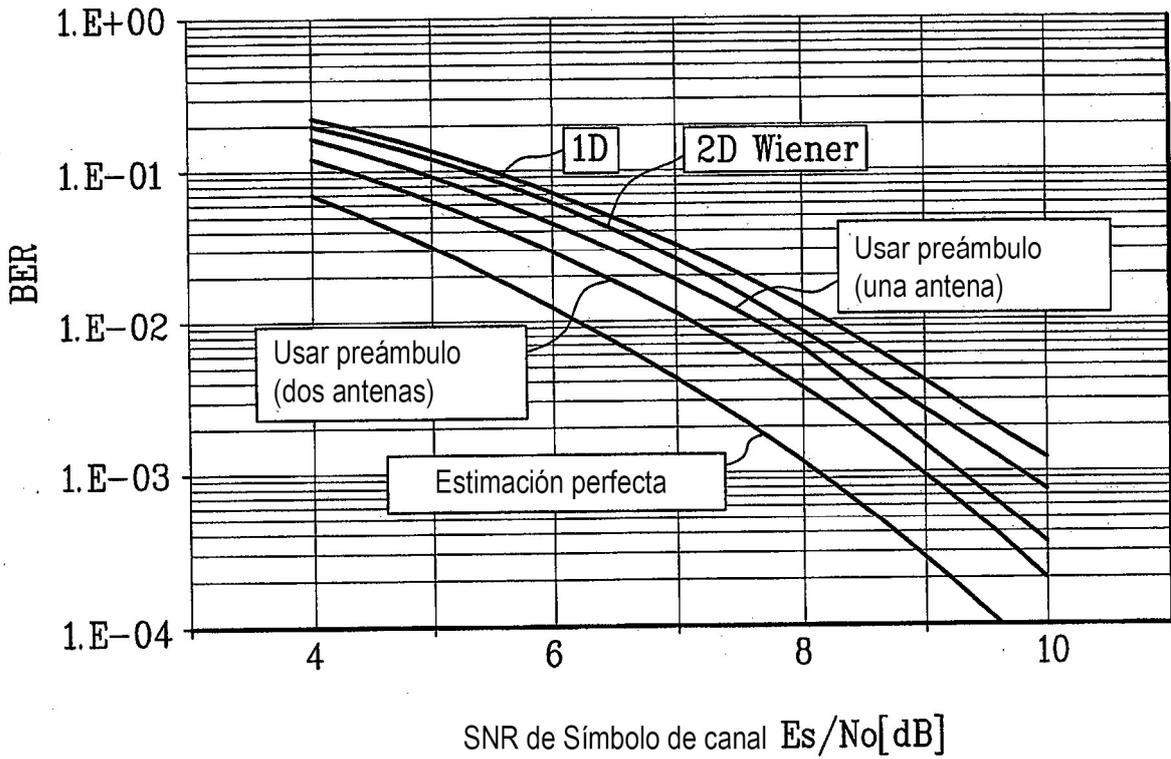


FIG. 10

Índice de subportadora →

	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	...
Antena 0	Símbolo 0		X_1		X_2		X_3		X_4		X_5		...
		X_0^*		X_1^*		X_2^*		X_3^*		X_4^*		X_5^*	...
Antena 1	Símbolo 0		X_1		X_2		X_3		X_4		X_5		...
		$-X_0^*$		$-X_1^*$		$-X_2^*$		$-X_3^*$		$-X_4^*$		$-X_5^*$...

