

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 215**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2004 E 04707023 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2012 EP 1597887**

54 Título: **Dispositivo de comunicación OFDM**

30 Prioridad:

**31.01.2003 JP 2003023165**

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

**14.03.2013**

73 Titular/es:

**MOTOROLA MOBILITY, LLC (100.0%)  
600 North US Highway 45  
Libertyville, IL 60048 , US**

72 Inventor/es:

**AKITA, HIDENORI y  
IKEDA, TETSU**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 398 215 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

Dispositivo de comunicación OFDM

5 La presente invención se refiere a un método de sincronización de símbolo para uso en un dispositivo de comunicación de multiplexión por división ortogonal de frecuencia (OFDM) y, más particularmente, a una tecnología que se usa en un dispositivo de comunicación OFDM, que usa un preámbulo de sincronización para conseguir sincronización de símbolo entre un transmisor y un receptor, con el fin de evitar que se deterioren las características de comunicación incluso cuando se reduce la potencia del preámbulo de sincronización.

10 La Figura 9 muestra esquemáticamente la configuración de un dispositivo de comunicación OFDM de la técnica anterior que usa un preámbulo de sincronización para conseguir sincronización de símbolo para comunicación OFDM. La sección del transmisor del dispositivo de comunicación mostrado en la figura comprende un generador 91 de preámbulo, un proveedor 93 de datos, un multiplexor 95 de tiempo, una sección 97 de inserción de ceros, una sección 99 de transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) y una sección 101 de inserción de intervalo de guarda (GI).

15 La sección del receptor del dispositivo de comunicación mostrado en la figura comprende una sección de provisión de preámbulo de dominio de tiempo (tx\_preamble), que incluye un generador 91a de preámbulo, una sección 97a de inserción de ceros, una sección 99a de IFFT y una sección 101a de inserción de GI, y un detector 107 de temporización de sincronización. El detector 107 de temporización de sincronización comprende un calculador 103 de correlación cruzada y un calculador 105 de temporización de sincronización.

20 En la configuración descrita anteriormente, el multiplexor 95 de tiempo (MUX) multiplexa en tiempo datos de preámbulo en la sección del transmisor, que se proporcionan desde el generador 91 de preámbulo en un patrón especificado, y datos de transmisión, que se proporcionan desde el proveedor 93. La sección 97 de inserción de ceros somete los datos multiplexados en tiempo a un proceso de inserción de ceros (rellenar con ceros) con el fin de evitar interferencia desde una señal externa. A los datos resultantes a continuación se realiza transformada rápida de Fourier inversa en la sección 99 de IFFT. A continuación, la sección 101 de inserción de GI añade un intervalo de guarda (GI) a los datos transformados para suprimir interferencia de trayectos múltiples. Se genera a continuación una señal OFDM de transmisión que comprende un símbolo OFDM, que comprende el intervalo de guarda e información.

25 La sección del receptor genera un preámbulo de sincronización de dominio de tiempo (tx\_preamble) en el mismo patrón que la sección del transmisor. Este preámbulo de sincronización se genera mediante el generador 91a de preámbulo, sección 97a de inserción de ceros, sección 99a de IFFT y sección 101a de inserción de GI. El calculador 103 de correlación cruzada calcula la correlación cruzada con una señal de recepción transmitida desde la sección del transmisor para el preámbulo de sincronización de dominio de tiempo (tx\_preamble). El calculador 105 de temporización de sincronización determina una posición que se desplaza desde una posición de valor de pico mediante una cantidad de tiempo especificada y genera datos de temporización de sincronización. La sincronización de símbolo se puede conseguir a continuación entre las secciones del transmisor y receptor del dispositivo de comunicación OFDM.

30 Sin embargo, el preámbulo de sincronización (tx\_preamble) usado para determinar la correlación cruzada en la sección del receptor requiere un gran número de bits debido a que tiene una distribución de Gauss y amplio intervalo dinámico. Por lo tanto, el volumen de cálculos realizados en el calculador 103 de correlación cruzada es enorme. Se propone por lo tanto que el volumen de los cálculos realizados en el calculador 103 de correlación cruzada se reduzca cuantificando el preámbulo de sincronización de dominio de tiempo a un bit como un preámbulo de sincronización (Taira, et al. "OFDM Communication System Timing Synchronization Method for Frequency-Selective Fading Environment," Journal B of The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Vol. J84-B, N° 7, págs. 1255-1264, julio 2001).

