

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 556**

51 Int. Cl.:

H04W 72/00

(2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.06.2016 PCT/CN2016/084411**

87 Fecha y número de publicación internacional: **08.12.2016 WO16192644**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.06.2016 E 16802567 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.04.2020 EP 3295736**

54 Título: **Sistema y esquema de numerología OFDM escalable**

30 Prioridad:

01.06.2015 US 201562169342 P
08.04.2016 US 201662320252 P
12.05.2016 US 201662335524 P
31.05.2016 US 201615169553

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.02.2021

73 Titular/es:

HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian,
Longgang District
Shenzhen, Guangdong 518129, CN

72 Inventor/es:

ZHANG, LIQING;
AU, KELVIN KAR KIN;
MA, JIANGLEI;
TONG, WEN y
ISLAM, TOUFIQUL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 556 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

Sistema y esquema de numerología OFDM escalable

Campo

- 5 La presente descripción se refiere a un sistema y método para comunicaciones inalámbricas y, en particular, a un sistema y método que incorpora numerología de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (en inglés, Orthogonal Frequency Division Multiplexing, OFDM) escalable que puede aplicarse a transmisiones de enlace de radio en redes inalámbricas.

Antecedentes

- 10 En las redes de comunicaciones inalámbricas, como las redes que se adhieren a las transmisiones estándar conocidas de evolución a largo plazo (en inglés, Long Term Evolution, LTE) a través de la numerología preseleccionada de usuario de canal inalámbrico. El término numerología se utiliza para referirse a los parámetros utilizados para definir la transmisión de la forma de onda. Los parámetros de numerología incluyen el espaciado de subportadora, la duración de un prefijo cíclico, la duración de un símbolo de OFDM, el número de símbolos contenidos en un intervalo de tiempo de transmisión (en inglés, Transmission Time Interval, TTI) y la duración del TTI en milisegundos (ms). Las redes LTE
15 generalmente son compatibles con un espaciado de subportadora de 15 kHz en todas las frecuencias de transmisión, con un TTI de 1 ms. Se entenderá que un espaciado de 15 kHz típicamente da como resultado una velocidad de símbolo de 66,7 μ s, y que la duración de un Prefijo Cíclico es 4,69 μ s.

- 20 En un ejemplo, el espaciado de subportadora individual puede ser limitante en escenarios de movilidad de muy alta velocidad (por ejemplo, 500 Km/h), lo que puede generar altos desplazamientos de frecuencia Doppler. En otro ejemplo, el espaciado de subportadora individual puede ser limitante en escenarios en los que se emplean bandas de radiofrecuencia altas, como las bandas de 10 GHz, donde el ruido de fase puede conducir a un gran desplazamiento de frecuencia. En tales casos, 15 kHz pueden no ser lo suficientemente anchos como para acomodar el impacto del efecto Doppler en el dominio de la frecuencia. Por otro lado, los dispositivos de bajo coste que emplean comunicaciones de tipo máquina (en inglés, Machine-Type Communications, MTC) o comunicaciones de dispositivo
25 a dispositivo (en inglés, Device to Device, D2D) pueden usar un ancho de banda de frecuencia más estrecho para mejorar la cobertura y ahorrar energía. En tales casos, el espaciado de subportadora puede ser más estrecho que el utilizado en redes como LTE. Un ejemplo de un sistema de comunicación inalámbrico que es compatible con diferentes espaciados de subportadora para diferentes escenarios se puede encontrar en la publicación de solicitud de patente internacional N.º WO 2008/097038 A2.

- 30 Un ejemplo de un esquema de sistema de comunicación inalámbrico para multiplexar numerologías escaladas diferentes se describe en el documento técnico R1-164692 del Proyecto de Asociación de 3ª Generación (3GPP), titulado "Numerology and TTI multiplexing for NR Forward Compatibility Analysis".

Sumario

- 35 Para un sistema de comunicaciones inalámbricas, la numerología de multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM) escalable se incorpora de una manera que se puede aplicar a las transmisiones de enlace de radio en la red inalámbrica futura para las comunicaciones dúplex por división de frecuencia (en inglés, Frequency Division Duplex, FDD) y dúplex por división de tiempo (en inglés, Time Division Duplex, TDD).

- 40 Según un primer aspecto, se trata de un método para configurar comunicaciones, con un dispositivo de comunicación, que utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM). El método incluye recibir una indicación de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un primer tipo de señal de numerología para aplicar a una primera subtrama de símbolos de OFDM, y recibir una indicación de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de subtrama para un segundo tipo de señal de numerología para aplicar a una segunda subtrama de señales OFDM. El valor del primer espaciado de subportadora tiene una relación de escala con el valor del segundo espaciado de subportadora y el valor de la primera
45 duración de subtrama tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de subtrama. La primera duración de subtrama comprende una primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y la segunda duración de subtrama comprende una segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo.

- 50 En algunas configuraciones, el método también incluye transmitir una señal configurada según el primer tipo de señal de numerología en una primera subbanda de frecuencia, y transmitir una señal configurada según el segundo tipo de señal de numerología en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con la transmisión de la señal configurada de acuerdo con el primer tipo de señal de numerología en la primera subbanda de frecuencia. En algunos ejemplos, la relación de escala del valor del primer espaciado de subportadora con el segundo espaciado de subportadora implica la multiplicación por un primer factor de escala, y la relación de escala del valor de la primera
55 duración de subtrama con la segunda duración de subtrama implica la multiplicación por un segundo factor de escala, y en donde el primer factor de escala es el recíproco del segundo factor de escala. En algunos ejemplos, la primera duración de subtrama comprende una suma de la duración de una parte útil del símbolo de OFDM y una parte de

prefijo cíclico para todos los símbolos de OFDM en la primera subtrama, y la segunda duración de subtrama comprende una suma de la duración de una parte útil del símbolo de OFDM y una parte de prefijo cíclico para todos los símbolos de OFDM en la segunda subtrama, y el método comprende recibir una indicación de un valor de una primera duración de prefijo cíclico para el primer tipo de señal de numerología y una indicación de un valor de una segunda duración de prefijo cíclico para aplicar a la segunda para el primer tipo de señal de numerología, en donde la primera duración de prefijo cíclico tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de prefijo cíclico.

En algunas configuraciones, la primera subtrama y la segunda subtrama se transmiten cada una en una primera subbanda de frecuencia, el método incluye recibir una indicación de un valor de un tercer espaciado de subportadora y un valor de una tercera duración de subtrama para un tercer tipo de señal de numerología para aplicar a una tercera subtrama de símbolos de OFDM, en el que la tercera duración de subtrama es un múltiplo entero de una o ambas de las primera y segunda duración de subtrama, y la tercera subtrama se transmite en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con la primera o segunda subtrama. La tercera duración de subtrama comprende una tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo e igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, y en donde el valor de la tercera duración de subtrama es diferente a los valores de la primera duración de subtrama y de la segunda duración de subtrama.

Según un aspecto adicional, se proporciona un equipo de usuario configurado para multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), el equipo de usuario que incluye una memoria que almacena instrucciones y un procesador configurado, por las instrucciones, para realizar uno o más de los métodos compendiados anteriormente. En algunos ejemplos, el procesador configura el dispositivo para: recibir una indicación de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un primer tipo de señal de numerología, y recibir una indicación de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de subtrama para un segundo tipo de señal de numerología, en donde el valor del primer espaciado de subportadora tiene una relación de escala con el valor del segundo espaciado de subportadora y el valor de la primera duración de subtrama tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de subtrama. La primera duración de subtrama comprende una primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y la segunda duración de subtrama comprende una segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo.

Otro aspecto proporciona un método para configurar comunicaciones, con un dispositivo de comunicación, que utiliza multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), el método incluye: transmitir una indicación de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un primer tipo de señal de numerología, y transmitir una indicación de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de subtrama para un segundo tipo de señal de numerología, en donde el valor del primer espaciado de subportadora tiene una relación de escala con el valor del segundo espaciado de subportadora y el valor de la primera duración de subtrama tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de subtrama. La primera duración de subtrama comprende una primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y la segunda duración de subtrama comprende una segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo.

En algunas configuraciones, el método comprende recibir una señal configurada según el primer tipo de señal de numerología en una primera subbanda de frecuencia, y recibir una señal configurada según el segundo tipo de señal de numerología en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con la recepción de la señal configurada según el primer tipo de señal de numerología en la primera subbanda de frecuencia. En algunos ejemplos, la relación de escala del valor del primer espaciado de subportadora al segundo espaciado de subportadora implica la multiplicación por un primer factor de escala y la relación de escala del valor de la primera duración de subtrama a la segunda duración de subtrama implica multiplicación por un segundo factor de escala, y en donde el primer factor de escala es el recíproco del segundo factor de escala. En algunos ejemplos, la primera duración de subtrama comprende la duración de una parte útil de símbolo de OFDM y una parte de prefijo cíclico para un número definido de símbolos de OFDM, el método comprende además transmitir una indicación de un valor de una primera duración de prefijo cíclico para el primer tipo de señal de numerología y una indicación de un valor de una segunda duración de prefijo cíclico para aplicar a la segunda para el primer tipo de señal de numerología, en donde la primera duración de prefijo cíclico tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de prefijo cíclico.

En algunas configuraciones, la primera subtrama y la segunda subtrama se transmiten cada una en una primera subbanda de frecuencia, y el método incluye transmitir una indicación de un valor de un tercer espaciado de subportadora y un valor de una tercera duración de subtrama para aplicar a un tercer tipo de señal de numerología a una tercera subtrama de símbolos de OFDM, en el que la tercera duración de subtrama es un múltiplo entero de una o ambas de las primera y segunda duración de subtrama, y la tercera subtrama se transmite en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con las primera o segunda subtramas. La tercera duración de subtrama comprende una tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo, la tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo es igual a la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y es igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, y en donde el valor de la tercera duración de subtrama es diferente de los valores de la primera duración de subtrama y de la segunda duración de subtrama.

Un aspecto adicional se dirige a una estación base configurada para multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), la estación base que incluye una memoria que almacena instrucciones y un procesador configurado, por las instrucciones, para realizar las operaciones de transmisión compendiadas anteriormente, que incluye, por ejemplo, transmitir una indicación de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un primer tipo de señal de numerología, y transmitir una indicación de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un segundo tipo de señal de numerología, en donde el valor del primer espaciado de subportadora tiene una relación de escala con el valor del segundo espaciado de subportadora y el valor de la primera duración de subtrama tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de subtrama. La primera duración de subtrama comprende una primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y la segunda duración de subtrama comprende una segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo.

Otros aspectos y características de la presente divulgación resultarán evidentes para los expertos en la técnica tras la revisión de la siguiente descripción de implementaciones específicas de la divulgación junto con las figuras adjuntas. Debe observarse que algunos aspectos o la implementación de los aspectos pueden combinarse para generar una nueva implementación con la comprensión de los expertos en la técnica después de revisar la descripción. Esas combinaciones también deben considerarse como materia divulgada en esta solicitud.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se hará referencia, a modo de ejemplo, a los dibujos adjuntos que muestran implementaciones de ejemplo; y en donde:

La figura 1 ilustra un ejemplo de OFDM filtrado de acuerdo con realizaciones de ejemplo;

La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra un ejemplo en el que el límite del intervalo de tiempo de transmisión (TTI) y la alineación de temporización se logra reordenando o reorganizando los símbolos de OFDM en el o los TTI;

La figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra el diseño de numerología para mitigar la interferencia cruzada de UL-DL;

La figura 4 ilustra un sistema, que incluye una estación base y un equipo de usuario, en el que aspectos de la presente solicitud pueden encontrar uso;

La figura 5 ilustra un ejemplo de estructura de trama FDD, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 6 ilustra un ejemplo de estructura de trama TDD, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 7 ilustra etapas de ejemplo en un método que usa OFDM para transmitir señales de comunicaciones, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 8 ilustra unas etapas de ejemplo en un método para comunicar señales mediante el uso de OFDM donde la configuración de numerología puede configurarse dinámicamente, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 9 ilustra unas etapas de ejemplo en un método para comunicar señales mediante el uso de OFDM donde el UE puede usar diferentes configuraciones de numerología para diferentes tipos de comunicación/tráfico, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 10 ilustra unas etapas de ejemplo en un método para comunicar señales mediante el uso de OFDM donde el UE puede usar la misma configuración de numerología para diferentes estaciones base, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 11 ilustra unas etapas de ejemplo en un método para comunicar señales mediante el uso de OFDM donde la estación base puede ser compatible con más de una configuración de numerología para diferentes UE en diferentes subbandas de una misma banda de frecuencia, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 12 ilustra etapas de ejemplo en un método para configurar comunicaciones con un dispositivo de comunicación de acuerdo con aspectos de la presente solicitud;

