

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 806 848**

51 Int. Cl.:

**H03M 1/00** (2006.01)

**H04L 5/00** (2006.01)

**H04L 27/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2017 PCT/EP2017/051857**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.08.2017 WO17140477**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2017 E 17703079 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020 EP 3417547**

54 Título: **Método y aparato para generar señales OFDM NB-IoT con una tasa menor de muestreo**

30 Prioridad:

**15.02.2016 US 201662295358 P**

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

**18.02.2021**

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)  
(100.0%)  
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

**HILL, JOHAN y  
BRESCHER, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

ES 2 806 848 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

Método y aparato para generar señales OFDM NB-IoT con una tasa menor de muestreo

5 **Campo técnico**

La presente divulgación se refiere a un transmisor OFDM y a un método relacionado.

10 **Antecedentes**

10 La intercomunicación entre máquinas y la comunicación entre máquinas y humanos, la comunicación de tipo máquina (MTC), están creciendo en importancia. Las redes de dispositivos que intercambian información crecen constantemente en importancia y construyen el Internet de las cosas (IoT). Las tecnologías celulares adoptadas para estas aplicaciones MTC particulares se están desarrollando y tienen un papel importante dentro de IoT. Los  
15 requisitos para mantener bajos los costos y el consumo de energía son difíciles al mismo tiempo que se necesita extender la cobertura. Todos estos aspectos deben abordarse al diseñar para las futuras tecnologías de acceso de IoT. 3GPP (proyecto de asociación de tercera generación) está investigando actualmente cómo cumplir con estos objetivos de diseño y varias propuestas están en discusión. Los estudios actuales se han trasladado recientemente de GERAN a RAN y tienen en común que todos tienen un ancho de banda del sistema mucho más bajo en  
20 comparación con LTE (evolución a largo plazo) de hoy. Todas estas soluciones llamadas "nuevo comienzo" apuntan al ancho de banda del sistema de alrededor de 200 kHz para permitir el despliegue en el antiguo espectro GSM y en sitios GSM existentes.

25 Una propuesta se llama NB IoT (IoT de banda estrecha). Cabe señalar que NB IoT se denominó inicialmente NB LTE en la estandarización temprana, pero luego se renombró a NB IoT. Otras soluciones se conocen como banda estrecha (NB) M2M y NB OFDMA. También se ha propuesto una solución combinada llamada NB CIoT (IoT celular) con enlace ascendente NB M2M y enlace descendente NB OFDMA.

30 Una característica de NB IoT es el funcionamiento en banda, es decir, NB IoT puede desplegarse perforando las subportadoras LTE un bloque de recursos físicos (PRB) de ancho y usarlo para la transmisión de NB IoT. Para habilitar este funcionamiento en banda, es importante sintetizar las numerologías de NB IoT con LTE heredada para evitar interferencia mutua entre NB IoT y LTE heredada. En particular, se supone que NB IoT mantiene la estructura de dominio tiempo LTE, incluyendo la duración del símbolo de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) y la duración del prefijo cíclico (CP). Una solución directa es reutilizar la tasa de muestra en la relación de  
35 ancho de banda del sistema de LTE, es decir, 1,92 MHz, 3,84 MHz, 7,68 MHz, 15,36 MHz, 23,04 MHz y tasa de muestra de 30,72 MHz relacionados con anchos de banda de canal LTE de 1,4 MHz, 3, 5 MHz, 10 MHz, 15 MHz, 20 MHz.

40 **Sumario**

Los inventores han desarrollado un enfoque para obtener la generación de señal a una tasa de muestreo relativamente baja en NB IoT y sistemas similares.

45 De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un método en un circuito de transmisor para generar una señal que comprende una primera secuencia de un número entero  $N_{sym}$  de símbolos OFDM, que han de transmitirse dentro de una subbanda de frecuencia de una segunda secuencia de  $N_{sym}$  símbolos OFDM. La primera secuencia de símbolos OFDM y la segunda secuencia de símbolos OFDM han de transmitirse con la misma temporización. Un primer prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una primera duración. Un segundo prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una segunda duración. La segunda duración es más corta  
50 que la primera duración, de modo que para generar el primer y el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes, se requiere una primera tasa de muestreo. El método comprende generar la señal que comprende la primera secuencia de símbolos OFDM a una segunda tasa de muestreo, inferior a la primera tasa de muestreo. El método comprende además ajustar una fase de muestreo durante los prefijos cíclicos.

55 De acuerdo con algunas realizaciones, un espacio de subportadora de los símbolos OFDM de la primera y segunda secuencia de símbolos OFDM son 15 kHz, la primera duración es 160/30,72  $\mu$ s y la segunda duración es 144/30,72  $\mu$ s.

60 De acuerdo con algunas realizaciones, la primera tasa de muestreo es 1,92 MHz.

De acuerdo con algunas realizaciones, los símbolos OFDM de la primera secuencia de símbolos OFDM tienen 12 subportadoras.

65 De acuerdo con algunas realizaciones, el primer prefijo cíclico es un prefijo cíclico inicial de la segunda secuencia de símbolos OFDM, y todos los prefijos cíclicos posteriores de la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la segunda duración.

De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda secuencia de símbolos OFDM se transmite en un sistema de evolución a largo plazo, LTE, de proyecto de asociación de tercera generación, y corresponde a un intervalo.

La primera secuencia de símbolos OFDM puede transmitirse en un sistema NB IoT.

5 De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda tasa de muestreo es de 240 kHz.

De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda tasa de muestreo es de 480 kHz.

10 De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda tasa de muestreo es de 960 kHz.

De acuerdo con algunas realizaciones, ajustar la fase de muestreo comprende establecer un instante de muestra inicial durante un símbolo OFDM para que se produzca un múltiplo no entero de períodos a la segunda tasa de muestreo después de un instante de muestra final de un símbolo OFDM anterior.