FIG. 11

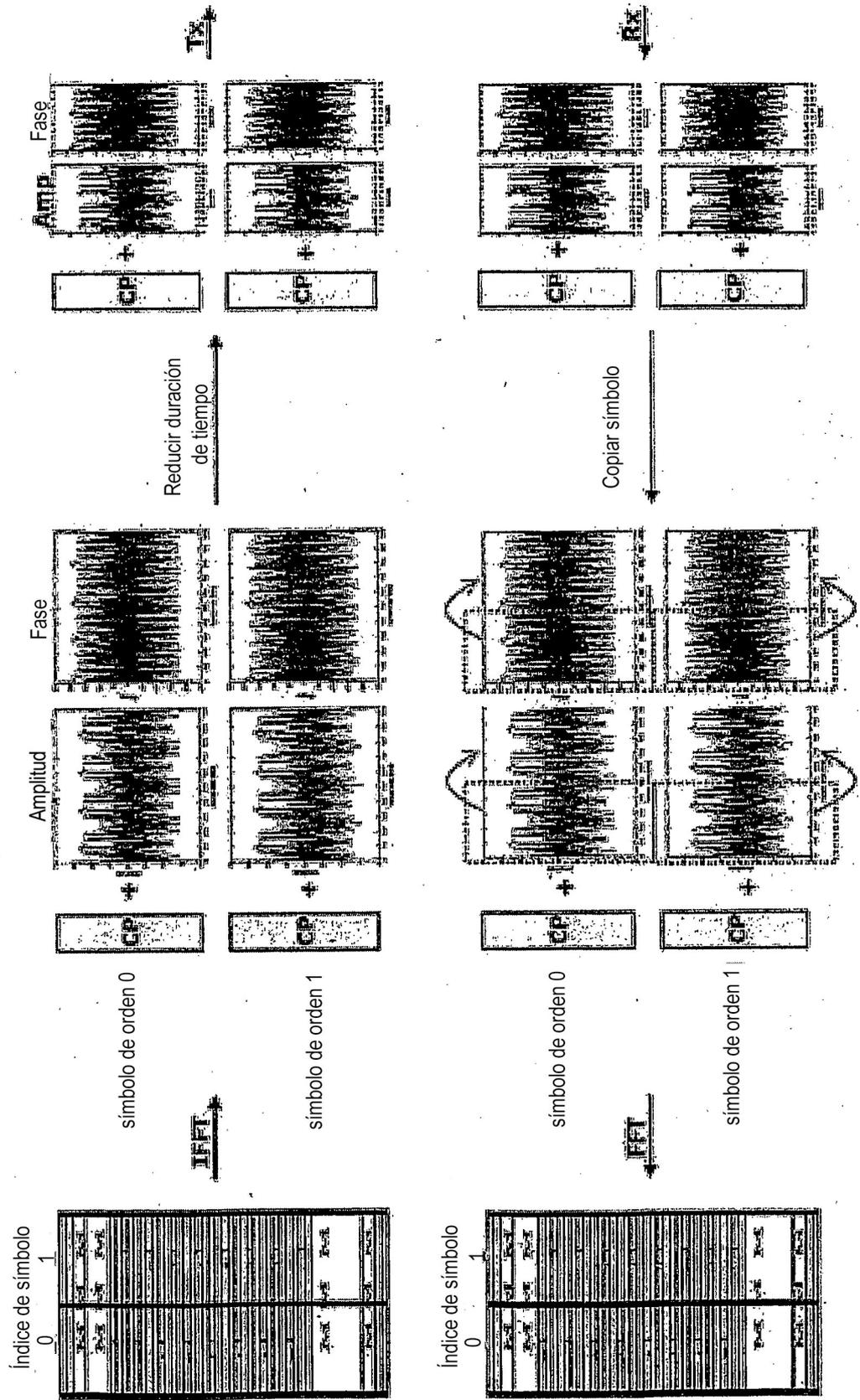
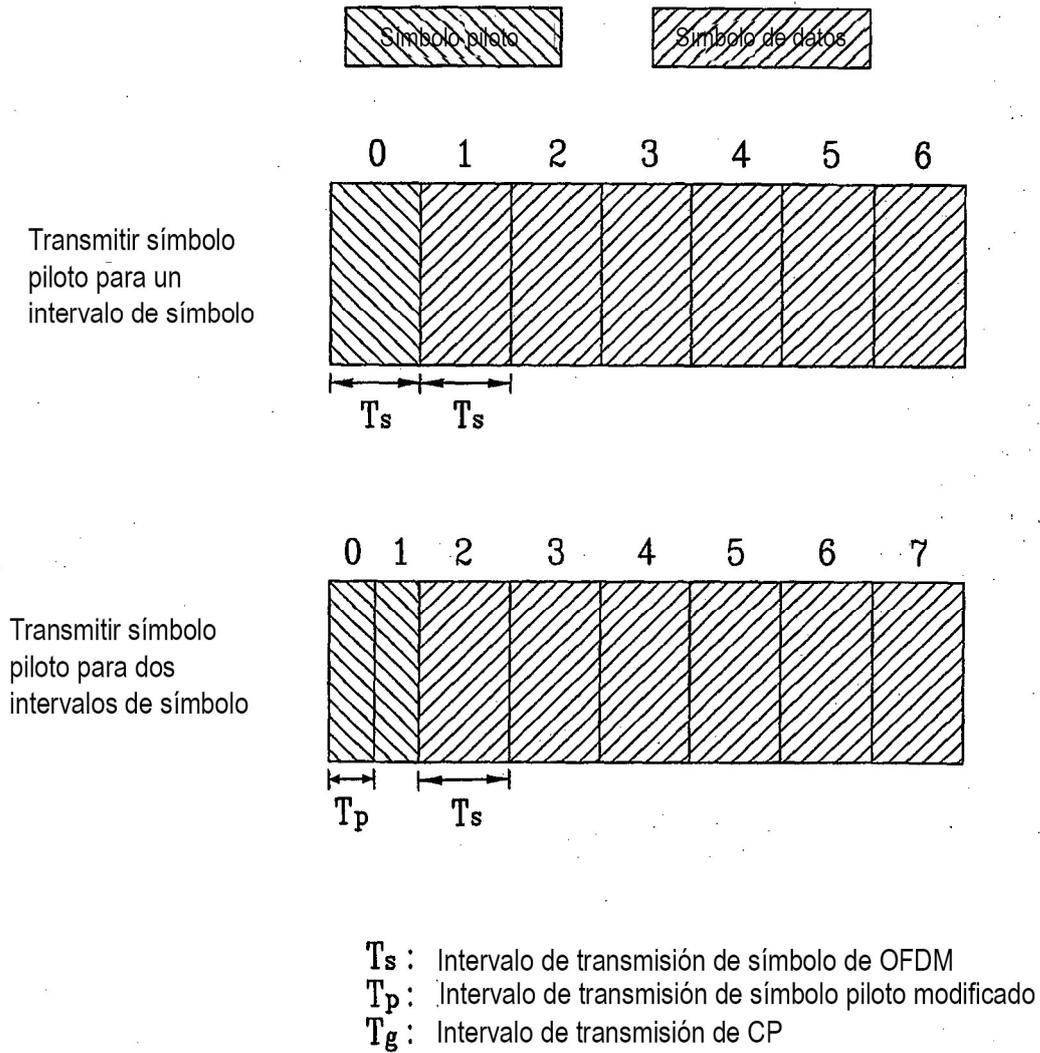