La figura 13 es una ilustración de las formas de onda OFDM y del espaciado de subportadora; y

Descripción detallada

En las redes inalámbricas convencionales, se han empleado numerologías fijas para facilitar el diseño. Los parámetros de la numerología generalmente se establecen en función del conocimiento de los parámetros de uso normal de la red. En redes futuras, se debe atender un conjunto más diverso de necesidades. Las redes futuras pueden operar en una variedad de frecuencias diferentes y servir a una variedad de dispositivos diferentes. Se puede lograr según múltiples enfoques el cumplimiento de los diversos requisitos para las redes inalámbricas futuras, como las redes inalámbricas de quinta generación (5G). En un primer enfoque, que puede considerarse compatible hacia atrás con la

LTE, las frecuencias de muestreo y las frecuencias de subportadora se seleccionan como múltiplos enteros de las frecuencias de muestreo y las frecuencias de subportadora ya establecidas para la LTE. En un segundo enfoque, que puede considerarse que tiene la llamada compatibilidad hacia adelante, las frecuencias de muestreo y las frecuencias de subportadora están estrechamente relacionadas con las frecuencias de muestreo y las frecuencias de subportadora establecidas para la LTE, pero son múltiplos no enteros. Para el primer enfoque, la solución compatible hacia atrás con la LTE, existen dos versiones de las soluciones en función de cuántos símbolos y duraciones de prefijo cíclico (en inglés, Cyclic Prefix, CP) hay en una subtrama o en un intervalo de tiempo de transmisión. Las soluciones de la primera versión son estrictamente compatibles con la LTE e implican el uso de siete símbolos o "7 (1,6)" símbolos en una subtrama. La notación 7 (1,6) representa un esquema con una primera duración de CP para un símbolo entre los siete símbolos y una segunda duración de CP para los otros seis símbolos. Para una compatibilidad estricta con la LTE, las dos duraciones de CP y el sobrecoste de CP en el espaciado de subportadora base de 15 kHz están dispuestos para ser los mismos que las dos duraciones de CP y el sobrecoste de CP de la LTE actual. Las soluciones de la segunda versión se pueden considerar estrechamente compatibles con la LTE en el sentido de que sus sobrecostos de CP y sus siete símbolos en una subtrama son los mismos que el sobrecoste de CP y el número de símbolos utilizados para la LTE actual, sin embargo, los símbolos con diferentes duraciones de CP se distribuyen de manera distinta a la LTE, por ejemplo, 7 (3,4) y 7 (2,5).

En la LTE, el parámetro del intervalo de tiempo de transmisión (TTI) se usa para referirse al tiempo de transmisión para un conjunto definido de símbolos de OFDM. En algunos ejemplos, el TTI también puede denominarse "unidad de tiempo de transmisión" (en inglés, Transmission time Unit, TTU) o "duración de subtrama", que indica el símbolo de capa física (PHY) y la estructura del tiempo de trama. Al igual que el TTI, la TTU y la "duración de subtrama" son cada una igual a la suma de la duración de símbolo útil y cualquier sobrecoste de símbolos, tal como el tiempo de prefijo cíclico CP para todos los símbolos de OFDM incluidos en un conjunto. Para el segundo enfoque, con la denominada compatibilidad hacia adelante, se puede considerar un número flexible de configuraciones de símbolos por intervalo de tiempo de transmisión (TTI). Para cualquier SS base, se puede configurar cualquier número de símbolos por TTI. Esto puede denominarse una solución discrecional $N(dM)$, en función de los diversos requisitos de las aplicaciones, como la latencia, el control/datos, las configuraciones TDD/FDD y la coexistencia, etc. Como se abordará más adelante, el término "coexistencia" se refiere a dos o más subbandas en uso para una conexión dada que emplea numerologías compatibles.

En realizaciones de ejemplo, para soluciones de compatibilidad hacia atrás y hacia adelante, la metodología y los criterios de diseño son los siguientes: para cualquier espaciado de subportadora base (15 kHz, 16,875 kHz, 17,5 kHz, 22,5 kHz, 16,5 kHz, etc.), los valores de espaciado de subportadora (SS) escalable por enteros tienen una relación escalable de forma inversa con los CP para un sobrecoste de CP dado. Además, los valores de SS escalable por enteros tienen una relación escalable de forma inversa con los CP y TTI para un número dado de símbolos y una sobrecoste de CP dado. Los TTI más grandes pueden ser concatenados por los TTI más pequeños, donde un TTI mínimo (o unidad TTI básica) consiste en el número mínimo de símbolos que es válido para la implementación configurable en el TTI en dicho espaciado de subportadora base. Para un ejemplo, un esquema que utiliza un espaciado de subportadora de 15 kHz es válido con siete símbolos por TTI para hacer que el esquema sea compatible hacia atrás con la LTE. Para otro ejemplo, un esquema que utiliza un espaciado de subportadora de 16,875 kHz es válido con un símbolo por TTI para la implementación. Las configuraciones de parámetros (por ejemplo, SS, TTI, CP) se basan en los diversos requisitos de las aplicaciones, tal como la latencia, el control/datos, las configuraciones TDD/FDD y coexistencia, etc.

En realizaciones de ejemplo, se proporciona una red de comunicaciones que emplea un sistema de transmisión OFDM en el que los parámetros de transmisión OFDM, tales como el parámetro de espaciado de subportadora, se pueden configurar para acomodar diferentes solicitudes que se pueden colocar en la red. Dichas solicitudes pueden estar relacionadas con factores tales como la velocidad del equipo de usuario (UE), el uso de bandas de frecuencia alta o el uso de dispositivos de comunicaciones de ancho de banda de frecuencia estrechamente espaciados y de bajo coste. A este respecto, los esquemas de numerología OFDM se describen en el presente documento que se pueden aplicar a estructuras de trama de radio para modos FDD y TDD en una red inalámbrica. Convenientemente, los esquemas de numerología OFDM permiten uno o más de: múltiples opciones de espaciado de subportadora; múltiples opciones de intervalo de tiempo de transmisión (TTI); múltiples opciones de prefijo cíclico (CP); múltiples opciones de ancho de banda de portadora; y múltiples tamaños de la Transformada de Fourier Rápida(FFT). En consecuencia, los esquemas de numerología OFDM pueden ser lo suficientemente flexibles como para satisfacer los diferentes requisitos que pueden surgir en la red inalámbrica.

En el presente documento se describen realizaciones de ejemplo en las que los parámetros de un sistema OFDM filtrado (F-OFDM) pueden, en al menos algunas aplicaciones, ser configurables para ser compatibles con múltiples formas de onda, múltiples esquemas de acceso y múltiples estructuras de trama, acomodando así una variedad de escenarios de aplicación y requisitos de servicio. A modo de ejemplo, la figura 1 ilustra un diagrama de señal de frecuencia-tiempo de F-OFDM que ilustra la aplicación de tres filtros de subbanda para crear agrupaciones de subportadoras de OFDM con tres diferentes espaciados entre subportadoras, duraciones de símbolos de OFDM y períodos de guarda. Al habilitar múltiples configuraciones de parámetros, la F-OFDM puede, al menos en algunas aplicaciones, permitir la selección óptima de parámetros para cada grupo de servicios y, por lo tanto, puede facilitar la eficiencia general del sistema.

En realizaciones de ejemplo, la numerología OFDM con características escalables están diseñadas con TTI que se escalan de forma lineal e inversa con opciones de espaciado de subportadora para mantener un conjunto limitado de frecuencias de muestreo para diferentes tamaños de FFT. En algunas aplicaciones, dicha configuración puede reducir la complejidad de la interfaz de red utilizada en los equipos de comunicaciones; por ejemplo, puede reducirse la complejidad de implementación del conjunto de chips en los dispositivos de recepción. En algunas realizaciones de ejemplo, se proporcionan esquemas de los CP y TTI optimizados para lograr aplicaciones únicas de uso general para cada opción de espaciado de subportadora.

En una realización de ejemplo, el sistema de comunicaciones permite una pluralidad de opciones de espaciado de subportadora ($SS_1, SS_2, SS_3, \dots, SS_N$, donde $N \geq 2$), donde sus duraciones de símbolo útiles ($t_1, t_2, t_3, \dots, t_N$) son la inversa de sus respectivos valores de espaciado de subportadora, las duraciones de CP ($cp_1, cp_2, cp_3, \dots, cp_N$) y los intervalos de tiempo de transmisión ($TTI_1, TTI_2, TTI_3, \dots, TTI_N$) a configurar. Para reducir las frecuencias de muestreo totales utilizadas por la red de comunicaciones y los dispositivos de equipo de usuario, en una realización de ejemplo, se emplea un esquema y criterios de numerología de tal manera que, para cualquier factor de escala (en este caso, número entero M), tenemos:

$$\text{si } SS_i = M * SS_j, \text{ entonces } cp_i = \frac{cp_j}{M} \quad (1)$$

donde $1 \leq i, j \leq N, i \neq j$ y donde los TTI_i y TTI_j consisten cada uno de uno o más símbolos de OFDM, uno de los cuales está compuesto por una parte útil de OFDM y una parte de CP. Cada uno de los TTI_i y TTI_j son escalables con los SS_i y SS_j de acuerdo con la misma relación que se ilustra en la ecuación (1) cuando TTI_i y TTI_j contienen el mismo número de símbolos de OFDM. Un factor de escala, M , puede ser cualquier número (excepto 1), incluidos números pares o valores 2^n donde n es un número entero distinto de cero, en función de la exigencias y los requisitos de diseño. Las exigencias y requisitos de diseño pueden incluir, por ejemplo, minimizar los impactos de la movilidad, el ruido de fase y/o el despliegue de tiempos de propagación de los entornos. Para las realizaciones de ejemplo con compatibilidad hacia atrás tratadas en este documento, considere las siguientes pautas.

a) El conjunto de espaciados de subportadoras $\{SS_i, i = 1, 2, \dots, M\}$ incluye un espaciado de subportadora base de 15 kHz (el mismo que el espaciado de subportadora LTE) y un espaciado de subportadora que son versiones del espaciado de subportadora base que escalan hacia arriba o hacia abajo para generar espaciados de subportadora más altos y más bajos, como 30 kHz, 60 kHz y 7,5 kHz. Además, esta numerología escalable se basa en una frecuencia de muestreo base de 30,72 MHz, la misma frecuencia de muestreo utilizada para LTE.

b) Cualquier TTI_i para un SS_i particular puede estar asociado con uno o más símbolos de OFDM, donde los símbolos pueden tener la misma o diferentes duraciones en el TTI, y donde las diferentes duraciones, cuando ocurren, se deben al uso de diferentes tipos de prefijos cíclicos (CP), cada uno con diferentes duraciones de CP.

c) Cada símbolo de OFDM consiste de una parte CP (con una duración de tiempo de T_{cp}) y una parte útil de señal de OFDM (con duración de tiempo de T_u), lo que resulta en un período de símbolo de $T_{cp} + T_u$, donde, para SS_i con TTI_i ,

$$T_u = \frac{1}{SS_i}$$

y T_{cp} se selecciona de modo que $T_{cp} + T_u$ es divisible por un tiempo de muestreo T_s ; por ejemplo, para un SS de 15 kHz aplicado a un ancho de banda de 20 MHz con un tamaño de FFT de 2048, la frecuencia de muestreo es de 30,72 MHz ($SS_i * \text{Tamaño FFT}$) y tiempo de muestreo $T_s = 1 / 30,72 \text{ MHz} = 0,0326 \mu s$.

d) para cualquier SS_i , dos o más componentes TTI_i pequeños se pueden concatenar en un TTI grande.

e) Los símbolos que comprenden un TTI o un TTI concatenado (más grande), con diferentes duraciones de CP (y, por lo tanto, de símbolos), pueden organizarse en diferentes órdenes (o agrupaciones, o reordenamiento de símbolos) para satisfacer los diversos requisitos tales como la alineación de límite de TTI de subtrama y/o alineaciones de límite de símbolo en FDD y/o subtramas TDD/TTI en diferentes subbandas/opciones de numerología (por ejemplo, espaciado de subportadora de 15 kHz y 30 kHz) en el ancho de banda de subportadora del sistema. Por ejemplo, si siete símbolos (con dos tipos de duración de símbolo debido a dos tipos de duración de CP) en un TTI tienen grupos de símbolos de 3 y 4, es decir, tres símbolos s_1 y cuatro símbolos s_2 , todas las diferentes combinaciones de los símbolos en el TTI son válidos para construir el TTI, por ejemplo., $s_1s_1s_1s_2s_2s_2s_2$, $s_2s_2s_2s_2s_1s_1s_1$, $s_2s_2s_1s_1s_1s_2s_2$, etc. Para un TTI concatenado que comprende dos o más TTI, todos los símbolos componentes en el TTI concatenado pueden tener diferentes combinaciones de orden en el TTI concatenado; por ejemplo, si dos TTI anteriores se concatenan en un TTI más grande que consta de 14 símbolos (con seis símbolos s_1 y ocho símbolos s_2), las diferentes combinaciones de orden de los 14 símbolos incluyen:

$s_1s_1s_1s_2s_2s_2s_2s_1s_1s_1s_2s_2s_2s_2$;

s2s2s2s2s1s1s1s2s2s2s1s1s1;

s2s2s1s1s1s2s2s2s1s1s1s2s2;

slslslslslsls2s2s2s2s2s2s2s2;

s2s2s2s2s2s2s2s2s1s1s1s1s1s1; y

s2s2s2s2s1s1s1s1s1s1s2s2s2s2; etc.