15 De acuerdo con un segundo aspecto, se proporciona un circuito de transmisor para generar una señal que comprende una primera secuencia de un número entero  $N_{sym}$  de símbolos OFDM, que han de transmitirse dentro de una subbanda de frecuencia de una segunda secuencia de  $N_{sym}$  símbolos OFDM. La primera secuencia de símbolos OFDM y la segunda secuencia de símbolos OFDM han de transmitirse con la misma temporización. Un primer prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una primera duración. Un segundo prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una segunda duración. La segunda duración es más corta que la primera duración, de modo que para generar el primer y el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes, se requiere una primera tasa de muestreo. El circuito de transmisor comprende un convertidor de digital a analógico configurado para generar la señal que comprende la primera secuencia de símbolos OFDM a una segunda tasa de muestreo, inferior a la primera tasa de muestreo. El circuito de transmisor también comprende una unidad de control configurada para ajustar una fase de muestreo del convertidor de digital a analógico durante los prefijos cíclicos.

20

25

30 De acuerdo con algunas realizaciones, un espacio de subportadora de los símbolos OFDM de la primera y segunda secuencia de símbolos OFDM son 15 kHz, la primera duración es 160/30,72  $\mu$ s y la segunda duración es 144/30,72  $\mu$ s.

De acuerdo con algunas realizaciones, la primera tasa de muestreo es 1,92 MHz.

35 De acuerdo con algunas realizaciones, los símbolos OFDM de la primera secuencia de símbolos OFDM tienen 12 subportadoras.

40 De acuerdo con algunas realizaciones, el primer prefijo cíclico es un prefijo cíclico inicial de la segunda secuencia de símbolos OFDM, y todos los prefijos cíclicos posteriores de la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la segunda duración.

De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda secuencia de símbolos OFDM se transmite en un sistema de evolución a largo plazo, LTE, de proyecto de asociación de tercera generación, 3GPP, y corresponde a un intervalo.

45 La primera secuencia de símbolos OFDM puede transmitirse en un sistema NB IoT.

De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda tasa de muestreo es de 240 kHz.

De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda tasa de muestreo es de 480 kHz.

50 De acuerdo con algunas realizaciones, la segunda tasa de muestreo es de 960 kHz.

55 De acuerdo con algunas realizaciones, la unidad de control está configurada para ajustar la fase de muestreo estableciendo un instante de muestra inicial durante un símbolo OFDM para que se produzca un múltiplo no entero de períodos a la segunda tasa de muestreo después de un instante de muestra final de un símbolo OFDM anterior.

De acuerdo con un tercer aspecto, se proporciona un dispositivo electrónico que comprende el circuito de transmisor de acuerdo con el segundo aspecto. El dispositivo electrónico puede, por ejemplo, ser un dispositivo MTC o un nodo de red para un sistema de comunicación celular.

60 **Breve descripción de los dibujos**

Otros objetos, características y ventajas de los ejemplos de la divulgación aparecerán a partir de la siguiente descripción detallada, haciendo referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

65 La figura 1 ilustra bloques funcionales de un transmisor.

La figura 2 ilustra la salida de un convertidor de digital a analógico.

La figura 3 ilustra un método.

5

La figura 4 es un diagrama de bloques de un transmisor.

La figura 5 ilustra un entorno de comunicación.

10 **Descripción detallada**

Un desafío para NB IoT es poder reutilizar la relación de tasa de muestreo LTE heredada con el sistema BW (ancho de banda). No habrá un número entero de muestras por símbolo de prefijo cíclico si la escala se aplica solo en relación con el número requerido de muestras por símbolo. Una solución es realizar un muestreo ascendente/descendente directo a la tasa de muestreo LTE más baja de LTE, 1,92 MHz, y realizar la eliminación y adición de CP respectivamente. Los inventores se han dado cuenta de que esto puede ser demasiado costoso para dispositivos MTC de bajo costo, ya que requiere más procesamiento del dispositivo y consume más energía con una menor duración de la batería y un mayor costo del conjunto de chips como consecuencia. Es crucial con un bajo costo y bajo consumo de energía para muchas aplicaciones MTC y es deseable poder reducir la tasa de muestreo para el sistema NB IoT completo y no solo en parte.

15

20

Esta divulgación propone una arquitectura de transmisor para mantener la tasa de muestreo del sistema completo lo más baja posible y evitar cualquier muestreo ascendente a una frecuencia de reloj más alta para la adición de CP. De acuerdo con los ejemplos, un convertidor de digital a analógico (DAC) se configura con un muestreo no uniforme activado cuando se va a transmitir un prefijo cíclico.

25

Aunque el costo del eNodeB NB IoT (es decir, en el lado de la red) es menos preocupante que en el lado del dispositivo, las cadenas de transmisión propuestas también se pueden usar en el eNodeB para reducir el costo donde sea necesario.

30

Una característica beneficiosa de NB IoT es el funcionamiento en banda con LTE heredada. Esto hace que prefiera usar más o menos la numerología LTE. El espacio de subportadora es de 15 kHz y la longitud de CP 160/30,72  $\mu$ s para el primer símbolo OFDM de cada intervalo y 144/30,72  $\mu$ s para el otro. La tasa de muestreo más baja requerida aplicable para un número entero de muestras por CP, para ambas longitudes de CP, es 1,92 MHz. A 1,92 MHz, el CP del primer símbolo OFDM se representaría con 10 muestras, y el CP de los otros símbolos OFDM se representaría con 9 muestras cada uno.

35

En esta divulgación, se propone una arquitectura, adecuada para NB IoT, para reducir aún más la tasa de muestra en comparación con los 1,92 MHz mencionados anteriormente. El UE (equipo de usuario) es más sensible a los costos que el eNodeB y, por lo tanto, el foco está en el lado del UE. Sin embargo, las ideas divulgadas son aplicables también en el lado eNodeB.