FIG. 12



$$T_p = (T_s - T_g) / 2 + T_g$$

FIG. 13

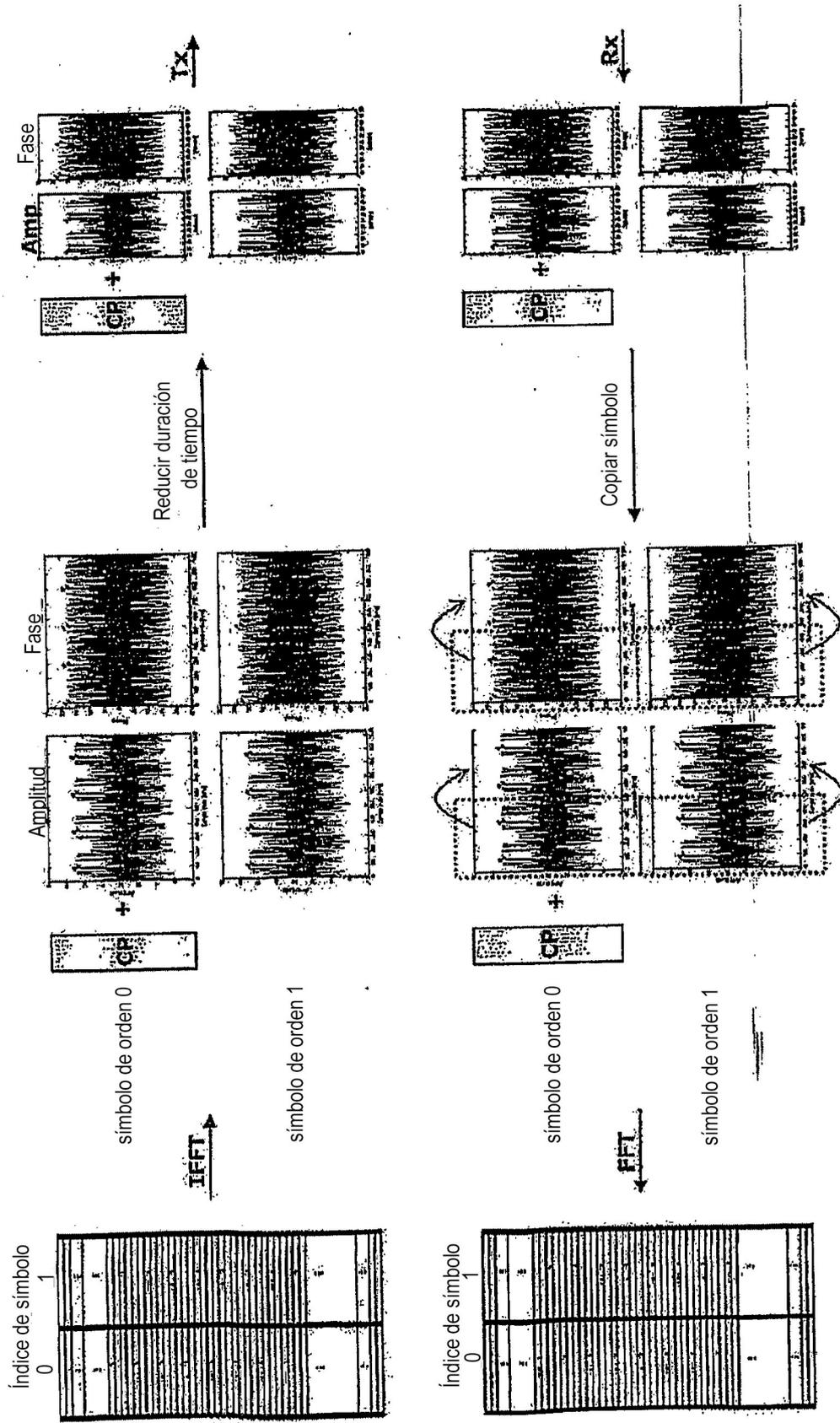


FIG. 14

Rendimiento de estimación de canal de enlace descendente

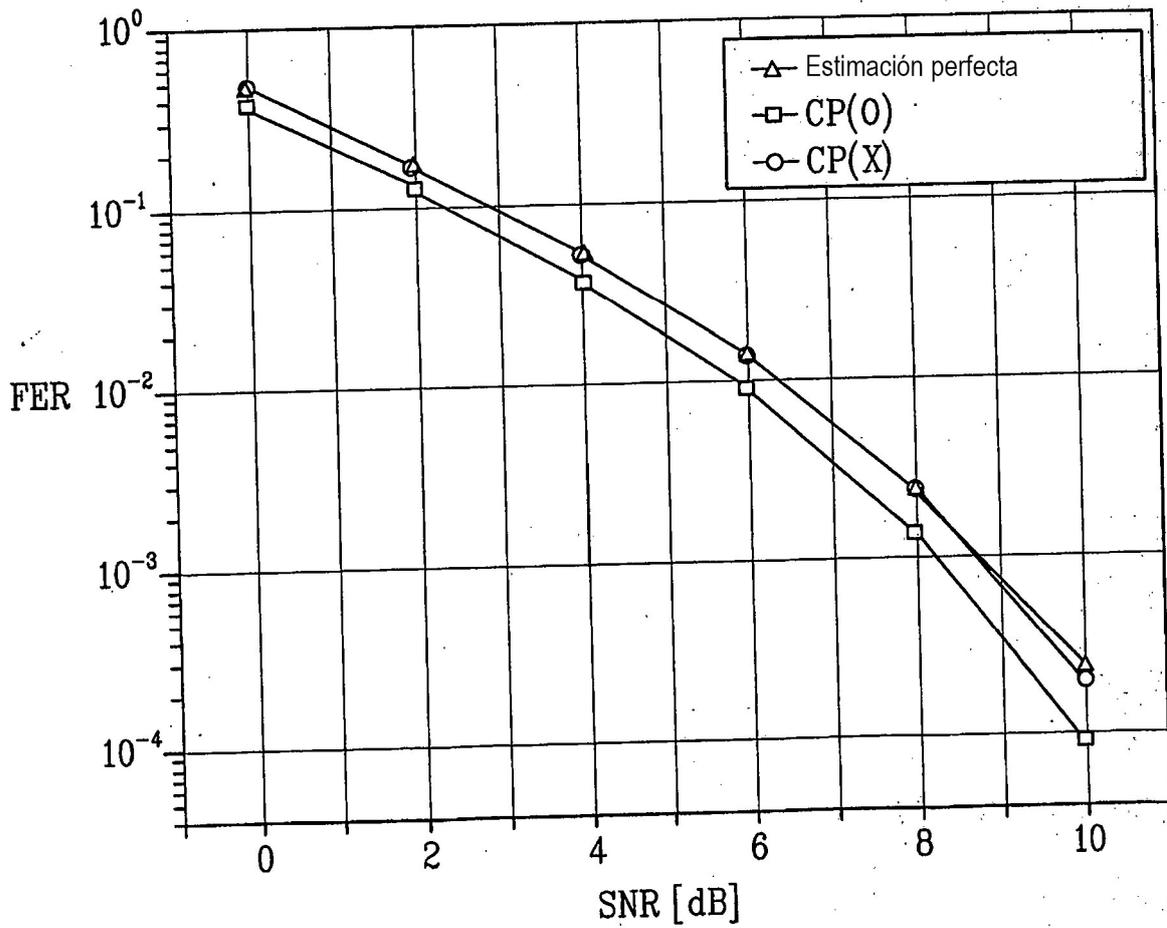
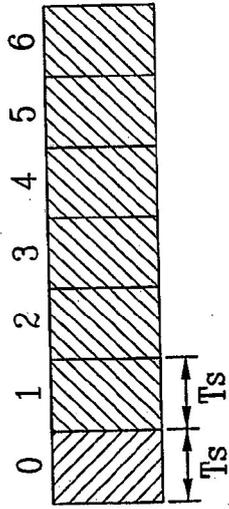
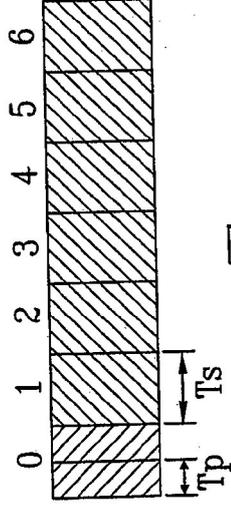