35 Como se ha descrito anteriormente, los cálculos realizados por una técnica anterior para determinar la correlación cruzada entre un preámbulo de sincronización de dominio de tiempo y una señal de recepción son grandes en volumen y no prácticos debido a que las distribuciones de amplitud de ambas señales son distribuciones de Gauss que tienen valor medio de 0. Se propone por lo tanto que se use el preámbulo de sincronización después de cuantificarse a un bit. Se prefiere también que se minimice la potencia para la transmisión del preámbulo de sincronización en el dispositivo de comunicación OFDM con el fin de reducir el tiempo requerido para cálculos de correlación cruzada y la interferencia con datos de preámbulo de sincronización. Sin embargo, si se reduce la potencia para la transmisión de preámbulo de sincronización en una situación donde se usa el preámbulo de sincronización después de cuantificarse a un bit como se ha descrito anteriormente, la tasa de errores de bit (BER) y se deterioran otras características de comunicación.

40 El documento EP 0553 841 describe un aparato para transmisión de señal digital usando multiplexión por división ortogonal de frecuencia en el que se colocan datos de referencia predeterminados en un lado del transmisor por cada portadora entre datos de transmisión válidos.

'OFDM for Wireless Multimedia Communications' por Richard Van Nee y Ramjee Prasad, Artech House Publishers describe una técnica de sincronización OFDM en la que se usa la señal de acondicionamiento recibida completa para conseguir sincronización.

5 **Sumario de la invención**

10 Se ha realizado la presente invención en vista de los problemas anteriores de la técnica anterior y proporciona un método para generar una señal multiplexada en tiempo en un dispositivo de comunicación OFDM mientras que reduce el grado de deterioro de características incluso cuando se reduce la potencia para la transmisión del preámbulo de sincronización.

15 Un aspecto de la presente invención proporciona un transmisor para uso en un dispositivo de comunicación OFDM, que usa un preámbulo de sincronización para conseguir sincronización entre el transmisor y el receptor. El transmisor obtiene una señal de preámbulo reducido de amplitud cero pasando un preámbulo de sincronización especificado a través de un filtro de paso bajo ideal para reducir un componente de señal cercano a amplitud cero en un dominio de tiempo, y multiplexa en tiempo la señal de preámbulo reducido en amplitud cero obtenida con datos de transmisión para generar una señal de transmisión OFDM.

20 En el ejemplo anterior, es conveniente que el filtro de paso bajo ideal comprenda una sección de FFT para someter una señal de entrada a la transformada rápida de Fourier (FFT) y a una sección de sustitución de ceros para proporcionar sustitución de ceros para los componentes de salida de la sección de FFT que tienen una frecuencia mayor que la especificada.

25 Adicionalmente, el filtro de paso bajo ideal puede comprender una tabla que almacene valores obtenidos cuando las señales de entrada pasan a través del filtro de paso bajo ideal de acuerdo con los valores de las señales de entrada.

30 Es conveniente también que el filtro de paso bajo ideal comprenda una tabla que almacene valores obtenidos cuando las señales de entrada pasan a través del filtro de paso bajo ideal de acuerdo con los valores de las señales de entrada.

35 Otro aspecto de la presente invención proporciona un receptor en el dispositivo de comunicación OFDM para su uso con el transmisor. El receptor, un detector de temporización de sincronización para determinar la correlación cruzada entre una señal de recepción y un preámbulo de sincronización especificado, que se modela igual que el homólogo en la sección de transmisión, y que detecta una posición de sincronización de acuerdo con la correlación cruzada determinada.

En el ejemplo anterior, es conveniente que se desplace la posición de sincronización desde una posición de pico de la correlación cruzada mediante una cantidad especificada de tiempo.