Las características escalables propuestas en el diseño de la numerología se configuran de forma que la subtrama TDD o la alineación de límites de TTI se produzcan de forma natural en términos del espaciado de subportadora más pequeño entre las diferentes opciones de numerología. Además, una extensión a la alineación de límites de símbolo de TDD es sencilla mediante un reordenamiento o reorganización de símbolos adicional en los TTI o las subtramas, que se describió anteriormente en e). Como ejemplo, considerando tres opciones de espaciado de subportadora escalable 7(1,6) con configuraciones LTE CP normales (en inglés, normal CP, NCP): 15 kHz, 30 kHz y 60 kHz, cada una con su unidad básica de TTI/subtrama que consiste de 1 símbolo de OFDM largo ($S_0 = T_{cp0} + T_{\text{útil}}$) y 6 símbolos de OFDM cortos ($S_1 - S_6$, cada duración de símbolo = $T_{cp1} + T_{\text{útil}}$); para la coexistencia de TDD, el límite de símbolo se puede alinear fácilmente con respecto a la estructura de símbolo de numerología de 15 kHz y de subtrama, como se muestra en la Tabla A, donde el reordenamiento del orden de símbolos en los TTI entre las diferentes numerologías de subbanda pueden hacer que se alineen perfectamente los límites de símbolos y de subtramas con respecto a 15 kHz. Tenga en cuenta que una unidad de tiempo básica de TTI/subtrama de 15 kHz de espaciado de subportadora, por ejemplo, que consta de 7 símbolos, es equivalente a dos unidades de tiempo básicas de 30 kHz (por ejemplo, con 14 símbolos) y cuatro unidades de tiempo básicas de 60 kHz (por ejemplo, con 28 símbolos), siendo todos de 0,5 ms (es decir, la alineación de límite de subtrama en términos de la numerología de espaciado de subportadora más pequeña). Además, las ubicaciones de símbolos largos para diferentes opciones de numerología en la Tabla A se pueden reordenar y colocar en una ubicación diferente dentro de un subtrama; por ejemplo, la ubicación de símbolo primera, cualquier ubicación intermedia o la última en función de la demanda, mientras que aún se pueden mantener las alineaciones de límite de símbolo. En otro ejemplo, para configuraciones de espaciado de subportadora de 7,5 kHz, 15 kHz y 30 kHz (o más), las alineaciones de límite de símbolo y de subtrama se pueden hacer de la misma manera, recolocando los símbolos dentro de subtramas, donde los tiempos límite están en términos de la numerología de espaciado de subportadora de 7,5 kHz en este grupo, y una unidad de tiempo básica de TTI/subtrama de espaciado de subportadora de 7,5 kHz, por ejemplo, que consiste de 7 símbolos, es equivalente a dos unidades de tiempo básicas de 15 kHz (por ejemplo, con 14 símbolos) y cuatro unidades de tiempo básicas de 30 kHz (por ejemplo, con 28 símbolos), siendo todas de 1 ms.

15 kHz	S0				S1				S2				S3				S4				S5				S6			
30 kHz	S0		S0		S1		S1		S2		S2		S3		S3		S4		S4		S5		S5		S6		S6	
60 kHz	S0	S0	S0	S0	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S5	S5	S5	S5	S6	S6	S6	S6

Tabla A: Reordenamiento de símbolos y alineación de límites para opciones de numerología escalable

En otra realización, las opciones escalables de numerología 7(1,6) se pueden generar de otra manera para alinear los límites de símbolos, que se describe a continuación: Basado en la numerología de espaciado de subportadora más pequeña y base con la configuración LTE CP normal (NCP) en el que un símbolo con un CP largo y seis símbolos con 6 CP cortos, una duración de intervalo fijo se define como la diferencia de las dos duraciones de CP; entonces cualquier nueva numerología se genera y se escala (inversamente) con los valores de espaciado de subportadora en la porción de subtrama, excepto por la duración de intervalo fijo, para símbolos útiles y CP cortos (incluido el primer símbolo con el CP largo donde se divide en un CP corto + la duración del intervalo fijo). Por ejemplo, en la Tabla A, la alineación de símbolo se basa en la numerología de 15 kHz. Si definimos una duración de intervalo fijo para 15 kHz, $g = T_{cp0} - T_{cp1}$, entonces su primer símbolo $S_0 = S_1 + g$, donde la duración g no se escala cuando se genera otras opciones de numerología, pero la otra parte de subtrama (excepto para la duración de g) es escalable. Como resultado, la alineación del límite de símbolo (y subtrama) se puede lograr fácilmente de la forma que se muestra en la Tabla B, donde cada numerología (escalable) tiene una duración (g) fija (o sin escalar) común que se utilizará como CP adicional para el primer símbolo. Además, la ubicación de la duración del intervalo fijo puede moverse y colocarse delante de cualquier símbolo de (por ejemplo, 15 kHz) de numerología, tal como el símbolo S_6 para aumentar la duración de CP de este símbolo en g .

15kHz	g	S0				S1				S2				S3				S4				S5				S6			
30kHz	g	S0	S0	S0	S0	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S5	S5	S5	S5	S6	S6	S6	S6
60kHz	g	S0	S0	S0	S0	S1	S1	S1	S1	S2	S2	S2	S2	S3	S3	S3	S3	S4	S4	S4	S4	S5	S5	S5	S5	S6	S6	S6	S6

Tabla B: Otro esquema de numerología escalable y alineaciones de límites de símbolos/subtramas

La Tabla 1 muestra cinco conjuntos de opciones de numerología de OFDM, cada conjunto define los siguientes parámetros: espaciado de subportadora, duración de símbolo útil (T_u) para cada símbolo, duración de CP, número de símbolos y TTI. En el ejemplo expuesto en la siguiente Tabla 1, las opciones se asocian con espaciados de subportadora de 3,75 kHz, 7,5 kHz, 15 kHz, 30 kHz y 60 kHz. En particular, con 15 kHz como espaciado de subportadora base, 30 kHz es representativo de una relación de escala de enteros (multiplicación) con el número entero que es 2 y 60 kHz es representativo de una relación de escala de enteros (multiplicación) con el número entero que es 4. Además, 7,5 kHz es representativo de una relación de escala de enteros (división) con el número entero que es 2 y 3,75 kHz con el número entero que es 4. En el ejemplo expuesto en la Tabla 1, los espaciados de subportadora de 3,75 kHz, 7,5 kHz, 15 kHz, 30 kHz y 60 kHz tienen los TTI de 2 ms, 1 ms, 0,5 ms, 0,250 ms y 0,125 ms, respectivamente. El número de símbolos de OFDM para cada TTI se establece en siete para las cinco opciones de espaciado de subportadora. La notación de 7(1,6) puede interpretarse como que, para los siete símbolos de OFDM, hay un símbolo de un primer tipo (Tipo 1) y seis símbolos de un segundo tipo (Tipo 2). En otras palabras, los símbolos de OFDM dentro de un conjunto de parámetros pueden tener más de un tipo de símbolos coexistiendo en diferentes subbandas. En el ejemplo expuesto en la Tabla 1, los tipos de símbolos se distinguen por las diferentes duraciones de CP. Para un espaciado de subportadora de 7,5 kHz, por ejemplo, uno de los siete símbolos es un símbolo de Tipo 1 que tiene un CP de 10,42 μ s y seis de los símbolos son símbolos de Tipo 2 que tienen un CP de 9,38 μ s. Además, debe quedar claro que las duraciones de CP contenidas en los símbolos de OFDM correspondientes también son escalables para diferentes opciones de espaciado de subportadora.

Como se puede ver en la Tabla 1, para un tipo de señal de numerología, el espaciado de subportadora y la parte útil de OFDM tienen una relación de escala con el espaciado de subportadora y la parte útil de OFDM en otro tipo de señal de numerología. Por ejemplo, en el conjunto de parámetros de numerología asociado con el espaciado de subportadora de 3,75 KHz, la duración de símbolo útil (T_u) para cada símbolo es dos veces la duración de símbolo útil (T_u) definida para el espaciado de subportadora de 7,5 kHz. La duración de CP y el símbolo de OFDM en el mismo tipo tienen una relación de escala con la duración de CP y el símbolo de OFDM en otro tipo de señal de numerología mientras se mantiene el mismo sobrecoste de CP. Por ejemplo, en el conjunto de parámetros de numerología asociado con el espaciado de subportadora de 3,75 KHz, las duraciones de CP/símbolo de OFDM de Tipo 1 y de CP/símbolo de OFDM de Tipo 2 son el doble que las duraciones respectivas de CP/símbolo de OFDM de Tipo 1 y de CP/símbolo de OFDM de Tipo 2 definidas para espaciado de subportadora de 7,5 KHz, de modo que el sobrecoste de CP para cada conjunto de parámetros es la misma con un 6,7%. En consecuencia, la duración de TTI tiene una relación de escala con la duración de TTI en otros tipos de conjuntos de señales de numerología mientras se mantiene el mismo número de símbolos por TTI. Además, algunos parámetros tienen una relación de escala proporcional entre diferentes conjuntos con otros parámetros. Algunos parámetros tienen una relación de escala proporcional recíproca entre diferentes conjuntos con otros parámetros.

Tabla 1. Primer numerología de ejemplo

Espaciado de subportadora (KHz)	3,75	7,5	15	30	60
Duración útil T_u (us)	266,67	133,33	66,67	33,33	16,67
Duración de CP (us)	20,84, 18,76	10,42, 9,38	5,2, 4,7	2,60, 2,34	1,30, 1,17
número de símbolos por TTI	7(1,6)	7(1,6)	7(1,6)	7(1,6)	7(1,6)
TTI (ms)	2	1	0,5	0,250	0,125
Sobrecoste de CP	6,7%	6,7%	6,7%	6,7%	6,7%
(1) Período de CP de Tipo 1 (us)	20,83	10,42	5,21	2,60	1,30
(2) Tipo 2 de periodo de CP (us)	18,75	9,38	4,69	2,34	1,17
(3) Período de parte útil de OFDM (us)	266,67	133,33	66,67	33,33	16,67
Símbolo de OFDM de Tipo 1 (us): (1) + (3)	287,50	143,75	71,88	35,94	17,97
Símbolo de OFDM de Tipo 2 (us): (2) + (3)	285,42	142,71	71,35	35,68	17,84

- 5 Se puede considerar que la numerología del ejemplo expuesto en la Tabla 1 anterior (implementada mediante el diseño de CP) se ha optimizado para un bajo sobrecoste de CP. Un conjunto escalable de numerología es aplicable a los tamaños de FFT de escalables y anchos de banda de portadora. Los detalles para los dos tipos de símbolos utilizados en cada opción de espaciado de subportadora se dan en la siguiente Tabla 2, donde tanto las duraciones de CP de Tipo 1 como las duraciones de CP de Tipo 2 son escalables en las opciones de espaciado de subportadora.

Tabla 2. Detalle para la primera numerología de ejemplo de la Tabla 1

Espaciado de subportadora (kHz)	3,75	7,5	15	30	60
Tamaños de FFT	8192	4096	2048	1024	512
Frecuencia de muestreo (MHz)	30,72	30,72	30,72	30,72	30,72
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	640	320	160	80	40
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	576	288	144	72	36
Parte útil de OFDM: número de muestras	8192	4096	2048	1024	512
Tamaños de FFT	4096	2048	1024	512	256
Frecuencia de muestreo (MHz)	15,36	15,36	15,36	15,36	15,36
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,0651	0,0651	0,0651	0,0651	0,0651
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	320	160	80	40	20
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	288	144	72	36	18
Parte útil de OFDM: número de muestras	4096	2048	1024	512	256
Tamaños de FFT	2048	1024	512	256	128
Frecuencia de muestreo (MHz)	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,1302	0,1302	0,1302	0,1302	0,1302
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	160	80	40	20	10
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	144	72	36	18	9
Parte útil de OFDM: número de muestras	2048	1024	512	256	128
Tamaños de FFT	1024	512	256	128	
Frecuencia de muestreo (MHz)	3,84	3,84	3,84	3,84	
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,2604	0,2604	0,2604	0,2604	
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	80	40	20	10	

(continuado)

CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	72	36	18	9
Parte útil de OFDM: número de muestras	1024	512	256	128

En realizaciones de ejemplo de la presente solicitud, los esquemas descritos se pueden aplicar a "aplicaciones únicas de uso general", en las cuales se puede aplicar una numerología para cada espaciado de subportadora (SS) a todas las combinaciones factibles de diferentes anchos de banda escalables y tamaños de FFT, como se muestra en la Tabla 2. En particular, en la Tabla 2 anterior, la frecuencia de muestreo más alta se ha limitado a 30,72 MHz para ilustrar un ejemplo de compatibilidad hacia atrás con la LTE. Debe entenderse que no es necesario limitar la frecuencia de muestreo más alta cuando no se requiere la compatibilidad hacia atrás. Se pueden emplear frecuencias de muestreo más altas o más bajas (en relación con las frecuencias de muestreo de LTE) en redes inalámbricas futuras.