FIG. 15



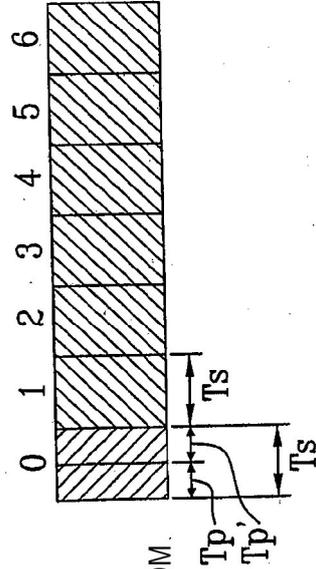
Transmitir símbolo piloto para un intervalo de símbolo



Transmitir símbolo piloto para dos intervalos de símbolo

$$Tp = (Ts - Tg) / 2 + Tg$$

Ts: Intervalo de transmisión de símbolo de OFDM
 Tp: Intervalo de transmisión de símbolo piloto modificado
 Tg: Intervalo de transmisión de CP



Transmitir dos símbolos piloto para un intervalo de símbolo de OFDM.

Ts: Intervalo de transmisión de símbolo de OFDM
 Tp: Intervalo de transmisión de símbolo piloto modificado
 Tp': Intervalo de transmisión de símbolo piloto modificado de CP eliminado
 Tg: Intervalo de transmisión de CP