40

NB IoT se usa como un sistema de ejemplo en esta divulgación, pero la divulgación también puede aplicarse en otros sistemas similares. Las consideraciones del diseño de un transmisor se presentan a continuación en términos de un ejemplo.

45

El ancho de banda útil de NB IoT es de 180 kHz incluso cuando se despliega dentro de una portadora LTE ancha. Por lo tanto, es suficiente tener una tasa de muestra de 180 kHz para satisfacer el teorema de muestreo de Nyquist. Desde el punto de vista de la complejidad computacional, es beneficioso usar una FFT o IFFT con una cantidad de puntos que es una potencia de número entero de 2. Suponiendo que NB-LTE tenga 12 subportadoras, cada una con un ancho de banda de 15 kHz, el tamaño de FFT/IFFT del enlace ascendente puede ser de 16 ( $= 2^4$ ) puntos para minimizar la complejidad computacional. La FFT de 16 puntos y el ancho de banda de 15 kHz para cada subportadora dan como resultado una tasa de muestra de 240 kHz.

50

La figura 1 es un diagrama de bloques funcional que ilustra un ejemplo de una cadena de transmisor para facilitar la comprensión de las realizaciones descritas en el presente documento. El uso de una tasa de muestra de 240 kHz se supone en la descripción de la figura 1, pero debe recordarse que también se pueden usar otras tasas de muestra, también inferiores a 1,92 MHz.

55

Modulador 1: este bloque funcional es el modulador como en cualquier sistema de comunicación. Sus mapas introducen flujo de bits a símbolos de constelación.

60

Convertidor de serie a paralelo 2: este bloque funcional formatea los símbolos del dominio tiempo en serie en bloques, cada uno de longitud M, donde M es un número entero.

65

FFT de M puntos 3: este bloque funcional convierte cada M símbolos de dominio tiempo paralelo en M símbolos de dominio frecuencia.

5 Mapeo de subportadora 4: este bloque funcional mapea cada M símbolos de dominio frecuencia a las subportadoras especificadas para la transmisión.

IFFT de 16 puntos 5: este bloque funcional convierte los símbolos mapeados en las 16 subportadoras nuevamente al dominio tiempo.

10 Adicionador de CP 6: dado que la señal tiene una tasa de muestreo de 240 kHz, cada primer símbolo OFDM de cada intervalo tiene un CP de 10/8 muestras y el resto de los símbolos OFDM 9/8 muestras. El adicionador de CP selecciona una muestra de CP que es la mejor estimación del prefijo cíclico. Un ejemplo de esto se da con referencia a la figura 2 a continuación.

15 Control de CP de DAC 7: este bloque funcional controla la conversión de señal del DAC. Cuando un CP debe convertirse de digital a analógico, mantiene la señal 10/8 veces más o 9/8 veces más de lo normal o realiza cualquier otra interpolación como, por ejemplo, poner la señal a 0 para 2 /8 respectivamente 1/8 de tiempo y dejar que el filtro de reconstrucción adopte una señal continua, como se ilustra en la figura 2. En otras palabras, la unidad de control de CP de DAC 7 está configurada para ajustar una fase de muestreo del convertidor de digital a analógico (DAC, descrito a continuación) durante los prefijos cíclicos.

25 DAC 8: convierte la señal digital en señal analógica y filtra la señal de salida para la reconstrucción. DAC 8 tiene una funcionalidad para soportar el muestreo no uniforme controlado por la inserción del prefijo cíclico del control de CP de DAC 7, con el fin de permitir el ajuste de la fase de muestreo durante los prefijos cíclicos. DAC 8 puede ser de cualquier tipo conocido, por ejemplo, DAC sigma-delta o DAC Nyquist. La funcionalidad para soportar el muestreo no uniforme puede, por ejemplo, lograrse proporcionando una fase ajustable de ancho de señal de reloj de muestreo al DAC 8. Por ejemplo, un generador de señal de reloj puede configurarse para generar una pluralidad de señales de reloj de muestreo que se ejecutan a la misma frecuencia (por ejemplo, 240 kHz) con retrasos de fase entre las diferentes señales de reloj de muestreo. El ajuste de la fase de muestreo puede obtenerse seleccionando cuál de las  
30 señales de reloj de muestreo es proporcionada actualmente al DAC 8. También se pueden usar otras soluciones, como el uso de un bucle de fase bloqueada (PLL) con fase ajustable.

Unidad de RF 9: convierte la señal a RF para la transmisión.