Para cualquier espaciado de subportadora, se pueden usar diferentes tamaños de FFT (y, por lo tanto, frecuencias de muestreo) en función de diferentes anchos de banda del sistema. Por ejemplo, con un espaciado de subportadoras de 30 kHz, la siguiente Tabla 3 enumera una relación aplicable entre los anchos de banda del sistema y los tamaños de FFT (y las frecuencias de muestreo).

Tabla 3. Relación aplicable entre los anchos de banda del sistema y los tamaños de FFT para el espaciado de subportadora de 30 kHz.

Ancho de banda (MHz)	2,5	5	10	15	20
Tamaño FFT	128	256	512	512	1024
Frecuencia de muestreo (MHz)	3,84	7,68	15,36	15,36	30,72

Como se señala en lo anterior, el factor de escala, M , puede ser cualquier número (excepto 1), incluidos números pares o valores 2^n donde n es un número entero distinto de cero, según las exigencias y requisitos de diseño. En algunos ejemplos, un factor de escala de $M=2^n$ se aplica, con un espaciado de subportadora de 15 kHz utilizado como referencia, donde n es un número entero distinto de cero. Basado en una base de 15 kHz, una relación de escala 2^n , puede proporcionar opciones de espaciado de subportadora de: (subiendo) 30, 60, 120 kHz ... y (bajando) 7,5, 3,75 kHz,

Las siguientes dos Tablas 4 y 5 ilustran dos conjuntos de opciones más de ejemplo para los casos de siete símbolos por TTI. En particular, la Tabla 4 proporciona una numerología OFDM escalable con una composición de símbolos por TTI de 7(2,5) y, en la Tabla 5, se presentan combinaciones de tamaños de FFT y anchos de banda para la numerología de la Tabla 4.

Tabla 4. Segunda numerología de ejemplo

Espaciado de subportadora (kHz)	7,5	15	30	60
Duración útil T_u (μs)	133,33	66,67	33,33	16,67
Duración de CP (μs) (2)	7,29	3,65	1,82	0,91
Duración de CP (μs) (5)	10,42	5,21	2,60	1,30
número de símbolos por TTI	7(2,5)	7(2,5)	7(2,5)	7(2,5)
TTI (ms)	1	0,5	0,250	0,125
Espaciado de subportadora (kHz)	7,5	15	30	60
Sobrecoste de CP(%)	6,67	6,67	6,67	6,67

(continuado)

(1) Período de CP de Tipo 1 (μs)	7,2917	3,6458	1,8229	0,9115
(2) Período de CP de Tipo 2 (μs)	10,4167	5,2083	2,6042	1,3021
(3) Período de parte útil de OFDM (μs)	133,3333	66,6667	33,3333	16,6667
Símbolo de OFDM de Tipo 1 (μs): (1) + (3)	140,6250	70,3125	35,1563	17,5781
Símbolo de OFDM de Tipo 2 (μs): (2) + (3)	143,7500	71,8750	35,9375	17,9688

Tabla 5. Detalle para la segunda numerología de ejemplo de la Tabla 4

Espaciado de subportadora (kHz)	7,5	15	30	60
Tamaños de FFT	4096	2048	1024	512
Frecuencia de muestreo (MHz)	30,72	30,72	30,72	30,72
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μs)	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	224	112	56	28
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	320	160	80	40
Parte útil de OFDM: número muestras	4096	2048	1024	512
Tamaños de FFT	2048	1024	512	256
Frecuencia de muestreo (MHz)	15,36	15,36	15,36	15,36
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μs)	0,0651	0,0651	0,0651	0,0651
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	112	56	28	14
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	160	80	40	20
Espaciado de subportadora (kHz)	7,5	15	30	60
Parte útil de OFDM: número muestras	2048	1024	512	256
Tamaños de FFT	1024	512	256	128
Frecuencia de muestreo (MHz)	7,68	7,68	7,68	7,68
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μs)	0,1302	0,1302	0,1302	0,1302
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	56	28	14	7
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	80	40	20	10
Parte útil de OFDM: número de muestras	1024	512	256	128

(continuado)

Tamaños de FFT	512	256	128	
Frecuencia de muestreo (MHz)	3,84	3,84	3,84	
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,2604	0,2604	0,2604	
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	28	14	7	
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	40	20	10	
Parte útil de OFDM: número de muestras	512	256	128	

Las diferencias entre la Tabla 1 y la Tabla 4 incluyen que la Tabla 1 proporciona opciones de mayor duración de CP (lo que resulta en una mayor duración de símbolo de OFDM), así como las agrupaciones de las mismas duraciones de símbolo en cada TTI. Por ejemplo, con diferentes duraciones de CP de Tipo 1 y Tipo 2 en los diseños, la Tabla 4 proporciona una composición de símbolos por TTI de 7(2,5). En contraste, la Tabla 1 proporciona una composición de símbolos por TTI de 7(1,6).

Las tablas 6 y 7, que siguen, ilustran dos conjuntos de ejemplo más de opciones para los casos de siete símbolos por TTI. En particular, la Tabla 6 proporciona una numerología OFDM escalable con una composición de símbolos por TTI de 7(3,4) y, en la Tabla 7, se presentan combinaciones de tamaños FFT y anchos de banda para la numerología de la Tabla 6.

Tabla 6. Tercer ejemplo de numerología

Espaciado de subportadora (kHz)	3,75	7,5	15	30	60
Duración útil T_u (μ s)	166,67	133,33	66,67	33,33	16,67
Duración de CP (μ s) (3) Duración de CP (μ s) (4)	16,67 20,83	8,33 10,42	4,17 5,21	2,08 2,60	1,04 1,30
Número de símbolos por TTI	7(3,4)	7(3,4)	7(3,4)	7(3,4)	7(3,4)
TTI (ms)	2	1	0,5	0,25	0,125
Sobrecoste de CP (%)	6,67	6,67	6,67	6,67	6,67

Tabla 7. Detalle de la tercera numerología de la Tabla 6

Espaciado de subportadora (kHz)	3,75	7,5	15	30	60
Tamaños de FFT	8192	4096	2048	1024	512
Frecuencia de muestreo (MHz)	30,72	30,72	30,72	30,72	30,72
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	512	256	128	64	32
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	640	320	160	80	40
Parte útil de OFDM: número de muestras	8192	4096	2048	1024	512

(continuado)

Tamaños de FFT	4096	2048	1024	512	256
Frecuencia de muestreo (MHz)	15,36	15,36	15,36	15,36	15,36
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,0651	0,0651	0,0651	0,0651	0,0651
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	256	128	64	32	16
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	320	160	80	40	20
Parte útil de OFDM: número de muestras	4096	2048	1024	512	256
Tamaños de FFT	2048	1024	512	256	128
Frecuencia de muestreo (MHz)	7,68	7,68	7,68	7,68	7,68
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,1302	0,1302	0,1302	0,1302	0,1302
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	128	64	32	16	8
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	160	80	40	20	10
Parte útil de OFDM: número de muestras	2048	1024	512	256	128
Tamaños de FFT	1024	512	256	128	64
Frecuencia de muestreo (MHz)	3,84	3,84	3,84	3,84	3,84
Intervalo de tiempo de muestreo T_s (μ s)	0,2604	0,2604	0,2604	0,2604	0,2604
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	64	32	16	8	4
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	80	40	20	10	5
Parte útil de OFDM: número de muestras	1024	512	256	128	64

Las diferencias entre la Tabla 1 y la Tabla 6 incluye que la Tabla 6 proporciona opciones de mayor duración de CP (lo que resulta en una mayor duración de símbolo de OFDM), así como las agrupaciones de las mismas duraciones de símbolo en cada TTI. Por ejemplo, con diferentes duraciones de CP de Tipo-1 y Tipo-2 en los diseños, la Tabla 6 proporciona una composición de símbolos por TTI de 7(3,4). En contraste, la Tabla 1 proporciona una composición de símbolos por TTI de 7(1,6).

En algunos ejemplos, la alineación del límite y temporización de TTI de diferentes esquemas de numerología utilizados en las subbandas de TDD vecinas se puede aplicar para mitigar la interferencia cruzada de enlaces descendentes - enlaces ascendentes entre las subbandas. A este respecto, la figura 2 proporciona un ejemplo en el que la alineación de límites y temporización de TTI se logra reordenando o reorganizando los símbolos de OFDM en los TTI. En la figura 2, solo se proporcionan estructuras de trama de DL para compatibilizar con la velocidad de datos pico de DL, donde se emplean opciones de espaciado de subportadora de 15 kHz y 30 kHz, cada una con 7(3,4) símbolos por TTI y unidad de tiempo básica, respectivamente, en dos subbandas de un ancho de banda de frecuencia de portadora individual. Los detalles de los símbolos para 15 kHz son: S2 (66,67 + 5,2) μ s, S1 (66,67 + 4,17) μ s; los detalles de los símbolos para los detalles de 30 kHz son: s2 (33,33 + 2,6) μ s, s1 (33,33 + 2,08) μ s. Los detalles de la alineación de límites y temporización de TTI entre las dos subbandas son: 1) La alineación de temporización es con el espaciado de subportadora más pequeño de TTI de 15 kHz. Tenga en cuenta que 1 TTI de 15 kHz equivale a 2 TTI de 30 kHz reordenando los símbolos. 2) Hay un intervalo de conmutación para el período de guarda DL/UL (en inglés, Guard Period, GP) y la alineación. 3) Existe una alineación de temporización de UL para ACK/NACK, realimentación de CQI y/o señales de referencia de sonido (en inglés, Sound Reference Signal, SRS).

Mediante el uso los esquemas propuestos en este documento, las soluciones de numerología pueden determinarse para aplicaciones de red y dispositivos en entornos donde los despliegues de tiempos de propagación varían, por ejemplo, entornos urbanos, entornos rurales, entornos interiores, entornos exteriores, entornos de células pequeñas, entornos de células grandes, etc. En realizaciones de ejemplo se proporcionan múltiples duraciones de CP para cada SS, lo que permite alcanzar los objetivos deseados.

En la siguiente Tabla 8a se presentan esquemas de ejemplo diseñados para abordar la compatibilización de alta movilidad en entornos de despliegue de tiempos de propagación más grandes, por ejemplo, zonas rurales. Los esquemas de la Tabla 8a tienen duraciones de CP más largas para opciones de espaciado de subportadora más grandes (por ejemplo, 30 kHz y 60 kHz). Beneficiosamente, los CP más grandes en los esquemas de la Tabla 8a son compatibles con una alta movilidad en entornos de despliegue de tiempos de propagación más grandes. Además, estos esquemas son compatibles con la coexistencia de numerología de subbanda. Las características escalables se mantienen para los sobrecostos de CP dados, por ejemplo, la Tabla 8a incluye esquemas para sobrecostos de CP del 13,33% y para sobrecostos de CP del 6,7%.

Tabla 8a. Numerología de ejemplo con diferentes duraciones de CP

Espaciado de subportadora (kHz)	15	30	30	60	60	60
Duración útil T_u (μs)	66,67	33,33	33,33	16,67	16,67	16,67
Duración de CP (μs) (1)	5,2	5,73	2,6	2,86	1,3	3,65
Duración de CP (μs) (6 o 12)	4,7	5,08	2,34	2,54	1,17	3,13
número de símbolos por TTI	7(1,6)	13(1,12)	7(1,6)	13(1,12)	7(1,6)	25(10,15)
TTI (ms)	0,5	0,5	0,25	0,25	0,125	0,5
Sobrecoste de CP	6,70%	13,30%	6,70%	13,30%	6,70%	16,67%

Tabla 8b. Numerología de ejemplo con diferentes duraciones de CP para espaciados de subportadoras de 15 kHz e inferior.