$$Tp = (Ts - Tg) / 2 + Tg$$

$$Tp' = (Ts - Tg) / 2$$

$$Tp + Tp' = Ts$$

FIG. 16

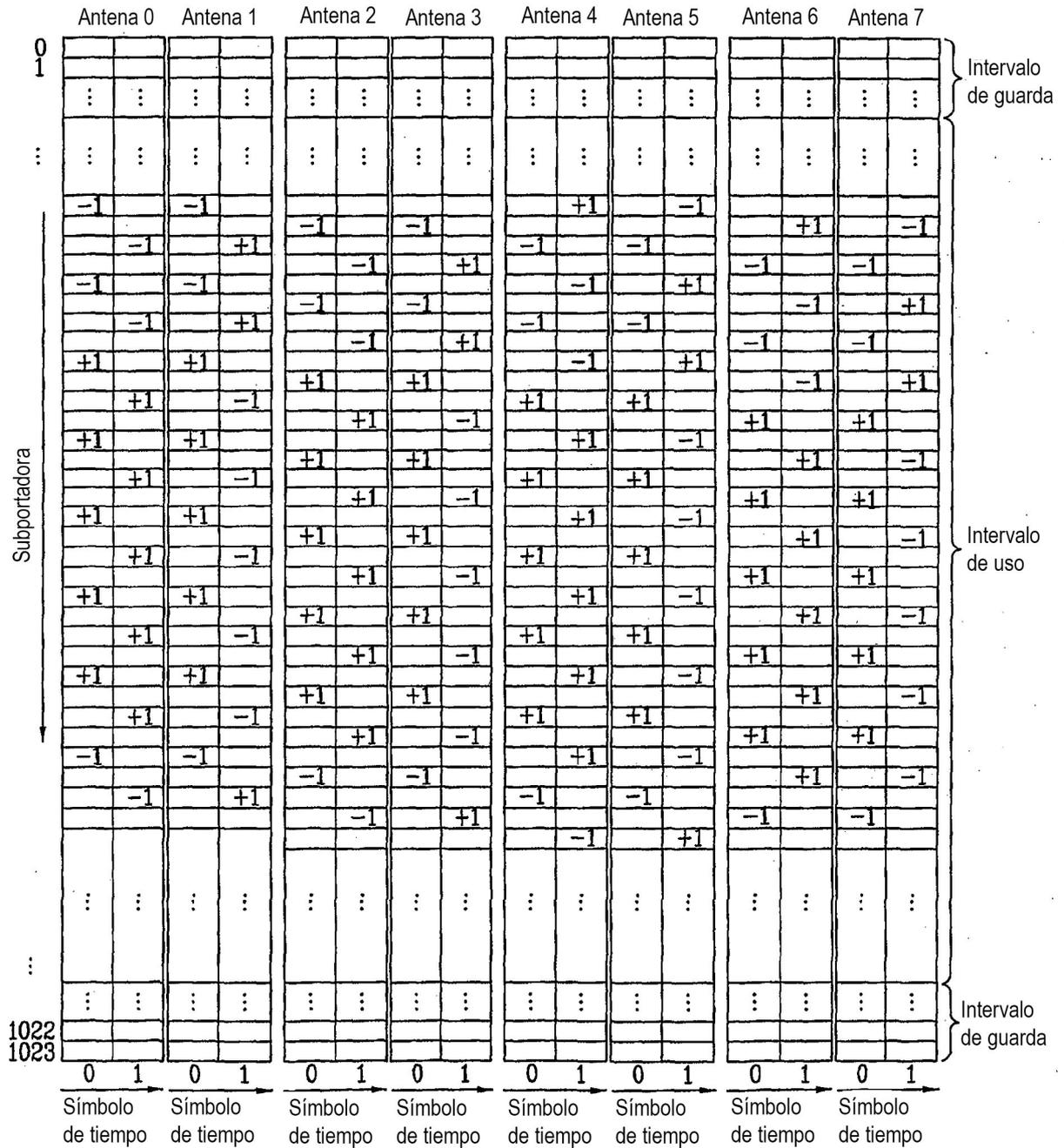