40 Otro aspecto más de la presente invención proporciona un dispositivo de comunicación OFDM que usa un preámbulo de sincronización para conseguir sincronización entre un transmisor y un receptor. El dispositivo de comunicación OFDM comprende un transmisor para obtener una señal de preámbulo reducido de amplitud cero pasando un preámbulo de sincronización especificado a través de un filtro de paso bajo ideal para reducir una amplitud cercana a cero de componente de señal en un dominio de tiempo, y generar una señal de transmisión OFDM multiplexando en tiempo la señal de preámbulo reducido en amplitud cero obtenida con datos de transmisión y un receptor que tiene un detector de temporización de sincronización para determinar la correlación cruzada entre una señal de recepción y un preámbulo de sincronización especificado, que se modela igual que el homólogo en la sección del transmisor, y que detecta una posición de sincronización de acuerdo con la correlación cruzada determinada.

50 En el ejemplo anterior, es conveniente que el filtro de paso bajo ideal comprenda una sección de FFT para someter una señal de entrada a la transformada rápida de Fourier (FFT) y una sección de sustitución de ceros para proporcionar sustitución de ceros para los componentes de salida de la sección FFT que tienen una frecuencia mayor que la especificada.

55 Adicionalmente, el filtro de paso bajo ideal puede comprender una tabla que almacene valores obtenidos cuando las señales de entrada pasan a través del filtro de paso bajo ideal de acuerdo con los valores de las señales de entrada.

60 Es también conveniente que se desplace la posición de sincronización desde una posición de pico de la correlación cruzada en el receptor mediante una cantidad especificada de tiempo.

**Breve descripción de los dibujos**

65 La Figura 1 es un diagrama de bloques que muestra esquemáticamente la configuración de una realización de un dispositivo de comunicación OFDM de acuerdo con la presente invención.

La Figura 2 es un gráfico que compara la característica de amplitud frente a PDF de un preámbulo reducido de amplitud cero de acuerdo con la presente invención frente a la de una técnica anterior.

5 La Figura 3 es un gráfico que comprara la característica de potencia frente a CDF de uso del preámbulo de sincronización de acuerdo con la presente invención frente a la de una técnica anterior.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un modelo de simulación para evaluación de rendimiento de la presente invención.

10 La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra un modelo de simulación para evaluación de rendimiento de un dispositivo de comunicación de la técnica anterior.

La Figura 6 ilustra las condiciones de simulación para evaluación de rendimiento.

15 Las Figuras 7A y 7B ilustran las características de un canal de desvanecimiento por trayectos múltiples que se usa para evaluación de rendimiento.

20 La Figura 8 es un gráfico que compara los resultados de simulación de la presente invención y la técnica anterior.

La Figura 9 es un diagrama de bloques que muestra esquemáticamente la configuración de un dispositivo de comunicación OFDM de la técnica anterior.

#### 25 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Se describirán ahora realizaciones preferidas de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos. La Figura 1 muestra esquemáticamente la configuración de una realización de un dispositivo de comunicación OFDM de acuerdo con la presente invención. La sección del transmisor del dispositivo de comunicación mostrado en la figura comprende un generador 10 de señal de sincronización, un proveedor 7 de datos, una sección 9 de inserción de ceros, un multiplexor 11 (MUX) de tiempo, una sección 13 de la transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) y una sección 15 de inserción de intervalo de guarda (GI). El generador 10 de señal de sincronización incluye un generador 1 de preámbulo, una sección 3 de transformada rápida de Fourier (FFT) y una sección 5 de sustitución de ceros.

35 La sección del receptor del dispositivo de comunicación comprende un detector 20 de temporización de sincronización, que incluye un calculador 19 de correlación cruzada y un calculador 21 de temporización de sincronización y un proveedor 17 de preámbulo, que genera un preámbulo de sincronización (org\_preamble) que se modela igual que el homólogo generado del generador 1 de preámbulo en la sección del transmisor.