35 La figura 2 ilustra un ejemplo de forma de onda de salida para el DAC 8. Si la tasa de muestra del DAC 8 se denota  $f_s$ , el tiempo de período correspondiente T es  $1/f_s$ . La parte central de la figura 2 ilustra el símbolo OFDM 0, es decir, el primer símbolo OFDM de un intervalo. Una copia de la última muestra del símbolo se selecciona como el único CP de muestra de acuerdo con este ejemplo, como lo indica la flecha discontinua 50. Como ejemplo, se inserta un cero con una longitud de  $2/8 T$  para tener en cuenta la longitud variable de CP, que es  $10/8 T$  en el primer símbolo. Para  
40 los otros símbolos del intervalo, la longitud del cero es  $1/8 T$ , para la cual la longitud CP es  $9/8 T$ . Estos ceros insertados, que se insertan justo antes de los prefijos cíclicos en el ejemplo, se indican por el signo de referencia 60 en la figura 2. La explicación anterior supone que  $f_s = 240$  kHz. Para otras tasas de muestreo, que son equivalentes a otros valores de T, los números serían diferentes. Por ejemplo, para una tasa de muestreo de 480 kHz, lo que significa que T es la mitad de eso para 240 kHz, los ceros insertados serían de longitudes  $2/4 T$  (primer símbolo) y  $1/4 T$  (otros símbolos). Del mismo modo, para una tasa de muestra de 960 kHz, lo que significa que T es la mitad de  
45 eso para 480 kHz, los ceros insertados serían de  $2/2 T$  (primer símbolo) y  $1/2 T$  (otros símbolos). Además, las tasas de muestreo superiores a 240 kHz permiten el uso de más de un único CP de muestra. Por ejemplo, para 480 kHz, se puede usar una copia de 0 de las dos últimas muestras del símbolo en el CP, y para 960 kHz, se puede usar una copia de las cuatro últimas muestras del símbolo en el CP. La divulgación no se limita al ejemplo anterior de generar los valores de señal para el CP. El punto importante para permitir reducir la tasa de muestreo (por ejemplo, por debajo de 1,92 MHz en el ejemplo de NB IoT considerado en el presente documento) es el ajuste de la fase de muestreo durante el prefijo cíclico. En el ejemplo de la figura 2, este ajuste de la fase de muestreo se obtiene retrasando el primer instante de muestreo en el símbolo por  $2/8 T$  (para el primer símbolo en el intervalo) o  $1/8 T$  (para los otros símbolos en el intervalo). El retraso en este contexto debe interpretarse en comparación con si no se hubiera realizado un ajuste de la fase de muestreo. Las instancias de muestreo se indican con cruces en la línea discontinua en la figura 2. Para una tasa de muestreo de 480 kHz, el ajuste de la fase de muestreo se puede obtener mediante el primer instante de muestreo 0 en el símbolo por  $2/4 T$  (para el primer símbolo en el intervalo) o  $1/4 T$  (para los otros símbolos en el intervalo). Para una tasa de muestreo de 960 kHz, el ajuste de la fase de muestreo se puede obtener por el primer instante de muestreo en el símbolo por  $2/2 T$  (para el primer símbolo en el intervalo) o  
50  $1/2 T$  (para los otros símbolos en el intervalo).  
55  
60

De acuerdo con la divulgación anterior, la figura 3 ilustra un método en un circuito de transmisor para generar una señal que comprende una primera secuencia de un número entero de  $N_{sym}$  símbolos OFDM, que se han de transmitir dentro de una subbanda de frecuencia de una segunda secuencia de  $N_{sym}$  símbolos OFDM. La primera  
65 secuencia de símbolos OFDM y la segunda secuencia de símbolos OFDM han de transmitirse con la misma temporización. Un primer prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una primera duración, o

"longitud". Un segundo prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una segunda duración, o "longitud". La segunda duración es más corta que la primera duración, de modo que para generar el primer y el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes (es decir, espaciadas uniformemente), se requiere una primera tasa de muestreo. Por lo tanto, la primera tasa de muestreo es la tasa de muestreo mínima requerida necesaria para generar tanto el primero como el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes. Por supuesto, las tasas de muestreo más altas, como los múltiplos enteros de la primera tasa de muestreo, también se pueden usar para generar tanto el primero como el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes. Por ejemplo, la segunda secuencia de símbolos OFDM puede transmitirse en un sistema de evolución a largo plazo (LTE) de un proyecto de asociación de tercera generación (3GPP) y corresponde a un intervalo. En ese contexto, la primera secuencia de símbolos OFDM puede ser los símbolos OFDM en el intervalo correspondiente del sistema NB IoT usado como ejemplo en el presente documento. Como se explicó anteriormente, la primera tasa de muestreo puede ser 1,92 MHz. El método ilustrado en la figura 3 comprende generar 100 la señal que comprende la primera secuencia de símbolos OFDM a una segunda tasa de muestreo, inferior a la primera tasa de muestreo. Como se explicó anteriormente, la segunda tasa de muestreo puede, por ejemplo, ser 240 kHz. Sin embargo, otras tasas de muestreo inferiores a 1,92 MHz también se pueden usar de manera beneficiosa, como por ejemplo, entre otras, 480 kHz o 960 kHz. Una ventaja de 240 kHz, 480 kHz y 960 kHz es que estas tasas de muestra dan como resultado un procesamiento FFT e IFFT con el número de puntos como una potencia de número entero de dos, lo cual es ventajoso en términos de complejidad computacional como se mencionó anteriormente. El método ilustrado en la figura 3 también comprende ajustar 110 una fase de muestreo durante los prefijos cíclicos. De este modo, se puede usar una tasa de muestreo más baja que la primera tasa de muestreo a pesar de que los prefijos cíclicos tienen longitudes que son múltiplos no enteros del período en la segunda frecuencia de muestreo.

En algunos ejemplos, en línea con lo que se ha descrito anteriormente con referencia a NB IoT, un espacio de subportadora de los símbolos OFDM de la primera y segunda secuencia de símbolos OFDM son 15 kHz, la primera duración es 160/30,72  $\mu$ s y la segunda duración es 144/30,72  $\mu$ s.

En algunos ejemplos, también en línea con lo que se ha descrito anteriormente con referencia a NB IoT, los símbolos OFDM de la primera secuencia de símbolos OFDM tienen 12 subportadoras.

En algunos ejemplos, también en línea con lo que se ha descrito anteriormente con referencia a NB IoT, el primer prefijo cíclico es un prefijo cíclico inicial de la segunda secuencia de símbolos OFDM, y todos los prefijos cíclicos posteriores de la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la segunda duración.

El ajuste de la fase de muestreo puede comprender establecer un instante de muestra inicial durante un símbolo OFDM para que se produzca un múltiplo no entero de períodos a la segunda tasa de muestreo después de un instante de muestra final de un símbolo OFDM anterior, por ejemplo, como se ilustra en la figura 2.