FIG. 17

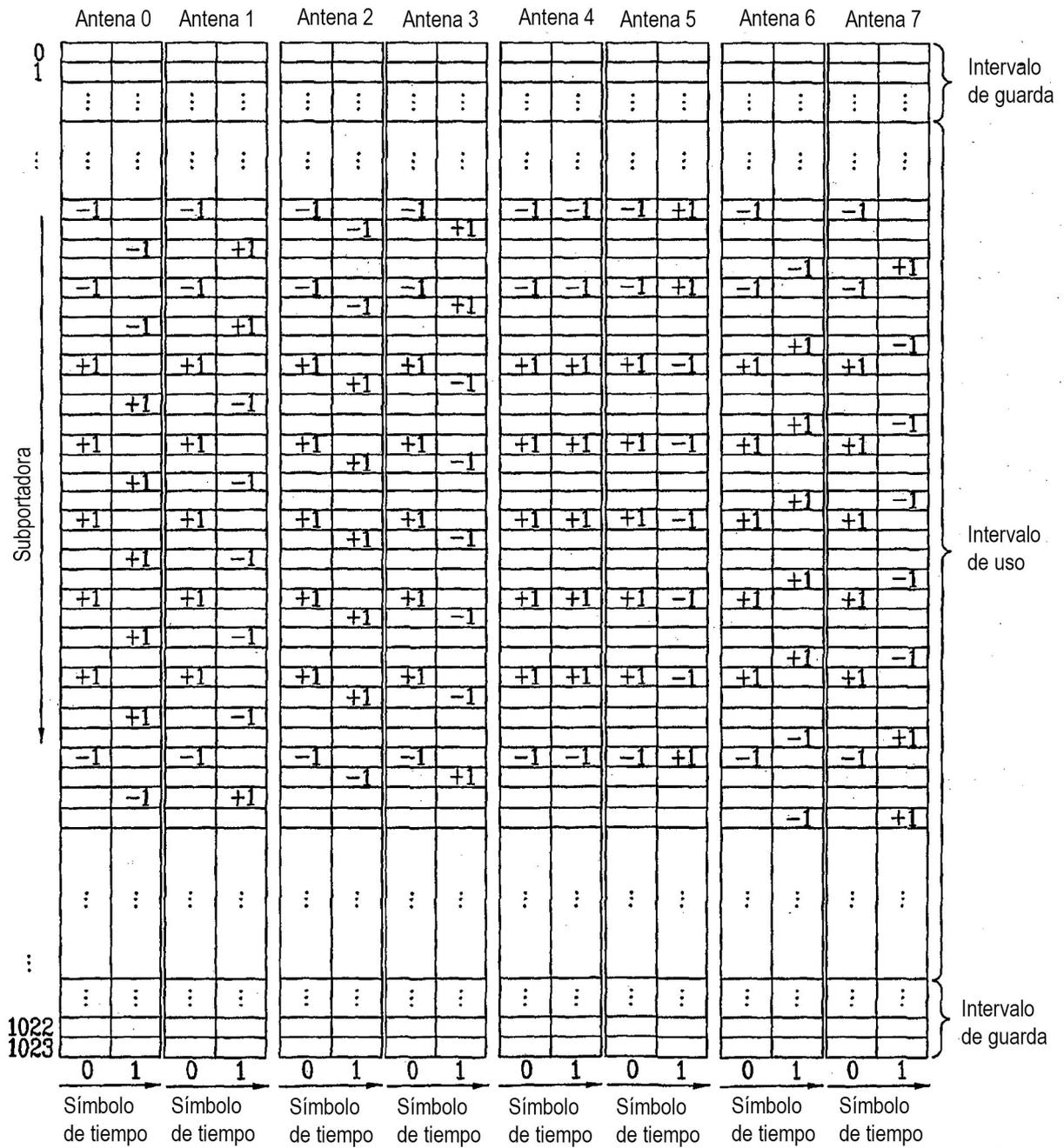


FIG. 18

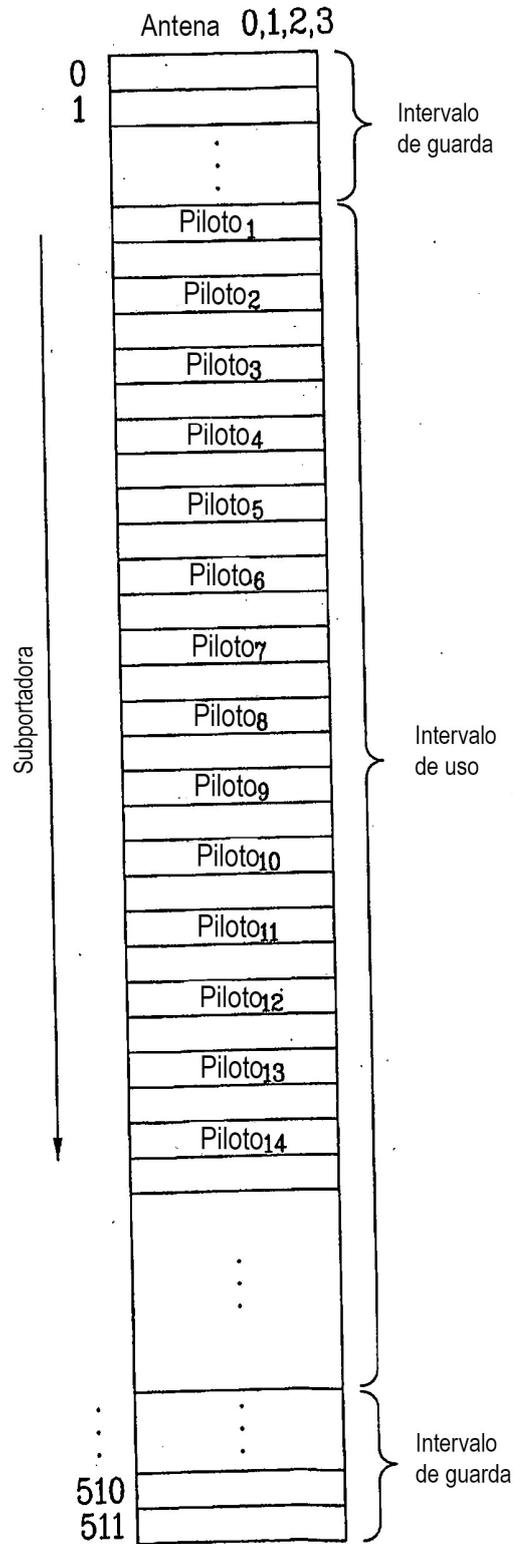