40 En la sección del transmisor del dispositivo de comunicación OFDM mostrado en la Figura 1, el generador 10 de señal de sincronización genera una señal de preámbulo reducido de amplitud cero. En otras palabras, se proporciona la señal de preámbulo original (org\_preamble) para un patrón especificado proporcionado del generador 1 de preámbulo a un filtro de paso bajo ideal (LPF ideal), que comprende la sección 3 de FFT y la sección 5 de sustitución de ceros. El LPF ideal se implementa cuando se realiza la transformada rápida de Fourier a la señal de preámbulo original en la sección 3 de FFT y a continuación se someten los componentes que tienen frecuencias más altas que aquellas en una banda de paso especificada a sustitución de ceros. Más particularmente, el LPF ideal se implementa sometiendo componentes de frecuencia que tienen frecuencias mayores que la especificada a sustitución de ceros.

50 En la práctica, el LPF ideal puede comprender una tabla que almacena valores obtenidos cuando se pasan señales de entrada a través del filtro de paso bajo ideal de acuerdo con los valores de las señales de entrada. Cuando se emplea y configura tal tabla para obtener una señal de salida en respuesta a una señal de entrada, se puede implementar un LPF ideal que tiene una estructura simple y una velocidad de respuesta alta.

55 La señal X de preámbulo reducido de amplitud cero, que se obtiene como se ha descrito anteriormente, se proporciona al multiplexor 11 de tiempo. Los datos de transmisión introducidos desde el proveedor 7 de datos se someten a inserción de ceros en la sección 9 de inserción de ceros como es el caso con la técnica anterior mencionada anteriormente, proporcionados al multiplexor 11 de tiempo y multiplexados en tiempo con la señal X de preámbulo reducido de amplitud cero. Se realiza a la señal multiplexada en tiempo resultante la transformada rápida de Fourier inversa en la sección 13 de IFFT. Adicionalmente, la sección 15 de inserción de GI inserta un intervalo de guarda en la señal resultante. Esto produce una señal OFDM de transmisión.

60 La sección del receptor obtiene una señal de recepción recibiendo la señal OFDM de transmisión, que se obtiene de una manera descrita anteriormente, mediante un canal de comunicación deseado. En el calculador 19 de correlación cruzada, esta señal de recepción calcula la correlación cruzada con un preámbulo de sincronización de 1-bit (org\_preamble) que prevalece antes de pasar a través del LPF ideal en la sección del transmisor. El valor de

correlación cruzada resultante tiene un valor de pico para una parte de temporización especificada. El calculador 21 de temporización de sincronización calcula una posición de sincronización, que se desplaza desde la posición de valor de pico mediante una cantidad de tiempo especificada. Se consigue a continuación la sincronización de símbolo entre las secciones del transmisor y receptor.

5 La Figura 2 compara las características de amplitud frente a PDF de la señal de preámbulo reducido de amplitud cero, que se usa con el dispositivo de comunicación OFDM de acuerdo con la presente invención, y la señal de preámbulo de sincronización, que se usa con la técnica anterior. El término "PDF" es un acrónimo para la función de densidad de probabilidad. Como es evidente a partir de la Figura 2, la cantidad de componente de señal cercana a  
10 cero del preámbulo de sincronización de acuerdo con la presente invención es menor que la de la técnica anterior. Se puede estimar, por lo tanto, que disminuiría la probabilidad de deterioro significativo en la relación portadora a ruido instantánea (CNR). Por lo tanto, es posible reducir la potencia requerida para la transmisión del preámbulo de sincronización.

15 La Figura 3 compara las características de potencia frente a CDF (función de distribución acumulativa) de la señal de preámbulo reducido de amplitud cero de acuerdo con la presente invención y la señal de preámbulo de sincronización de la técnica anterior. Se puede observar a partir de la figura que se reduce una porción de baja potencia del preámbulo de sincronización de acuerdo con la presente invención en términos de distribución.