Espaciado de subportadora (KHz)	3,75	3,75	3,75	7,5	7,5	15
Duración útil T_u (μs)	266,67	266,67	266,67	133,33	133,33	66,67
Duración de CP (us)	20,84, 18,76	66,67, 25	45,83	10,42, 9,38	29,17, 19,79	8,72, 7,36
número de símbolos por TTI	7(1,6)	17(1,16)	16	7(1,6)	13(1,12)	27(1,26)
TTI (ms)	2	5	5	1	2	2
Sobrecoste de CP	6,70%	9,30%	14,70%	6,70%	13,30%	10,00%

En la Tabla 8b se presentan más esquemas de ejemplo diseñados para abordar la compatibilidad con entornos orientados a la cobertura y de despliegue de tiempos de propagación más grandes y. Las tablas 8a y 8b se pueden aplicar a diversos escenarios de uso o servicio y escenarios de implementación. Dichas aplicaciones pueden, por ejemplo, incluir escenarios de uso en redes 5G futuras (la quinta generación), por ejemplo, banda ancha móvil mejorada (en inglés, enhanced mobile broadband, "eMBB"), comunicaciones masivas de tipo máquina (en inglés, massive Machine-Type Communications, "mMTC") y comunicaciones de baja latencia ultra confiables (en inglés, Ultra-Reliable low-latency communications, "URLLC"). Basado en diferentes requisitos en términos de despliegue de tiempos de propagación, del efecto Doppler e impactos de ruido de fase, etc., la Tabla 8c a continuación proporciona un ejemplo para la aplicación de diferentes esquemas de numerología a los diversos escenarios de aplicación en 5G.

Tabla 8c. Aplicaciones de numerología de ejemplo para diversos escenarios de uso de la red 5G

Escenarios de uso/servicio	Espaciado de subportadora: ejemplo,	Duración de CP (us): por ejemplo,	Duración de TTI (ms): por ejemplo,
eMBB	15 kHz	(5,2, 4,7)	0,5
Transmisión de Radiodifusión MBSFN	7,5kHz	(10,42, 9,38)	1
mMTC	3,75kHz	(20,84, 18,76)	2
	7,5kHz	(10,42, 9,38)	1
URLLC	60 kHz	(1,3, 1,17)	0,125

Los ejemplos anteriores han mostrado varios esquemas con más de un tipo de duración de CP en símbolos para un TTI, esquemas las cuales se pueden considerar estrictamente compatibles hacia atrás con la LTE, 7(1,6), o estrechamente compatibles hacia atrás con la LTE, 7(2,5) y 7(3,4).

A continuación, los esquemas de numerología se tratan en el contexto de la llamada "solución de compatibilidad hacia adelante". Los dos tipos duraciones de CP en el sistema de LTE actual se pueden simplificar eligiendo un espaciado de subportadora base diferente al espaciado de subportadora de LTE de 15 kHz. Por ejemplo, cada una de las opciones de espaciado de subportadora en un grupo que incluye 16,875 kHz, 17,5 kHz, 22,5 kHz y 16,5 kHz tiene una propiedad conveniente en la cual la numerología de cada una de las opciones de espaciado de subportadora tiene solo una duración de CP en símbolos de OFDM dentro de un TTI y sobrecostos de CP que pueden minimizarse. Además, un TTI puede incluir tan solo símbolo de OFMD individual, siendo las duraciones de TTI valores convenientes como 0,0625 ms. Se puede referir a tal esquema como una solución de compatibilidad hacia adelante.

Para las realizaciones de ejemplo con compatibilidad hacia adelante tratadas en este documento, considere las siguientes directrices.

a) El conjunto de espaciados de subportadoras $\{SS_i, i = 1, 2, \dots, N\}$ se puede obtener de forma escalable a partir de un espaciado de subportadora base que está estrechamente relacionado con el espaciado de subportadora de LTE de 15 kHz y la frecuencia de muestreo de LTE de 30,72 MHz. Se puede definir una nueva frecuencia de muestreo base multiplicando la frecuencia de muestreo de LTE por una relación, N/L y una nueva SS base = SS LTE * N/L , donde N, L son dos enteros positivos.

b) Para cualquier espaciado de subportadora base (16,875 kHz, 17,5 kHz, 22,5 kHz, 16,5 kHz, etc.), se propone el siguiente esquema de diseño:

- Ser compatible con duraciones de CP individuales y apropiadas por espaciado de subportadora y sobrecoste de CP minimizada;
- Un símbolo de OFDM individual lo suficientemente bueno en un TTI; y
- Un número discrecional, N , de símbolo(s) en un TTI (dN) se puede configurar, donde N es un entero positivo y donde los períodos de TTI son escalables en N símbolos.

Como resultado, cualquier número de símbolos (símbolos discretos N , " dN ") por TTI se puede configurar, en función de los requisitos de latencia, control/datos, TDD/FDD y coexistencia, etc. Tal diseño se denomina en este documento como esquema dN .

En el siguiente ejemplo de realización, $N = 9$ y $L = 8$, el espaciado de subportadora base es de 16,875 kHz y la frecuencia de muestreo base es de 34,56 MHz, hay una duración de CP individual de 3,24 us y una duración de símbolo de OFDM individual de 0,0625 ms. Para el espaciado de subportadora base de 16,875 kHz, se puede configurar una duración de TTI en función de los requisitos de latencia de transmisión y aplicación, que incluye uno o más símbolos de OFDM. De manera equivalente, se puede formar un TTI más grande concatenando dos o más TTI más pequeños; como ejemplo, el TTI más pequeño es 0,0625 ms (e incluye solo un símbolo de OFDM) en la siguiente tabla, se puede formar un TTI de 0,5 ms concatenando ocho TTI pequeños (0,0625 ms) o dos TTI de 0,25 ms.

Tabla 9. Para $SS = 16,875$ kHz y $T_s = 0,0289$ μ s

NúmSímbolos por TTI	T_{cp} (μ s)	T_u (ms)	TTI (ms)	Sobrecostes (%)
1	3,2407	59,2593	0,0625	5,1852
2	3,2407	59,2593	0,125	5,1852
3	3,2407	59,2593	0,1875	5,1852
4	3,2407	59,2593	0,25	5,1852
5	3,2407	59,2593	0,3125	5,1852
6	3,2407	59,2593	0,375	5,1852
7	3,2407	59,2593	0,4375	5,1852
8	3,2407	59,2593	0,5	5,1852
16	3,2407	59,2593	1	5,1852

5 Seleccionando diferentes valores apropiados de N y L, se pueden considerar otras opciones de espaciado de subportadora de base, como 17,5 kHz, 22,5 kHz, 16,5 kHz y 26,25 kHz para la llamada solución de compatibilidad hacia adelante. Cada una de estas opciones tendrá características aplicables a escenarios y entornos de aplicaciones particulares. Estas opciones se enumeran en la siguiente Tabla 10.

Tabla 10. Opciones para el espaciado de subportadora base

SS base (kHz)	17,5	22,5	16,5	26,25
Duración útil T_u (μ s)	57,14	44,44	60,61	38,10
Duración de CP (μ s)	5,36	5,56	1,89	3,57
número de símbolos por TTI	8	10	8	12
TTI (ms)	0,50	0,50	0,50	0,50
Sobrecoste de CP	8,6%	11,1%	3,0%	8,6%

10 Utilizando el espaciado de subportadora base de 16,875 kHz, se puede generar la numerología escalable escalando este espaciado de subportadora base hacia arriba o hacia abajo, tal como se ha tratado anteriormente en este documento en el contexto de 15 kHz, con la duración de CP y la duración de TTI también escaladas adecuadamente. Las siguientes dos tablas proporcionan dos ejemplos de numerología generados con un espaciado de subportadora base de 16,875 kHz, donde para el sobrecoste de CP dado de 5,18%, las duraciones de tiempo de CP son inversamente escalables con sus respectivos valores de espaciado de subportadora. Además, para un número dado
15 de símbolos configurados en cada TTI (por ejemplo, 7 u 8), los períodos de TTI también son inversamente escalables con sus respectivos valores de espaciado de subportadora.

Tabla 11. Esquemas con numerología escalable de espaciado de subportadora base de 16,875 kHz ($d7$, 5,18%)

Espaciado de subportadora (kHz)	4,219	8,438	16,875	33,75	67,5
Duración útil T_u (μ s)	237,04	118,52	59,26	29,63	14,81

(continuado)

Tiempo de CP (μ s)	12,96	6,48	3,24	1,62	0,81
número de símbolos por TTI	7	7	7	7	7
TTI (ms)	1,750	0,875	0,438	0,219	0,109
Sobrecoste de CP	5,18%	5,18%	5,18%	5,18%	5,18%

Tabla 12. Esquemas con espaciado de subportadora base de 16,875 kHz (D8, 5,18%) numerología escalable

Espaciado de subportadora (kHz)	4,219	8,438	16,875	33,75	67,5
Duración útil T_u (μ s)	237,04	118,52	59,26	29,63	14,81
Tiempo de CP (μ s)	12,96	6,48	3,24	1,62	0,81
número de símbolos por TTI	8	8	8	8	8
TTI (ms)	2,000	1,000	0,500	0,250	0,125
Sobrecoste de CP	5,18%	5,18%	5,18%	5,18%	5,18%

- 5 La numerología dN se puede utilizar con subbandas para ciertas aplicaciones que pueden beneficiarse de tal esquema. Tal aplicación puede, por ejemplo, incluir banda ancha móvil mejorada ("eMBB"), comunicaciones masivas de tipo máquina ("mMTC") y comunicaciones de baja latencia ultra confiables ("URLLC"). Cuando se planifica adecuadamente, las subbandas pueden coexistir. La determinación de si implantar subbandas coexistentes puede depender de los requisitos establecidos para las aplicaciones para las cuales se usarán las subbandas coexistentes.
- 10 Dichos requisitos incluyen requisitos relacionados con la latencia, el TDD/FDD y los entornos.

- Un ejemplo que se muestra a continuación es encontrar una numerología para mMTC con aplicaciones de <1 ms que utiliza un espaciado de subportadora de 8,438 kHz. Para el diseño de símbolos 2^N , la solución adecuada es con la configuración de 4 símbolos para construir el TTI de 0,5 ms (ya que 8 símbolos harán que el TTI sea igual a 1 ms), mientras que la solución dN propuesta puede configurar 7 símbolos en el TTI, lo que resulta en 0,875ms (<1 m). La ventaja de la solución dN es la reducción del sobrecoste de control. En esta aplicación, si se usa la mitad de un símbolo para el control, es decir, el sobrecoste de control es del 7% ($= 0,5/7$) para la solución $d7$, mientras que la solución 2^N incurrirá en un sobrecoste de control del 12,5% ($= 0,5/4$).
- 15

Tabla 13. Primera numerología de ejemplo para las mMTC

mMTC con $<$ aplicaciones ms	Solución $2^N : 2^2$		Solución $dN : d7$
Espaciado de subportadora (kHz)	8,438	8,438	8,438
Duración útil T_u (μ s)	118,52	118,52	118,52
Tiempo de CP (μ s)	6,48	6,48	6,48
número de símbolos por TTI	8	4	7
TTI (ms)	1,000	0,500	0,875
Sobrecoste de CP	5,18%	5,18%	5,18%

El esquema dN propuesto en este documento permite un número flexible de configuraciones de símbolos por TTI en lugar de limitar un número válido de símbolos por TTI a 2^N . Esta permisión de tanto números pares como impares en un TTI puede hacer que las configuraciones para la coexistencia sean más flexibles y eficientes. En un ejemplo, un diseño 2^N solo tiene una configuración de dos símbolos por TTI cuando se utiliza el espaciado de subportadora de 8,438 kHz. En comparación con una solución dN de 3 símbolos, si se asigna 1/4 de símbolo para el control, el sobrecoste es 8,3% para el diseño dN en contraste con 12,5% de sobrecoste para el diseño 2^N , que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 14. Segunda numerología de ejemplo para las mMTC

mMTC con <aplicaciones ms	Solución 2^N : 2^1 y 2^2		Solución dN : $d3$ y $d6$	
Espaciado de subportadora (kHz)	8,438	16,875	8,438	16,875
Duración útil T_u (μ s)	118,52	59,26	118,52	59,26
Tiempo de CP (μ s)	6,48	3,24	6,48	3,24
número de símbolos por TTI	2	4	3	6
TTI (ms)	0,250	0,250	0,375	0,375
Sobrecoste de CP	5,18%	5,18%	5,18%	5,18%

Para la numerología dN se pueden encontrar más opciones de CP para acomodar a diferentes aplicaciones y entornos, donde se requiere un CP más largo para opciones de espaciado de subportadora más altas. Se espera que haya una compensación entre la duración de CP y el sobrecoste de CP para cualquier espaciado de subportadora dado. La siguiente tabla es un ejemplo para proporcionar diferentes opciones de CP para un espaciado de una subportadora, es decir, numerología ($d15$, 11,11%) y ($d8$, 5,18%), donde se requiere un número impar de símbolos en un TTI para que la configuración ayude a lograr duraciones de CP más grandes pero de tipo individual con un sobrecoste de CP minimizado. Se observa que para cualquier sobrecoste de CP (5,18% u 11,11%), las características de escalabilidad se mantienen para duraciones de CP (inversamente relacionadas) con valores de espaciado de subportadora; además, para un número dado de símbolos por TTI, las duraciones de TTI también se escalan (inversamente) con sus respectivos valores de espaciado de subportadora.