FIG. 19A

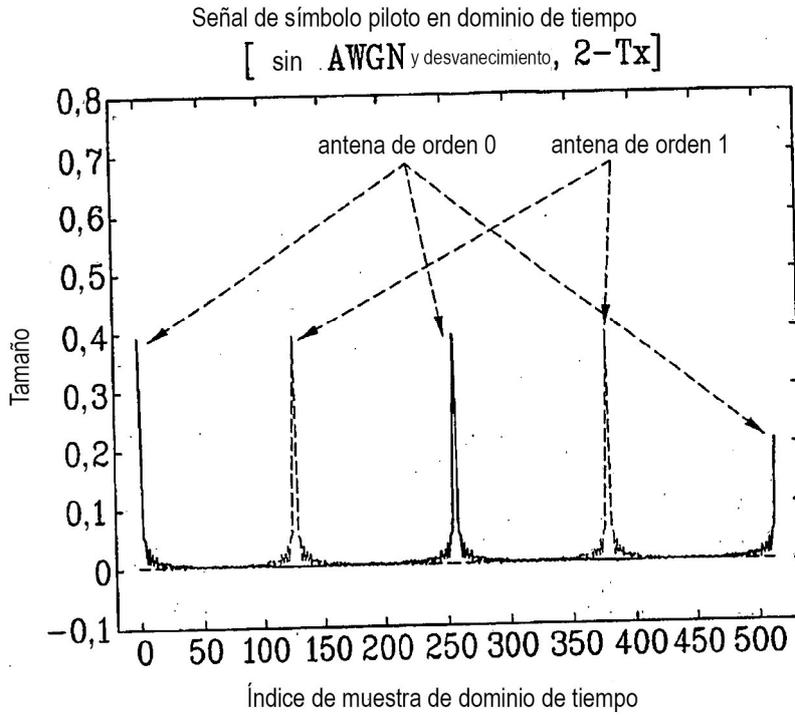


FIG. 19B

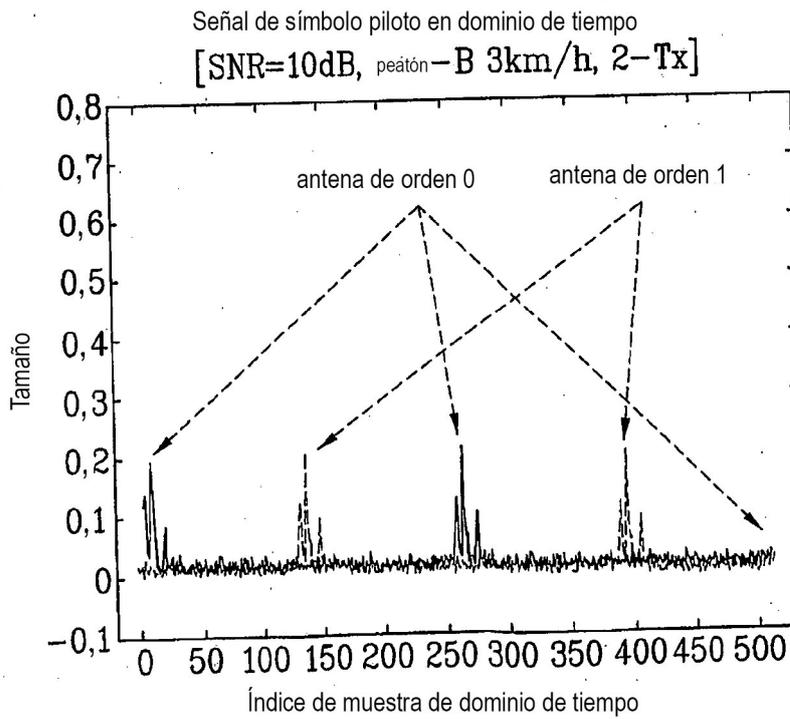