20 Para comparación entre las ventajas proporcionadas por la presente invención y la técnica anterior, se evalúan los modelos de simulación mostrados en las Figuras 4 y 5. La Figura 4 muestra un modelo de simulación para un dispositivo de comunicación que está configurado de acuerdo con la presente invención. En la configuración mostrada en la Figura 4, la configuración de una sección de transmisión es básicamente la misma que la de la sección de transmisión del dispositivo de comunicación mostrado en la Figura 1. Más específicamente, la sección de  
25 transmisión mostrada en la Figura 4 comprende un generador 41 de preámbulo, una sección 43 de FFT, una sección 45 de sustitución de ceros, un proveedor 47 de datos, un modulador 48 QPSK, una sección 49 de inserción de ceros, un multiplexor 51 de tiempo, una sección 53 de IFFT y una sección 55 de inserción de GI. Debe observarse, sin embargo, que el modulador 48 QPSK se proporciona entre el proveedor 47 de datos y la sección 49 de inserción de ceros.

30 Se incorporan un canal 57 de desvanecimiento por trayectos múltiples, un sumador 59, un generador 51 de ruido blanco (AWGN), un detector 63 de temporización de sincronización, un eliminador 65 de GI, una sección 67 de FFT, un demodulador 69 QSPK y un calculador 71 BER no codificada para evaluar la señal en la sección del transmisor mostrada en la Figura 4.

35 La Figura 5 muestra un modelo de simulación para la técnica anterior. Como es el caso con la sección del transmisor mostrada en la Figura 9, la sección del transmisor mostrada en la Figura 5 comprende un generador 73 de preámbulo, un proveedor 75 de datos, un modulador 77 QPSK, un multiplexor 79 de tiempo, una sección 81 de inserción de ceros, una sección 83 de IFFT y una sección 85 de inserción de GI. Debe observarse que el modulador  
40 77 QPSK se proporciona entre el proveedor 75 de datos y el multiplexor 79 de tiempo. Los elementos para recibir una señal desde la sección del transmisor descritos anteriormente para fines de evaluación se configuran al igual como se muestra en la Figura 4 y se designan mediante los mismos números de referencia como se indica en la Figura 4.

45 El detector 63 de temporización de sincronización en las Figuras 4 y 5 está configurado al igual que los detectores 20, 107 de temporización de sincronización que se muestran en las Figuras 1 y 9, respectivamente. Adicionalmente, se emplea la tasa de errores de bit de información no codificada (BER no codificada) prevalente cuando se atenúa la potencia para la transmisión de preámbulo de sincronización como un índice de evaluación.

50 Las Figuras 6 y 7 representan condiciones de simulación. La Figura 6 muestra diversas condiciones de simulación. En la Figura 6, el término "SCH" denota un canal de transmisión de preámbulo de sincronización, mientras que el término "DTCH" denota un canal de transmisión de datos.

55 Las Figuras 7A y 7B muestran un modelo de canal para un canal de desvanecimiento por trayectos múltiples. La Figura 7A muestra una longitud de onda de respuesta de impulso de tipo de 12 trayectorias. El valor "Tc" indica un ciclo de señal OFDM de transmisión por muestra. La Figura 7B muestra el tiempo de retardo y ganancia de cada trayectoria.

60 La Figura 8 muestra los resultados de la simulación descrita anteriormente. Cuando la BER no codificada es 0,05, es evidente a partir de esta figura que la potencia requerida para la transmisión del preámbulo de sincronización de acuerdo con la presente invención es aproximadamente 1 dB menor que en la técnica anterior en la que se cuantifica el preámbulo de sincronización empleado a un bit. Una BER no codificada de 0,05 es equivalente a una BLER (tasa de errores de bloque) de 0,01 cuando se usa un código Viterbi de tasa 1/2. En la presente invención, se usa un preámbulo de sincronización de tipo 1-bit para correlación cruzada en la sección del receptor. Por lo tanto, el  
65 volumen de los cálculos de correlación cruzada puede ser el mismo que para el tipo de cuantificación de 1-bit de la técnica anterior.

5 Como un preámbulo de sincronización para sincronización de símbolo entre un transmisor y un receptor en un dispositivo de comunicación OFDM, la presente invención usa un preámbulo que ha pasado a través de un LPF ideal como se ha descrito anteriormente. Es posible, por lo tanto, evitar las características de deterioro significativamente incluso cuando se reduce la potencia de preámbulo de sincronización. Como un resultado, se puede mantener una calidad de comunicación excelente incluso cuando se disminuye el preámbulo de sincronización para reducir el tiempo de cálculo e interferencia con datos.