Opcionalmente, el método ilustrado en la figura 3 puede comprender seleccionar 120 un único valor de muestra como prefijo cíclico para cada símbolo OFDM. Alternativamente, esto puede realizarse en un proceso separado. Como se ilustra en la figura 2, el valor de la muestra individual puede seleccionarse igual al valor de la muestra final del símbolo OFDM. Como se mencionó anteriormente, se puede usar más de una muestra para el prefijo cíclico dependiendo del valor de la segunda tasa de muestreo.

También de acuerdo con la divulgación anterior, la figura 4 ilustra un circuito 200 de transmisor para generar una señal que comprende una primera secuencia de un número entero  $N_{sym}$  de símbolos OFDM, que han de transmitirse dentro de una subbanda de frecuencia de una segunda secuencia de  $N_{sym}$  símbolos OFDM. La primera secuencia de símbolos OFDM y la segunda secuencia de símbolos OFDM han de transmitirse con la misma temporización. Un primer prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una primera duración, o "longitud". Un segundo prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una segunda duración, o "longitud". La segunda duración es más corta que la primera duración, de modo que para generar el primer y el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes, se requiere una primera tasa de muestreo. Por ejemplo, la segunda secuencia de símbolos OFDM puede transmitirse en un sistema 3GPP LTE y corresponde a un intervalo. En ese contexto, la primera secuencia de símbolos OFDM puede ser los símbolos OFDM en el intervalo correspondiente del sistema NB IoT usado como ejemplo en el presente documento. Como se explicó anteriormente, la primera tasa de muestreo puede ser 1,92 MHz. El circuito 200 de transmisor ilustrado en la figura 4 comprende un DAC 8 configurado para generar la señal que comprende la primera secuencia de símbolos OFDM a una segunda tasa de muestreo, inferior a la primera tasa de muestreo. Este DAC corresponde al DAC en la figura 1 y, por lo tanto, se usa el mismo número de referencia 8 en ambas figuras. Como se explicó anteriormente, la segunda tasa de muestreo puede, por ejemplo, ser 240 kHz. Sin embargo, otras tasas de muestreo inferiores a 1,92 MHz también se pueden usar de manera beneficiosa, como por ejemplo, entre otras, 480 kHz o 960 kHz. Además, el circuito 200 de transmisor ilustrado en la figura 4 comprende una unidad 205 de control configurada para ajustar una fase de muestreo del DAC 8 durante los prefijos cíclicos. De este modo, se puede usar una tasa de muestreo más baja que la primera tasa de muestreo a pesar de que los prefijos cíclicos tienen longitudes que son múltiplos no enteros del período en la segunda frecuencia de muestreo. Por lo tanto, la unidad 205 de control puede configurarse para realizar la función de la unidad funcional 7 en la figura 8.

- En algunos ejemplos, la unidad 205 de control también puede adaptarse para seleccionar un solo valor de muestra como prefijo cíclico para cada símbolo OFDM. Por lo tanto, la unidad 205 de control puede configurarse para realizar la función de la unidad funcional 6 en la figura 1. Alternativamente, esto se puede realizar en alguna otra unidad.
- 5 Como se ilustra en la figura 2, el valor de la muestra individual puede seleccionarse igual al valor de la muestra final del símbolo OFDM. Como se mencionó anteriormente, se puede usar más de una muestra para el prefijo cíclico dependiendo del valor de la segunda tasa de muestreo.
- En algunos ejemplos, en línea con lo que se ha descrito anteriormente con referencia a NB IoT, un espacio de subportadora de los símbolos OFDM de la primera y segunda secuencia de símbolos OFDM son 15 kHz, la primera
- 10 duración es 160/30,72  $\mu$ s y la segunda duración es 144/30,72  $\mu$ s.
- En algunos ejemplos, también en línea con lo que se ha descrito anteriormente con referencia a NB IoT, los símbolos OFDM de la primera secuencia de símbolos OFDM tienen 12 subportadoras.
- 15 En algunos ejemplos, también en línea con lo que se ha descrito anteriormente con referencia a NB IoT, el primer prefijo cíclico es un prefijo cíclico inicial de la segunda secuencia de símbolos OFDM, y todos los prefijos cíclicos posteriores de la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la segunda duración.
- 20 La unidad 205 de control puede configurarse para ajustar la fase de muestreo estableciendo un instante de muestra inicial durante un símbolo OFDM para que se produzca un múltiplo no entero de períodos a la segunda tasa de muestreo después de un instante de muestra final de un símbolo OFDM anterior, por ejemplo, como se ilustra en la figura 2.
- 25 Como se ilustra en la figura 4, el circuito 200 de transmisor puede comprender una unidad de RF 9, por ejemplo, correspondiente a la unidad de RF 9 en la figura 1. Además, el transmisor 200 puede comprender una unidad 210 de banda base (BB). La unidad BB 210 puede, por ejemplo, configurarse para realizar las funciones de las unidades funcionales 1 a 5 en la figura 1. En algunos ejemplos, la unidad BB 210 puede configurarse para realizar la función de la unidad funcional 6 en la figura 1, es decir, para seleccionar el valor de muestra del prefijo cíclico. En algunos
- 30 ejemplos, la unidad BB 210 y la unidad 205 de control pueden implementarse en la misma unidad de hardware. En otros ejemplos, pueden implementarse como unidades de hardware diferentes y separadas. Dichas unidades de hardware pueden ser unidades de hardware específicas de la aplicación, unidades de hardware programables, o cualquier combinación de las mismas.
- 35 Cabe señalar que es la primera secuencia de símbolos OFDM la que ha de transmitirse por el circuito 200 de transmisor. La segunda secuencia de símbolos OFDM puede ser transmitida por uno o más transmisores, por ejemplo, en uno o más dispositivos diferentes. Sin embargo, la primera y la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la misma temporización para facilitar la coexistencia.
- 40 La figura 5 ilustra un entorno en el que se puede emplear el método y el circuito de transmisor divulgados en el presente documento. En la figura 5, un dispositivo 300 de comunicación de tipo máquina (MTC) se comunica de forma inalámbrica con un nodo 310 de red de un sistema de comunicación celular. La comunicación puede, por ejemplo, llevarse a cabo usando NB IoT como se describe anteriormente. El nodo 310 de red puede, por lo tanto, por ejemplo, ser un eNodeB para NB IoT. El dispositivo MTC 300 y el nodo 310 de red son ejemplos no limitativos de
- 45 dispositivos electrónicos que pueden comprender el circuito 200 de transmisor.
- La presente divulgación se ha presentado anteriormente con referencia a ejemplos específicos. Sin embargo, son posibles otras implementaciones que las descritas anteriormente. Se pueden proporcionar pasos de método diferentes a los descritos anteriormente, realizando el método por hardware o software. Las diferentes características y pasos de los ejemplos pueden combinarse en otras combinaciones distintas a las descritas. Por
- 50 ejemplo, el transmisor no tiene que dividirse exactamente como el diagrama de bloques funcional en la figura 1.