FIG. 20A

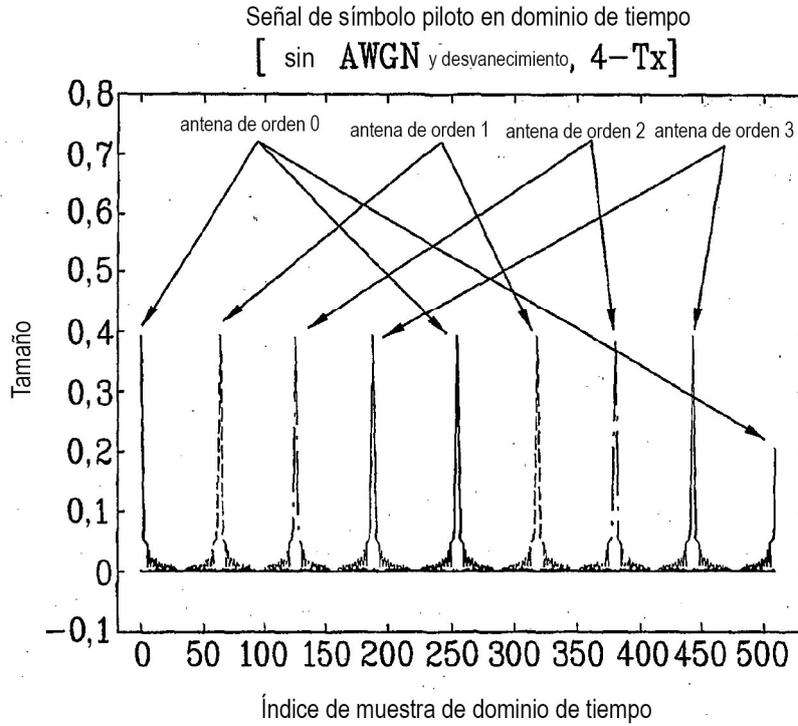


FIG. 20B

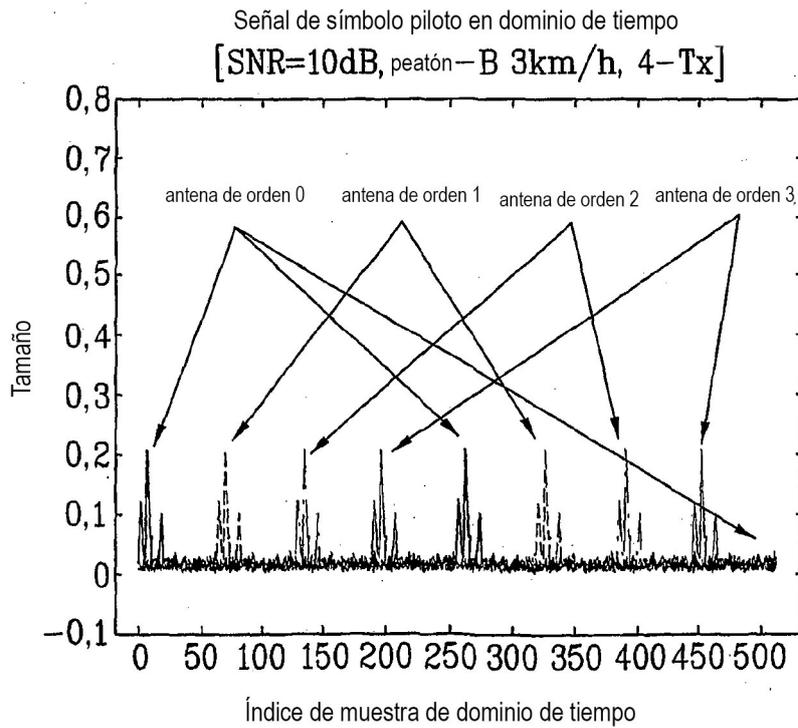


FIG. 21