Descripción de los símbolos

- 10 1: generador de preámbulo
- 3: sección de FFT
- 5: sección de sustitución de ceros
- 7: proveedor de datos
- 9: sección de inserción de ceros
- 15 10: generador de señal de sincronización
- 11: multiplexor de tiempo
- 13: sección de IFFT
- 15: sección de inserción de GI
- 17: proveedor de señal de preámbulo
- 20 19: calculador de correlación cruzada
- 20: detector de temporización de sincronización
- 21: calculador de temporización de sincronización

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para generar una señal multiplexada en tiempo en un transmisor OFDM, comprendiendo el método las etapas secuenciales de:

5           obtener una señal de preámbulo reducido de amplitud cero haciendo pasar un preámbulo de sincronización especificado a través de un filtro (3) de paso bajo ideal para reducir una cantidad de componentes de señal que tienen amplitud cercana a cero;  
10           multiplexar en tiempo dicha señal de preámbulo reducido de amplitud cero con datos de transmisión para generar una señal de transmisión OFDM.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que dicho filtro (3) de paso bajo ideal comprende una sección de transformada rápida de Fourier (FFT) para someter el preámbulo de sincronización a FFT y una sección de sustitución de ceros para proporcionar sustitución de ceros para los componentes de salida de la sección de FFT que tienen una frecuencia mayor que la especificada.

3. El método de acuerdo con la reivindicación 1 en el que dicho filtro (3) de paso bajo ideal comprende una tabla que almacena los valores obtenidos cuando las señales de entrada pasan a través de dicho filtro de paso bajo ideal de acuerdo con los valores de las señales de entrada.

20

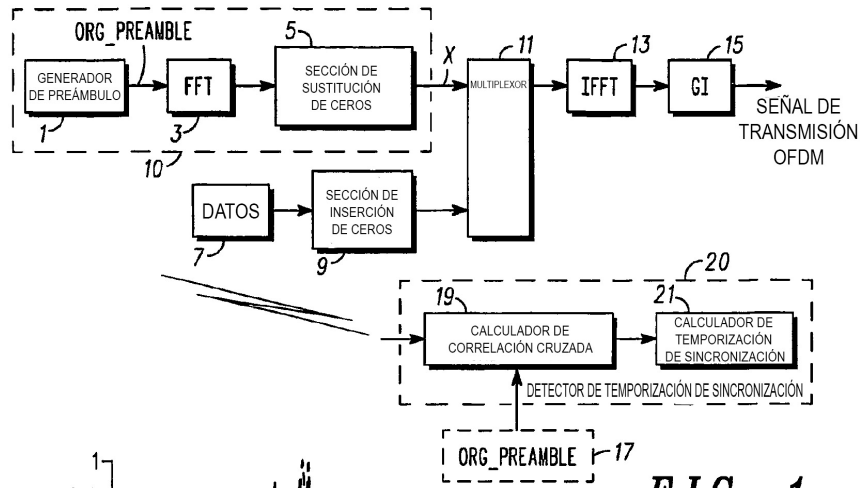


FIG. 1

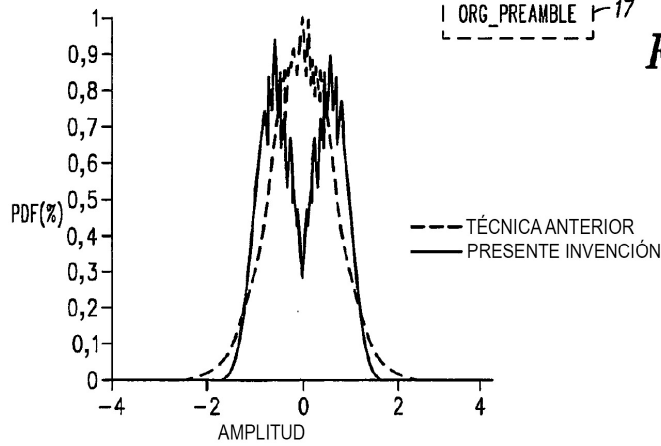
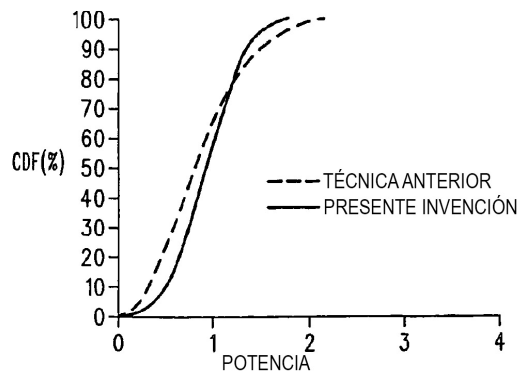