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Un método en un circuito (200) de transmisor para generar una señal que comprende una primera secuencia de un número entero  $N_{sym}$  de símbolos OFDM, que han de transmitirse dentro de una subbanda de frecuencia de una segunda secuencia de  $N_{sym}$  de símbolos OFDM, en el que
- la primera secuencia de símbolos OFDM y la segunda secuencia de símbolos OFDM han de transmitirse con la misma temporización;
  - un primer prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una primera duración;
  - un segundo prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una segunda duración; y
  - la segunda duración es más corta que la primera duración, de modo que para generar tanto el primero como el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes, se requiere una primera tasa de muestreo;
- en el que el método comprende:
- generar (100) la señal que comprende la primera secuencia de símbolos OFDM a una segunda tasa de muestreo, inferior a la primera tasa de muestreo;
  - ajustar (110) una fase de muestreo durante los prefijos cíclicos de la primera secuencia de símbolos OFDM.
- 2.- El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que un espacio de subportadora de los símbolos OFDM de la primera y segunda secuencia de símbolos OFDM son 15 kHz, la primera duración es 160/30,72  $\mu$ s y la segunda duración es 144/30,72  $\mu$ s.
- 3.- El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la primera tasa de muestreo es 1,92 MHz.
- 4.- El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que los símbolos OFDM de la primera secuencia de símbolos OFDM tienen 12 subportadoras.
- 5.- El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer prefijo cíclico es un prefijo cíclico inicial de la segunda secuencia de símbolos OFDM, y todos los prefijos cíclicos posteriores de la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la segunda duración.
- 6.- El método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la segunda secuencia de símbolos OFDM se transmite en un sistema de evolución a largo plazo, LTE, de proyecto de asociación de tercera generación, 3GPP, y corresponde a un intervalo.
- 7.- El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la segunda tasa de muestreo es de 240 kHz.
- 8.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la segunda tasa de muestreo es de 480 kHz.
- 9.- El método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la segunda tasa de muestreo es de 960 kHz.
- 10.- El método de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el ajuste de la fase de muestreo comprende establecer un instante de muestra inicial durante un símbolo OFDM para que se produzca un múltiplo no entero de períodos a la segunda tasa de muestreo después de un instante de muestra final de un símbolo OFDM anterior.
- 11.- Un circuito (200) de transmisor para generar una señal que comprende una primera secuencia de un número entero  $N_{sym}$  de símbolos OFDM, que han de transmitirse dentro de una subbanda de frecuencia de una segunda secuencia de  $N_{sym}$  símbolos OFDM, en el que
- la primera secuencia de símbolos OFDM y la segunda secuencia de símbolos OFDM ha de transmitirse con la misma temporización;
  - un primer prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una primera duración;
  - un segundo prefijo cíclico de la segunda secuencia de símbolos OFDM tiene una segunda duración; y

- la segunda duración es más corta que la primera duración, de modo que para generar el primer y el segundo prefijo cíclico con un número entero de muestras equidistantes, se requiere una primera tasa de muestreo; en el que el circuito de transmisor comprende

- 5 un convertidor (8) de digital a analógico configurado para generar la señal que comprende la primera secuencia de símbolos OFDM a una segunda tasa de muestreo, inferior a la primera tasa de muestreo; y
- una unidad (205) de control configurada para ajustar una fase de muestreo del convertidor de digital a analógico durante los prefijos cíclicos de la primera secuencia de símbolos OFDM.
- 10 12.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con la reivindicación 11, en el que un espacio de subportadora de los símbolos OFDM de la primera y segunda secuencia de símbolos OFDM son 15 kHz, la primera duración es 160/30,72  $\mu$ s y la segunda duración es 144/30,72  $\mu$ s.
- 15 13.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en el que la primera tasa de muestreo es 1,92 MHz.
- 20 14.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que los símbolos OFDM de la primera secuencia de símbolos OFDM tienen 12 subportadoras.
- 15.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11a 14, en el que el primer prefijo cíclico es un prefijo cíclico inicial de la segunda secuencia de símbolos OFDM, y todos los prefijos cíclicos posteriores de la segunda secuencia de símbolos OFDM tienen la segunda duración.
- 25 16.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la segunda secuencia de símbolos OFDM han de transmitirse en un sistema de evolución a largo plazo, LTE, de proyecto de asociación de tercera generación, 3GPP, y corresponde a un intervalo.
- 30 17.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que la segunda tasa de muestreo es de 240 kHz.
- 18.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que la segunda tasa de muestreo es de 480 kHz.
- 35 19.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 16, en el que la segunda tasa de muestreo es de 960 kHz.
- 40 20.- El circuito (200) de transmisor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 19, en el que la unidad (205) de control está configurada para ajustar la fase de muestreo estableciendo un instante de muestra inicial durante un símbolo OFDM para que se produzca un múltiplo no entero de períodos en la segunda tasa de muestreo después de un instante de muestra final de un símbolo OFDM anterior.
- 45 21.- Un dispositivo electrónico (300, 310) que comprende el circuito de transmisor de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 20.
- 22.- El dispositivo electrónico (300) de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el dispositivo electrónico es un dispositivo de comunicación de tipo máquina, MTC.
- 50 23.- El dispositivo electrónico (310) de acuerdo con la reivindicación 21, en el que el dispositivo electrónico es un nodo de red para un sistema de comunicación celular.