Tabla 15. Otras opciones para el espaciado de subportadora base

Espaciado de subportadora (kHz)	16,875	33,75	33,75	67,5	67,5
Duración útil T_u (μ s)	59,26	29,63	29,63	14,81	14,81
Tiempo de CP (μ s)	3,24	3,7	1,62	1,85	0,81
número de símbolos por TTI	8	15	8	15	8
TTI (ms)	0,5	0,5	0,25	0,25	0,125
Sobrecoste de CP	5,18%	11,11%	5,18%	11,11%	5,18%

Se da un ejemplo más en la siguiente Tabla 16 para otro espaciado de subportadora base para generar la numerología escalable. Esto se puede generar escalando el espaciado de subportadora base de 13,125 kHz (con la frecuencia de muestreo base de 26,88MHz) hacia arriba o hacia abajo.

Tabla 16. Numerología de ejemplo adicional

Espaciado de subportadora (kHz)	6,5625	13,125	26,25	52,5
---------------------------------	--------	--------	-------	------

(continuado)

Duración útil T_u (μ s)	~152,38	~76,19	~38,10	~19,05
Tiempo de CP (μ s)	~14,28	~7,14	~3,57	~1,785
número de símbolos por TTI	12	12	12	12
TTI (ms)	2	1	0,5	0,25
Sobrecoste de CP	8,5%	8,5%	8,5%	8,5%

El diseño de numerología escalable puede ser aplicable a diferentes bandas de frecuencia, incluidas bandas sub 6GHz, de baja frecuencia (0,7-3,0 GHz) y media frecuencia (3-6 GHz), y bandas de frecuencia alta (6 GHz ~ 100 GHz) u ondas milimétricas (mmW). Como las bandas de frecuencia alta generalmente requieren un alto espaciado de subportadora debido a los impactos de ruido de fase, las duraciones de los símbolos serán significativamente más cortas o el sobrecoste de CP será inherentemente más alta. Para mantener los beneficios de la numerología escalable en términos de la característica de frecuencia de muestreo escalable y la simplicidad de implementación, una realización es proponer una numerología para un espaciado de subportadora base (por ejemplo, 15 kHz, 16,875 kHz) con un sobrecoste de CP relativamente grande en bandas de frecuencia más bajas (por ejemplo, 1~3 GHz), y después de escalar hacia arriba el espaciado de subportadora para bandas de frecuencia más altas, las duraciones de CP y sus sobrecostos siguen siendo lo suficientemente buenas como para aplicarlas en los escenarios o entornos apropiados.

Aquí hay dos ejemplos de realización de los diseños de numerología escalables para bandas de frecuencia bajas (por ejemplo, 700 MHz a 3 GHz), medias (por ejemplo, 3-6 GHz) y altas (por ejemplo, 6-100 GHz).

Tabla 17. Numerología compatible hacia atrás para múltiples bandas de frecuencia

Bandas de frecuencia (GHz)	Bajas (0,7-3,0)	Medias (3-6)	Altas (6-100)
Espaciado de subportadora (kHz)	15	30	600
Duración útil T_u (μ s)	66,67	33,33	1,67
Duración de CP (μ s)	5,2, 4,7	2,60, 2,34	0,130, 0,117
número de símbolos por TTI	7(1,6)	7(1,6)	7(1,6)
TTI (ms)	0,5	0,25	0,0125
Sobrecoste de CP	6,7%	6,7%	6,7%

Tabla 18. Numerología compatible hacia adelante para múltiples bandas de frecuencia

Bandas de frecuencia (GHz)	Bajas (0,7-3,0)	Medias (3-6)	Altas (6-100)
Espaciado de subportadora (kHz)	22,5	45	450
Duración útil T_u (μ s)	44,44	22,22	2,22
Duración de CP (μ s)	5,56	2,78	0,28
número de símbolos por TTI	10	10	10

(continuado)

Bandas de frecuencia (GHz)	Bajo (0,7-3,0)	Mediano (3-6)	Alto (6-100)
TTI (ms)	0,5	0,25	0,025
Sobrecoste de CP	11,1%	11,1%	11,1%

Otro diseño para dispositivos de bajo coste en las bandas de mmW pueden requerir un espaciado de subportadora aún más grande para compensar el ruido de fase con implementaciones de transmisión simplificadas. En tales escenarios, las duraciones de CP razonables deben diseñarse específicamente con sobrecostos de CP aceptables, debido al hecho de que el espaciado de subportadora más alto conducirá a duraciones de símbolo extremadamente pequeñas. Las consideraciones de diseño para estos escenarios se dan a continuación;

a) Fijar como objetivo soluciones a bandas de frecuencia entre 6 GHz y 100 GHz.

La frecuencia de muestreo como múltiplos (por ejemplo, 80) de la frecuencia de muestreo de LTE. Opciones de espaciado de subportadora basadas en bandas de frecuencia, ruido de fase medido e impacto del efecto Doppler:

- 1,2MHz para bandas de 6-28 GHz;
- 4,8 MHz para bandas de 28-50 GHz; y
- 9,6 MHz para bandas de 50-100 GHz.

Símbolo individual y períodos de TTI. Suponiendo anchos de banda de sistema/portadora: ~1 GHz y ~2 GHz. Diseño de Numerología para Bandas mmW.

A continuación se muestra un ejemplo de diseño para la numerología mmW en términos de opciones de espaciado de subportadora.

Tabla 19. Ejemplo de diseño de numerología de banda de mmW (6+ GHz)

Espaciado de subportadora (MHz)	1,2	4,8	9,6
Duración útil T_u (μ s)	0,833	0,208	0,104
Duración de CP (μ s)	0,208	0,052	0,026
número de símbolos por TTI	48	192	384
TTI (μ s)	50	50	50
Sobrecoste de CP	20,00%	20,00%	20,00%

A continuación se muestra un ejemplo de relación aplicable entre los anchos de banda del sistema y los tamaños de FFT para la numerología mmW.

Tabla 20. Relación aplicable entre anchos de banda del sistema y tamaños de FFT

espaciado de subportadora (MHz)	1,2	1,2	4,8	4,8	9,6	9,6
Ancho de banda del sistema (GHz)	1	2	1	2	1	2
número de subportadoras con 10% de banda de guarda	750	1500	187,5	375	93,75	187,5
Tamaño de FFT	1024	2048	256	512	128	256
Frecuencia de muestreo (MHz)	1228,8	2457,6	1228,8	2457,6	1228,8	2457,6

Los ejemplos anteriores se dan suponiendo que el espaciado de subportadora se ve afectado en gran medida por el ruido de fase sin tomar un diseño y procesamiento más complicado para los dispositivos de bajo coste, como ciertos dispositivos de WiFi. Por otro lado, hay otros tipos de dispositivos que pueden tolerar más costes de implementación para lidiar con los impactos de ruido de fase, como ciertos dispositivos de LTE. En tal caso, los impactos de ruido de fase pueden reducirse significativamente en términos de su espectro de ancho de banda. Como resultado, el espaciado de subportadora en el diseño puede ser menor que 1,2MHz, como 600 kHz y 300kHz, para las bandas de frecuencia alta de portadora.

Con base en la metodología de diseño escalable tratada en este documento, los diseños de numerología para las opciones de espaciado de subportadora de 300 kHz y 600 kHz se pueden escalar hacia abajo directamente desde la numerología para la opción de espaciado de subportadora de 1,2MHz. La Tabla 21 proporciona algunos ejemplos de numerología para las opciones de espaciado de subportadora de 300kHz y 600kHz, donde los diseños con diferentes duraciones de CP también se dan para satisfacer los requisitos futuros del sistema o del servicio de 5G y los escenarios de implementación. Se observa que para cualquier sobrecoste de CP dado, las duraciones de CP son inversamente escalables con los valores de espaciado de subportadora; por ejemplo, para las opciones de solución con un sobrecoste de CP del 20%, una duración de CP de 0,84us para el espaciado de subportadora de 300 kHz y 0,42us para el espaciado de subportadora de 600 kHz tienen un número de escala entero de 2 y con una relación de inversión.

Tabla 21. Ejemplos de numerología para bandas de frecuencia alta de portadora (mmW) con diferentes duraciones de CP.

Espaciado de subportadora (KHz)	300	300	300	300	600	600	600	600
Duración útil T _u (us)	3,33	3,33	3,33	3,33	1,67	1,67	1,67	1,67
Duración de CP (us)	0,84	0,48, 0,44	0,32, 0,30	0,26, 0,24	0,42	0,24, 0,22	0,16, 0,15	0,13, 0,12
número de símbolos por TTI	48	53(1,52)	55(1,54)	56(1,55)	48	53(1,52)	55(1,54)	56(1,55)
TTI (ms)	0,20	0,20	0,20	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10
Sobrecoste de CP	20%	11,7%	8,3%	6,7%	20%	11,7%	8,3%	6,7%

La comunicación máquina a máquina (en inglés, Machine-to-Machine, M2M) permite que las máquinas se comuniquen directamente entre sí y se está expandiendo rápidamente debido a su potencial de generar ingresos significativos para los operadores de redes móviles. En un contexto de Proyecto de Asociación de 3ª Generación (3GPP), M2M también se conoce como Comunicación de Tipo Máquina (en inglés, Machine-Type Communication, MTC). Dentro de una red MTC, los dispositivos pueden establecer rutas de comunicación o enlaces entre sí. Se puede referir a dichas rutas o enlaces como rutas o enlaces de dispositivo a dispositivo (en inglés, device-to-device, "D2D"). Los particulares dispositivos de bajo coste mencionados anteriormente en este documento pueden incluir dispositivos que se comunican en una red de MTC a través de una ruta o enlace de D2D.

En la Tabla 22 a continuación se muestra otro ejemplo de numerología. En el conjunto de opciones de la Tabla 22, cada TTI consta de 7 símbolos de OFDM para cada opción de espaciado de subportadora, con opciones de espaciado de subportadora de 7,5, 15, 30 y 60 KHz que tienen los TTI respectivos de 1, 0,5, 0,250 y 0,125 ms. Hay dos tipos de duraciones de CP para los símbolos de OFDM en cada TTI, con el uso la notación mencionada anteriormente de "número de símbolos por TTI (número de CP de Tipo 1, número de CP de Tipo 2)" para denotar los tipos de símbolo de modo que "7 (3,4)" significa un total de 7 símbolos de OFDM con 3 símbolos CP de Tipo 1 (por ejemplo, CP de 8,33us para 7,5KHz) y 4 símbolos CP de Tipo 2 (por ejemplo, CP de 10,42 us para 7,5KHz). En el ejemplo de la Tabla 22, se ha seleccionado la numerología de OFDM para proporcionar una sobrecoste de CP relativamente baja del 6,7% para cada opción de espaciado de subportadora. Un conjunto escalable de numerología es aplicable a los tamaños escalables de FFT y al ancho de banda de portadora.

Tabla 22: Ejemplo de numerología con los CP diseñados para proporcionar un 6,7% de sobrecoste de CP para cada opción de SS por TTI.

Espaciado de subportadora (SS) (KHz)	7,5	15	30	60
Duración útil T _u (us)	133,33	66,67	33,33	16,67

(continuado)

Duración de CP (us)	8,33, 10,42	5,2, 4,7	2,60, 2,34	1,04, 1,30
número de símbolos por TTI	7(3,4)	7(1,6)	7(1,6)	7(3,4)
TTI (ms)	1	0,5	0,250	0,125

A continuación se detallan los dos tipos de símbolos utilizados en cada opción de espaciado de subportadora de la Tabla 22:

5

Tabla 23: Detalles del tipo de símbolo para la numerología de la Tabla 22

Espaciado de subportadora (KHz)	7,5	15	30	60
(1) Período de CP de Tipo 1 (us)	8,3333	5,2083	2,6042	1,0417
(2) Período de CP de Tipo 2 (us)	10,4167	4,6875	2,3438	1,3021
(3) Período de parte útil de OFDM (us)	133,3333	66,6667	33,3333	16,6667
Símbolo de OFDM de Tipo 1 (us): (1) + (3)	141,6667	71,8750	35,9375	17,7083
Símbolo de OFDM de Tipo 2 (us): (2) + (3)	143,7500	71,3542	35,6771	17,9688

En "aplicaciones únicas de uso general", se puede aplicar una numerología para cada opción de espaciado de subportadora SS a todas las combinaciones factibles de diferentes anchos de banda escalables y tamaños de FFT, que se muestra en la Tabla 24A a continuación:

10

Tabla 24A: Detalles para el ejemplo de numerología de la Tabla 22.