FIG. 2

FIG. 3





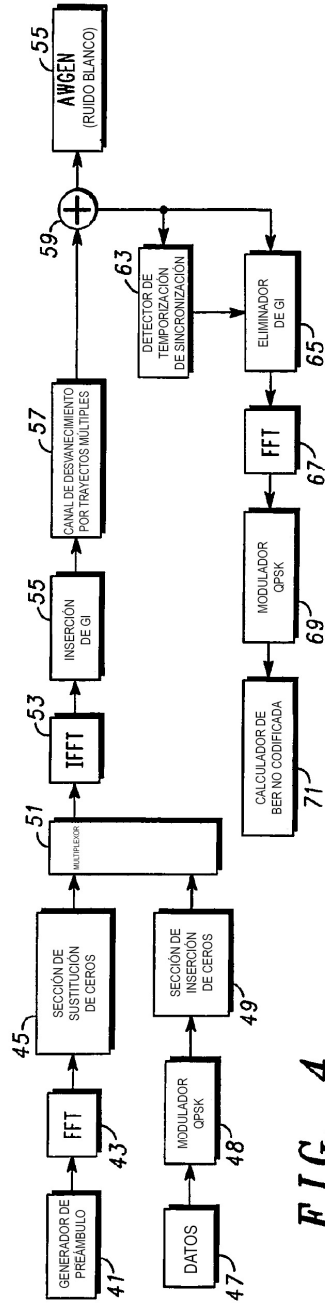


FIG. 4

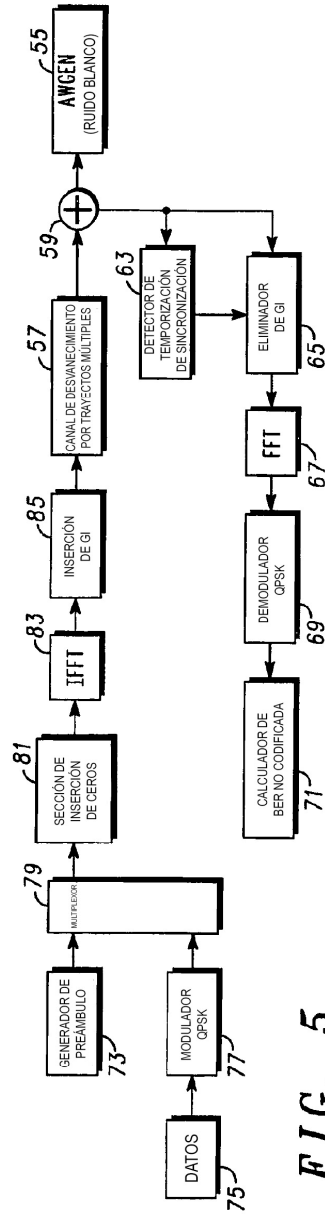


FIG. 5

ANCHO DE BANDA	101.25 MHz
NÚMERO DE SUBPORTADORAS	768
NÚMERO DE PUNTOS IFFT/FFT	1024
PERIODO DE SÍMBOLO OFDM (DATOS EFECTIVOS MÁS GI)	9.259µS (1024 MUESTRAS+226 MUESTRAS) (7,585µS + 1,674 µS)
LONGITUD DE TRAMA	55 SÍMBOLOS OFDM (52DTCH, 2PICH, 1SCH)
MODULACIÓN	QPSK
MODELO DE CANAL	VÉASE FIG. 7
OTRA INTERFERENCIA DE CELDA	DISTRIBUCIÓN DE GAUSS (CNR=12dB)
ESTIMACIÓN DE CANAL	ESTIMACIÓN ASISTIDA DE SÍMBOLO PILOTO
SCH/DTCH	0, -2, -4, -6, -8, -10dB