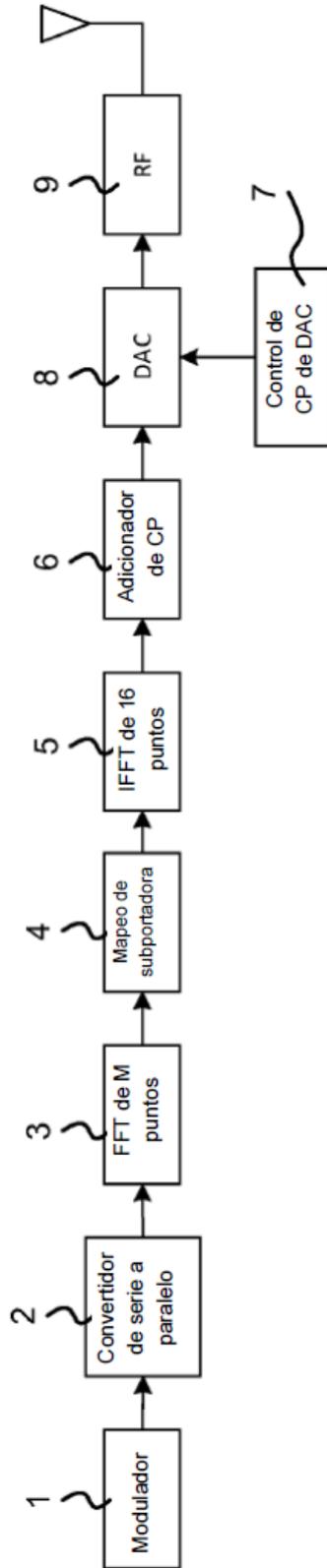


Fig. 1

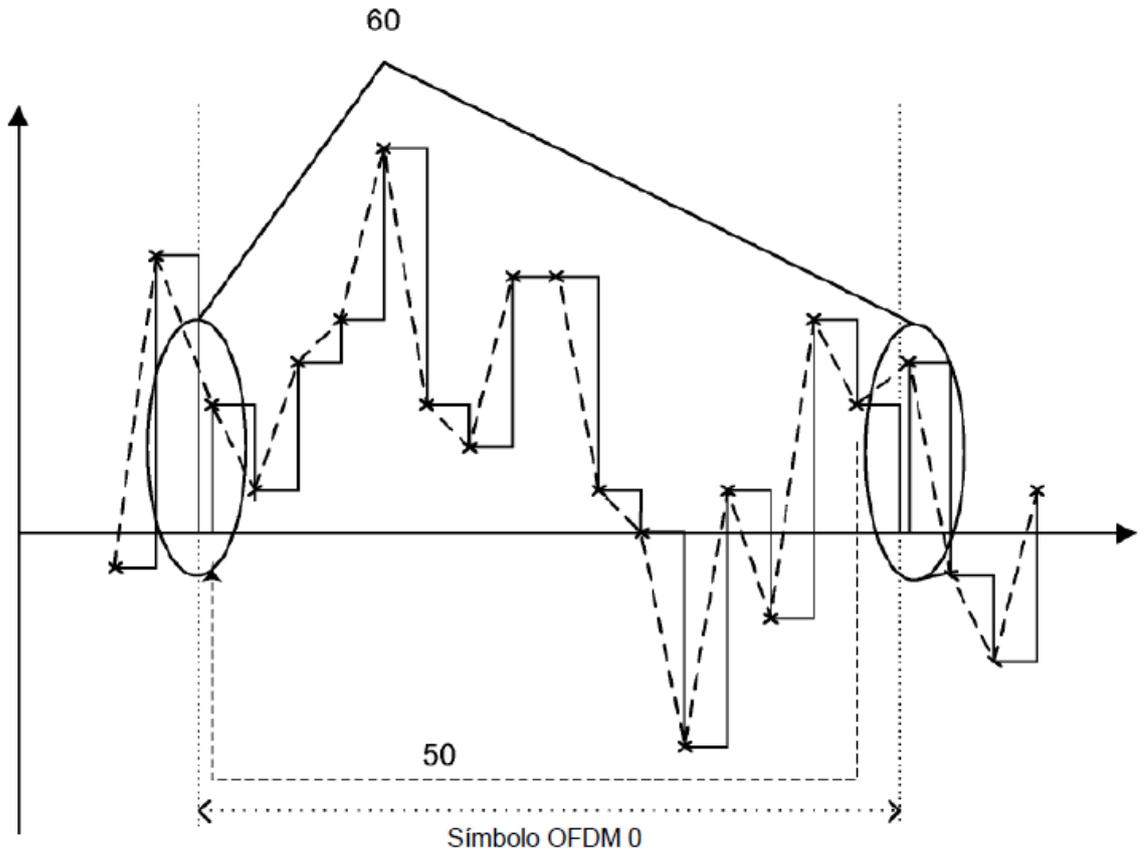


Fig. 2

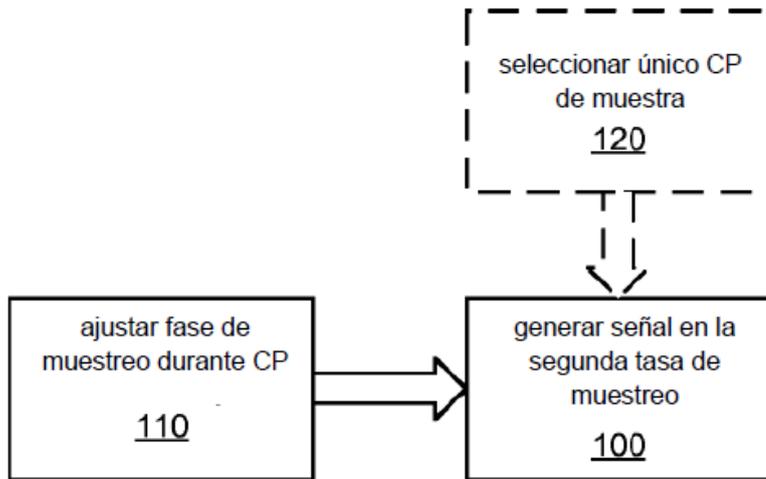