Espaciado de subportadora (KHz)	7,5	15	30	60
Tamaños de FFT	4096	2048	1024	512
Frecuencia de muestreo (MHz)	30,72	30,72	30,72	30,72
Intervalo de tiempo de muestreo Ts (us)	0,0326	0,0326	0,0326	0,0326
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	256	160	80	32
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	320	144	72	40
Parte útil de OFDM: número muestras	4096	2048	1024	512
Tamaños de FFT	2048	1024	512	256
Frecuencia de muestreo (MHz)	15,36	15,36	15,36	15,36
Intervalo de tiempo de muestreo Ts (us)	0,0651	0,0651	0,0651	0,0651

15

(continuado)

CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	128	80	40	16
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	160	72	36	20
Parte útil de OFDM: número muestras	2048	1024	512	256
Tamaños de FFT	1024	512	256	128
Frecuencia de muestreo (MHz)	7,68	7,68	7,68	7,68
Intervalo de tiempo de muestreo Ts (us)	0,1302	0,1302	0,1302	0,1302
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	64	40	20	8
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	80	36	18	10
Parte útil de OFDM: número muestras	1024	512	256	128
Tamaños de FFT	512	256	128	64
Frecuencia de muestreo (MHz)	3,84	3,84	3,84	3,84
Intervalo de tiempo de muestreo Ts (us)	0,2604	0,2604	0,2604	0,2604
CP de Tipo 1: número de muestras de tiempo	32	20	10	4
CP de Tipo 2: número de muestras de tiempo	40	18	9	5
Parte útil de OFDM: número muestras	512	256	128	64

Por lo tanto, en un diseño único de uso general, la numerología de la Tabla 22 puede aplicarse a diferentes tamaños de FFT y anchos de banda asociados. La Tabla 24B establece diferentes tamaños de FFT y anchos de banda para la numerología asociada con el conjunto de parámetros de espaciado de subportadora de 30 kHz:

Ancho de banda (MHz)	2,5	5	10	15	20
Tamaño FFT	128	256	512	512	1024
Frecuencia de muestreo (MHz)	3,84	7,68	15,36	15,36	30,72

Conjunto de parámetros

En varios ejemplos de numerología descritos anteriormente, se ha observado que se pueden aplicar diferentes duraciones de CP a los símbolos dentro de un TTI (o TTU). En los ejemplos mencionados anteriormente, las diferentes duraciones de CP se han descrito como períodos de CP de Tipo 1 y Tipo 2. En al menos algunos ejemplos, se pueden aplicar diferentes opciones de CP para cada opción de espaciado de subportadora SS, siendo las duraciones de CP de Tipo 1 y Tipo 2 diferentes para las diferentes opciones. En algunos ejemplos, un CP que tiene una duración más larga (y más muestras de tiempo) puede denominarse un "Prefijo Cíclico Extendido" (en inglés, Extended Cycle Prefix, ECP), un CP que tiene una duración más corta (y menos muestras de tiempo) en relación con un ECP puede denominarse como "Prefijo Cíclico Normal" (en inglés, Normal Cycle Prefix, NCP), y un CP que tiene una duración más corta (y menos muestras de tiempo) en relación con un NCP puede denominarse "Prefijo Cíclico Mini" o "Prefijo Cíclico Miniatura" (en inglés, Miniature Cycle Prefix, MCP). En algunos ejemplos, "NCP" se refiere a una duración de prefijo cíclico que proporciona un sobrecoste de CP del 6,7% y "ECP" se refiere a una duración de prefijo cíclico que proporciona un sobrecoste de CP del 20%. En algunas configuraciones, por ejemplo, un MCP puede tener una

duración de 1~2 μ s, un NCP puede tener una duración de ~5 μ s y un ECP puede tener una duración de > 5 μ s. Como se señaló anteriormente con respecto a la Tabla 8a, se pueden diseñar esquemas de ejemplo con diferentes duraciones de CP para diferentes espaciados de portadora para abordar la compatibilización con la alta movilidad en entornos de despliegue de tiempos de propagación variables.

- 5 Por lo tanto, en algunas realizaciones de ejemplo, la provisión de múltiples opciones de duración de CP para cada espaciado de subportadora (SS) se puede aplicar para abordar diferentes aplicaciones en diferentes entornos donde los despliegues de tiempos de propagación varían, por ejemplo, entornos tales como urbano, macro urbano, urbano denso, rural, punta de acceso interior, células pequeñas, células grandes, alta velocidad, entre otros. A este respecto, la Tabla 25 a continuación proporciona ejemplos de numerología para la compatibilización con diversos entornos:

Espaciado de subportadora (KHz)	7.5	7.5	7.5	15	30	30	60	60
Duración útil T _u (us)	133.33	133.33	133.33	66.67	33.33	33.33	16.67	16.67
Duración de CP (us)	12.5, 14.58	8.33, 10.42	8.33, 10.42	5.2, 4.7	2.60, 2.34	4.95, 5.21	1.04, 1.30	3.65, 3.13
n.º de símbolos por TTI	35(15,20)	7(3,4)	35(15,20)	7(1,6)	7(1,6)	13(4,9)	7(3,4)	25(10,15)
TTI (ms)	5	1	5	0.5	0.250	0.5	0.125	0.5
Sobrecoste de CP	9.3%	6.7%	6.7%	6.7%	6.7%	13.3%	6.7%	16.7%
Ancho de banda (MHz)	2.5	2.5	20	20	20	20	20	20
Tamaño de FFT	512	512	4096	2048	1024	1024	512	512
Frecuencia de muestreo (MHz)	3.84	3.84	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72	30.72

Tabla 25: Ejemplos de numerología para entornos variables

En el ejemplo de la Tabla 25, existen tres opciones de numerología para el espaciado de subportadora SS = 7,5 kHz, y dos opciones de numerología, cada una con espaciados de subportadora SS = 50 KHz y SS = 60 kHz. Las primeras dos columnas definen dos opciones para SS = 7,5KHz y, cada una proporciona una duración de CP Tipo I y una duración de CP Tipo II que se encuentran dentro del intervalo de ECP. Dichas opciones pueden, en algunas aplicaciones, ser adecuadas para dispositivos de MTC o D2D de bajo coste.

En algunos ejemplos, la alineación de límites de subtrama de diferentes esquemas de numerología utilizados en redes de TDD vecinas puede aplicarse para mitigar la interferencia cruzada de enlaces descendentes - enlaces ascendentes entre subbandas de TTD o células vecinas. A este respecto, la Tabla 26 a continuación expone un ejemplo adicional de un conjunto de numerología de OFDM que incluye siete conjuntos de parámetros (Conjunto 1- Conjunto7), cada uno de los cuales está asociado con un espaciado de subportadora único. En el ejemplo de la Tabla 26, se aplica un factor de escala de 2^m, y la duración de TTU para cada conjunto de parámetros es divisible por la duración de TTU de cualquier conjunto de parámetros que tenga una duración TTU más pequeña. Por ejemplo, la duración de TTU de 1 ms para el conjunto 1 (SS = 7,5KHz) dividido por el entero 2 da como resultado la duración de TTU de 0,5 ms para el conjunto 2 (SS = 15 kHz). En el ejemplo de la Tabla 26, la duración de TTU se escala inversamente en relación con el espaciado de subportadora.

Tabla 26: Ejemplo de numerología para mitigar la interferencia cruzada UL-DL entre redes de TDD

Parámetros	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Conjunto 5	Conjunto 6	Conjunto 7
Espaciado de subportadora (kHz)	7,5	15	30	60	120	240	480
Duración del símbolo de OFDM (usec)	133,33	66,67	33,3	16,67	8,33	4,17	2,08
Duración de CP (usec) (NCP (Tipo 1, Tipo 2)/ECP)	(9,90, 9,38)/33,3	(5,2, ,69)/16,67	(2,6, 2,34)/8,33	(1,3, 1,17)/4,17	(0,65, 0,59) *	(0,326, 0,29) *	(0,163 ,0,15) *

(continuado)

Número de símbolos por TTU: 7 (1 con cp1, 6 con cp2)/6 (cp individual)	7/6	7/6	7/6	7/6	7	7	7
Duración de TTU (ms)	1	0,5	0,25	0,125	0,0625	0,03125	0,015625
Sobrecoste de CP (NCP / ECP)	6,67% /20%	6,67% /20%	6,67% /20%	6,67% /20%	6,67% *	6,67% *	6,67% *
Nota1 (bandas)	Sub 6GHz	Sub 6GHz	Sub 6GHz	Sub 6GHz / 30GHz	30GHz	30GHz	70GHz

* El CP extendido o el reordenamiento de CP también se puede aplicar bajo demanda.

En el ejemplo de la Tabla 26, los Conjuntos 1-3 se configuran para bandas sub 6 Ghz, el Conjunto 4 está configurado para sub 6 Ghz y > 6 GHz, los Conjuntos 5 y 6 para la banda de 30 Ghz y el Conjunto 7 para la banda de 70 Ghz. Para los Conjuntos 5~7, se puede aplicar un CP extendido (es decir, 20% de sobrecoste de CP) según sea necesario; también, las duraciones de CP en símbolos de OFDM dentro de una subtrama o una TTU se pueden ajustar (denominado aquí "reordenamiento de CP") para satisfacer las necesidades de, por ejemplo, la conmutación de DL/UL, la alineación de temporización de TDD y de límites. Por ejemplo, una duración de CP en un determinado símbolo (de ubicación de interés en un subtrama) se puede extender "tomando prestada" una o más muestras de CP de cada CP de los otros símbolos.

La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra el diseño de la numerología para mitigar la interferencia cruzada de UL-DL. En particular, la figura 3 ilustra una estructura de subtrama de TDD DL/UL con temporización $n + 0$ de solicitud de repetición automática híbrida (en inglés, Hybrid Automatic Repeat ReQuest, HARQ). El ejemplo ilustrado ilustra las subtramas (en inglés, Sub-frames, SF) de TDD y la programación adaptativa de las unidades de transmisión (en inglés, Transmission Units, TU) que pueden combinarse con al menos algunos de los ejemplos de numerología descritos en este documento. Múltiples subbandas (subbanda 1, subbanda 2 y subbanda 3) se multiplexan en frecuencia, con diferente numerología aplicada a al menos algunas de las subbandas. Por ejemplo, en la figura 3, la subbanda 1 emplea un espaciado de subportadora más grande con una subtrama más corta, o una unidad de subtrama básica, en relación con las subbandas 2 y 3, para lograr una $n + 0$ temporización de HARQ. En las realizaciones de ejemplo, el DL y el UL se multiplexan en el tiempo en cada subbanda, con la asignación de tiempo de DL que incluye el canal de control de DL, RS/Piloto y componentes de datos, y la asignación de tiempo de UL que incluye datos, componentes de HARQ A/N y/o de CQI. Las ubicaciones de componentes de señal pueden variar de las que se muestran en la figura 12; por ejemplo, la ubicación de RS/piloto puede preceder al canal de control de DL según los requisitos.

Como se puede ver en ejemplos anteriores, se pueden aplicar diferentes configuraciones de duración TTI/TTU/subtrama para su uso en diferentes bandas de frecuencia. En la Tabla 27 a continuación se exponen ejemplos de varias configuraciones de subtrama o TTU para bandas sub 6 GHz:

Tabla 27: Configuración de subtrama/TTU para bandas sub de 6 GHz

Subtrama/unidades de transmisión * (bandas <6GHz)		Duración de subtrama asociada (ms)			
Tipo de componente	número de configuraciones de símbolos	7,5kHz	15 kHz	30 kHz	60 kHz
Subtrama	14 (NCP) o 12 (ECP)	2	1	0,5	0,25
	7 (NCP) o 6 (ECP)	1	0,5	0,25	0,125

(continuado)

Programación/subtrama con CP normal (NCP)	m (<7) **	2x	x	x/2	x/4
	7	1	0,5	0,25	0,125
	7n	n	0,5n	0,25n	0,125n
Programación/subtrama con CP extendido (ECP) ***	k (>= 1)	0,167k	0,083k	0,042k	0,021k
* El uso de 15 kHz como espaciado de subportadora base con ejemplos de realización de configuración NCP de coexistencia de diferentes estructuras de trama adaptativa con f-OFDM en un sistema de TDD ** usado para la latencia corta, aquí como ejemplo, x se aproxima para todos los símbolos cortos, $x \sim 0,0713 \cdot m$; Tenga en cuenta que los símbolos de CP más largos también se pueden usar para, por ejemplo, control/RS *** ECP con 20% de sobrecostos de CP					

En la Tabla 28 a continuación se exponen ejemplos de varias configuraciones de subtrama/TTU para bandas > 6 GHz:

Tabla 28: Ejemplos de varias configuraciones de subtrama/TTU para bandas > 6GHz.