FIG. 6

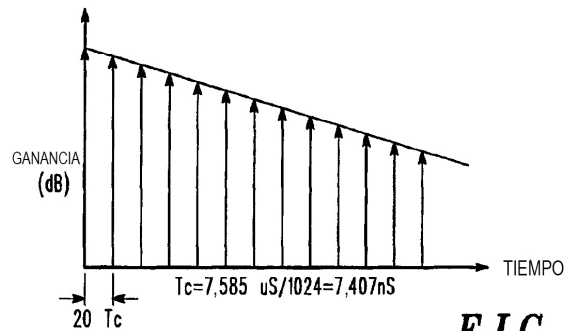


FIG. 7A

NÚMERO DE TRAYECTORIA	RETARDO (nS)	GANANCIA (dB)
1	0.000	0.000
2	148.145	-1.000
3	296.289	-2.000
4	444.436	-3.000
5	592.578	-4.000
6	740.723	-5.000
7	888.867	-6.000
8	1037.012	-7.000
9	1185.156	-8.000
10	1333.301	-9.000
11	1481.445	-10.000
12	1629.590	-11.000

FIG. 7B

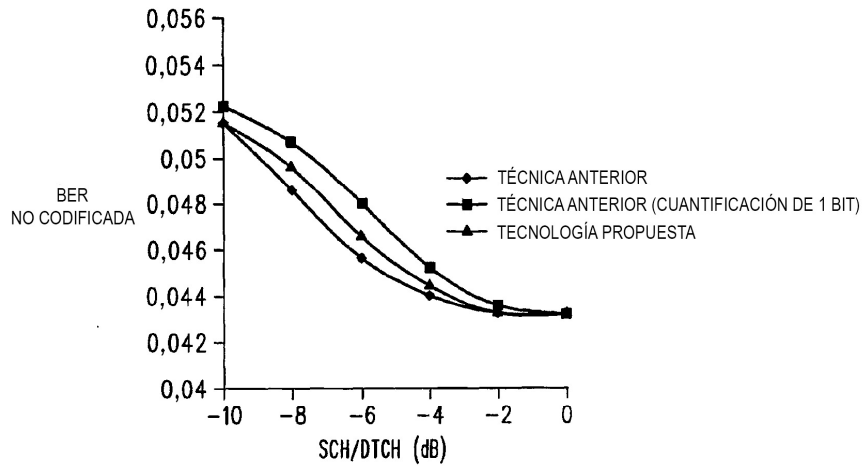


FIG. 8

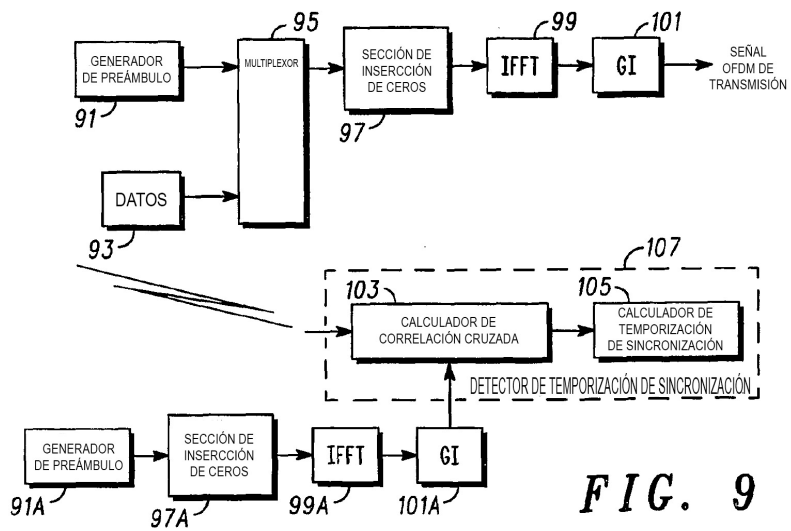


FIG. 9