Fig. 3

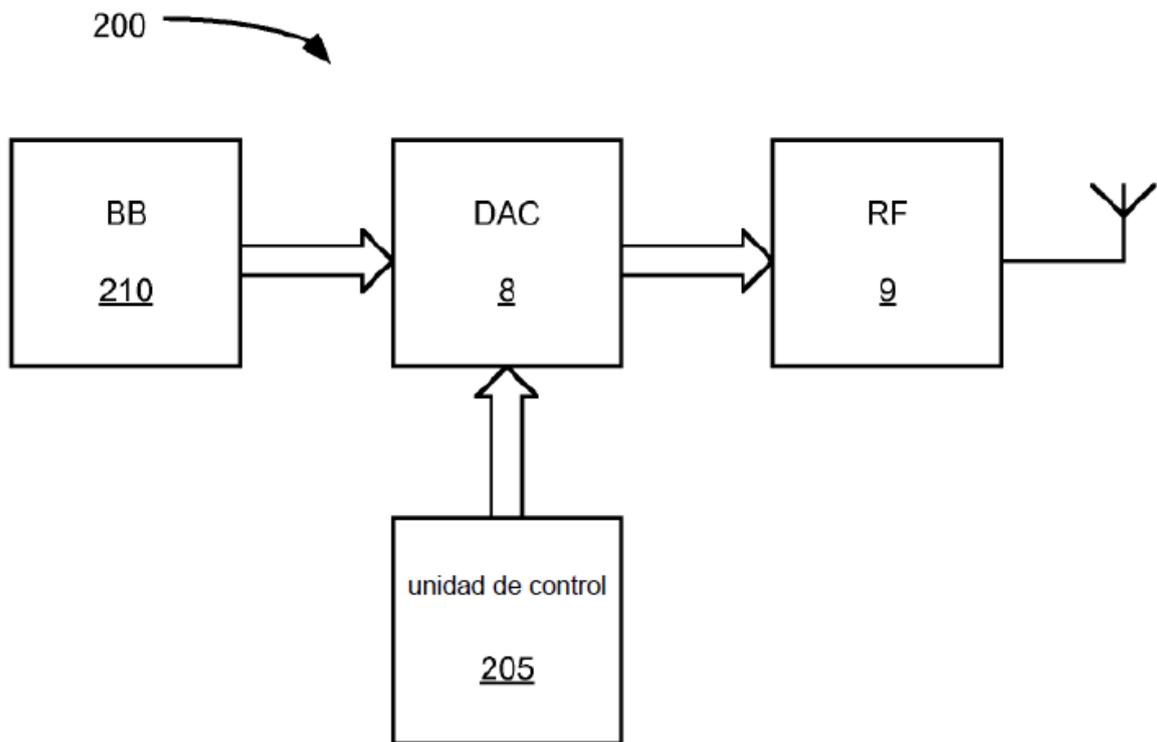


Fig. 4

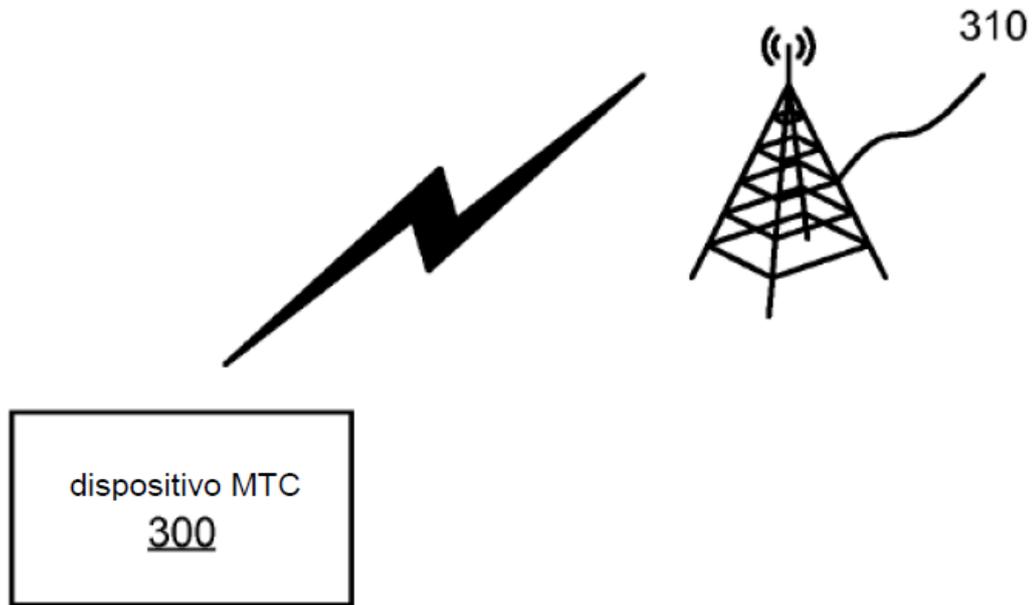


Fig. 5