Subtrama/TTU (bandas > 6 GHz)		Duración asociada (us)			
Tipo de componente	Número configurable de símbolos	60 kHz	120kHz	240kHz	480kHz
Subtrama	7m (NCP) o n (> 1, ECP) *	X*	X/2	X/4	X/8
Programación / TTU con NCP	7q (q>= 1) **	125q	62,5q	31,25q	15,63q
Programación / TTU con CP extendido (ECP)	k (>= 1) **	20,83k	10,42k	5,21k	2,60k
* Puede limitar a solo unos pocos números m o n, por ejemplo, en función de las bandas de frecuencia aplicables $X = 125m$ para NCP o $X = 20,83n$ para configuraciones de ECP. ** Para limitar a unos pocos números q o k en la reducción de las opciones de configuración que se usan basadas en las opciones de latencia y espaciado de subportadora: q y k son enteros positivos.					

5

La Tabla 29 a continuación expone un ejemplo adicional de un conjunto de numerología de OFDM que incluye siete conjuntos de parámetros (Conjunto 1- Conjunto7), cada uno de los cuales está asociado con un espaciado de subportadora único. Los conjuntos de parámetros de la tabla 29 son similares a los de la tabla 26 expuesta anteriormente, excepto que el número de símbolos por subtrama es respectivamente 14, 28 y 56 para los conjuntos 5, 6 y 7 (en lugar de 7), lo que da como resultado una duración subtrama/TTU de 0,125 ms para cada uno de los conjuntos 5, 6 y 7.

10

Tabla 29: Ejemplo adicional de un conjunto de numerología de OFDM que incluye siete conjuntos de parámetros

Parámetros	Conjunto 1	Conjunto 2	Conjunto 3	Conjunto 4	Conjunto 5	Conjunto 6	Conjunto 7
Espaciado de subportadora (kHz)	7,5	15	30	60	120	240	480
Duración de símbolo de OFDM (usec)	133,33	66,67	33,3	16,67	8,33	4,17	2,08
Duración de CP (usec) (CP normal (Tipo 1, Tipo 2)/CP extendido)	(9,90, 9,38) /33,3	(5,2, 4,69) /16,67	(2,6, 2,34) /8,33	(1,3, 1,17) /4,17	(0,65, 0,59) *	(0,326, 0,29) *	(0,163, 0,15) *
Número de símbolos por subtrama: Apuntes para los componentes básicos de símbolos 7 o 6, 7 (1cp1,6cp2); CP individual	7/6	7/6	7/6	7/6	14	28	56
Duración de subtrama (ms)	1	0,5	0,25	0,125	0,125	0,125	0,125
Sobrecostes de CP (NCP / ECP)	6,67% /20%	6,67% /20%	6,67% /20%	6,67% / 20%	6,67% *	6,67% *	6,67% *
* El reordenamiento de CP o el CP más grande también puede aplicarse bajo demanda							

Los parámetros en la Tabla 29 se especifican a partir de la información de configuración general en las Tablas 27 y 28. Los conjuntos de parámetros de numerología 1~4 pueden ser aplicables a las bandas de frecuencia baja de portadora (por ejemplo, <6 GHz) y tienen una subtrama (SF) como unidad básica, con cada subtrama que contiene el mismo número de símbolos (7), y la duración de la subtrama es escalable (inversamente) con el espaciado de subportadora. Los conjuntos de parámetros de numerología 4~7 pueden ser aplicables a las bandas de frecuencia alta de portadora (por ejemplo, > 6 GHz), con cada duración de subtrama que tiene una duración constante de 0,125 ms, y el número de símbolos por subtrama es escalable con el espaciado de subportadora .

Por consiguiente, en la numerología de ejemplo presentada en la Tabla 2, cada uno de los conjuntos de parámetros define los parámetros de numerología de OFDM para un espaciado de subportadora respectivo. Los parámetros definidos incluyen el número de símbolos por subtrama, la duración de símbolo de OFDM y la duración de CP. Se especifican dos opciones de duración de CP para al menos algunos de los conjuntos de parámetros, a saber, el CP normal (NCP) (que puede incluir tanto un CP de Tipo 1 como un CP Tipo 2) y un CP extendido (ECP). Se proporcionan múltiples opciones de conjunto de parámetros (Conjuntos 1~4) para bandas de frecuencia de portadora más bajas (bandas de <6 GHz), y en de estos conjuntos de parámetros, el número de símbolos por subtrama permanece constante (7) con el resultado de que la duración de subtrama cambia según un valor entero de escala de forma inversa al espaciado de subportadora. Por ejemplo, una reducción a la mitad de la duración de subtrama corresponde a una duplicación del espaciado de subportadora. También se proporcionan múltiples opciones de conjunto de parámetros (Conjuntos 4~7) para bandas de frecuencia de portadora más altas (bandas >6 GHz), y en estos conjuntos de parámetros el número de símbolos por subtrama no es constante, sino que cambia por un valor entero de escala que es el mismo que el aplicado al espaciado de subportadora, y la duración de la subtrama se mantiene constante (0,125 ms).

En el Ejemplo de la Tabla 29, los símbolos en una subtrama se pueden reordenar, y las duraciones de CP se pueden ajustar entre diferentes símbolos dentro de una subtrama para satisfacer ciertos requisitos bajo demanda.

La descripción y las tablas anteriores exponen una serie de posibles conjuntos de parámetros de numerología de OFDM que se pueden aplicar en un sistema de comunicaciones que admite múltiples numerologías de OFDM. Ahora se describirán aplicaciones de ejemplo. La figura 4 ilustra un sistema 400 en el que aspectos de la presente divulgación pueden encontrar uso. El sistema 400 incluye una estación base (en inglés, Base Station, BS) 402 y un equipo de usuario (en inglés, User Equipment, UE) 412. La estación base 402 incluye un procesador 404 de BS y una memoria 406 de BS. La memoria 406 de BS puede almacenar instrucciones que permiten que el procesador 404 de BS actúe como un punto de transmisión para llevar a cabo aspectos de la presente solicitud. El equipo de usuario 412 incluye un procesador 414 de UE y una memoria 416 de UE. La memoria 416 de UE puede almacenar instrucciones que permiten que el procesador 414 de UE actúe como un punto de transmisión para llevar a cabo aspectos de la presente solicitud. En diversas realizaciones en la aplicación, la estación base puede ser un eNodeB, un punto de acceso o cualquier dispositivo que pueda proporcionar información de configuración de numerología a un UE. El UE puede ser un dispositivo que realiza la función de UE durante la comunicación con la estación base, por ejemplo, un dispositivo de IoT (en inglés, Internet of Things – internet de las cosas).

La numerología de OFDM propuesta se puede aplicar tanto a las tramas de radio de FDD como de TDD para transmisiones con diferentes requisitos en una red inalámbrica. A este respecto, la figura 5 ilustra un ejemplo de estructura 500 de trama de FDD con un ancho de banda de 20 MHz y una primera subbanda (F-OFDM) 502A, una segunda subbanda (OFDM por defecto) 502B y una tercera subbanda (F-OFDM) 502C (individual o colectivamente 502). La primera subbanda 502A tiene un espaciado de subportadora determinado como 60 kHz. La segunda subbanda 502A tiene un espaciado de subportadora determinado como 15 kHz. La tercera subbanda 502A tiene un espaciado de subportadora determinado como 7,5 kHz.

La primera subbanda 502A incluye los primeros intervalos de tiempo de transmisión, el primero y el último de los cuales están etiquetados con el número de referencia 504A. La segunda subbanda 502B incluye los segundos intervalos de tiempo de transmisión etiquetados con el número de referencia 504B. La tercera subbanda 502C incluye los terceros intervalos de tiempo de transmisión etiquetados con el número de referencia 504C.

La figura 6 ilustra una estructura 600 de trama TDD con una relación de enlace descendente a enlace ascendente (DL:UL) de 4:4. La estructura 600 de trama de la figura 6 incluye una primera subbanda 602 y una segunda subbanda 606. La primera subbanda 602 tiene un espaciado de subportadora determinado como 60 kHz e incluye las primeras unidades de tiempo de transmisión etiquetadas con el número de referencia 604. La segunda subbanda 606 tiene un espaciado de subportadora determinado como 30 kHz e incluye las segundas unidades de tiempo de transmisión etiquetadas con el número de referencia 608.

La figura 7 ilustra etapas de ejemplo en un método para transmitir señales de comunicaciones usando la OFDM. Inicialmente, el procesador 414 de UE del UE 412 (véase la figura 4) puede determinar (etapa 704), para una primera subbanda de OFDM, un espaciado de subportadora. El procesador 414 de UE puede entonces determinar (etapa 706) un intervalo de tiempo de transmisión para la primera subbanda de OFDM. En particular, el intervalo de tiempo de transmisión puede determinarse de una manera que permita incluir una pluralidad de símbolos de OFDM. En la discusión anterior, las cantidades de ejemplo de símbolos de OFDM incluyen 7, 13, 25 y 35. También se debe observar que, entre la pluralidad de símbolos de OFDM incluidos en un intervalo de tiempo de transmisión, puede haber múltiples subconjuntos de símbolos de OFDM. Los subconjuntos pueden distinguirse por su respectiva duración de prefijo cíclico. Como se trató anteriormente en este documento con más detalle, el procesador 414 de UE puede aplicar un prefijo cíclico con una primera duración a cada símbolo de OFDM de un primer subconjunto de la pluralidad de símbolos de OFDM y puede aplicar un prefijo cíclico con una segunda duración a cada símbolo de OFDM de un segundo subconjunto de la pluralidad de símbolos de OFDM. Los símbolos de OFDM de diferentes duraciones dentro de un intervalo de tiempo de transmisión pueden ordenarse en grupos de símbolos en función de los requisitos de trama de la subbanda.

Como se describe en las tablas anteriores, hay muchas opciones, más allá del espaciado de subportadora y el intervalo de tiempo de transmisión, que pueden estar asociadas a una subbanda particular. El espaciado de subportadora y el intervalo de tiempo de transmisión son tan solo dos opciones de ejemplo. Otras opciones incluyen el tamaño de FFT y la frecuencia de muestreo. En consecuencia, determinar (etapa 704) el intervalo de subportadora y determinar (etapa 706) el intervalo de tiempo de transmisión se puede considerar como dos etapas dentro de una etapa mayor de determinar (etapa 702) las opciones para una subbanda. Mientras que, en algunos contextos, el término "determinar" se puede corresponder a seleccionar, en el contexto de la presente solicitud, "determinar" es más probable que implique que el procesador 414 de UE reciba instrucciones de la red con la que se va a comunicar el UE 412.

Se puede considerar que la red figura como la estación base 402. Tanto el UE 412 como el BS 402 pueden tener acceso a tablas de opciones similares a las tablas seleccionadas en la presente solicitud. Por ejemplo, la estación base y el UE de la Figura 2 tiene cada uno almacenado sus respectivas memorias no transitorias en una o más tablas, iguales o similares a las tablas expuestas anteriormente, donde se definen los conjuntos de opciones 208, 218 de parámetros de OFDM. Para dar instrucciones al UE 412 para emplear un esquema de numerología particular, el BS 402 puede indicar un índice al esquema de numerología particular en una tabla compartida por el BS 402 y el UE 412. El UE 412 puede estar preconfigurado con la tabla o puede recibir la tabla en una comunicación de la BS 402, entre otros métodos de distribución de tablas.

En una realización de ejemplo, el UE 412 recibe, desde la BS 402 en una primera subbanda de frecuencia, la configuración de un primer tipo de señal de numerología, el primer tipo de señal de numerología que incluye una indicación de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de prefijo cíclico. El UE 412 también recibe, desde la BS 402 en una segunda subbanda de frecuencia, la configuración de un segundo tipo de señal de numerología, el segundo tipo de señal de numerología que incluye una indicación de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de prefijo cíclico. La recepción de la configuración del primero y segundo tipo de señal de numerología puede producirse en respuesta al UE 412 que transmite una solicitud a la BS 402. El valor del primer espaciado de subportadora en el primer tipo de señal de numerología tiene una primera relación de escala con el valor del segundo espaciado de subportadora en el segundo tipo de señal de numerología, la primera relación de escala que implica la multiplicación por un factor de escala. Además, el valor de la primera duración de prefijo cíclico en el primer tipo de señal de numerología tiene una segunda relación de escala con el valor de la segunda duración de prefijo cíclico en el segundo tipo de señal de numerología, la segunda relación de escala que implica la multiplicación por un recíproco del factor de escala. En algunas realizaciones, la información de configuración recibida para el primer y segundo tipo de señal de numerología puede incluir los valores de parámetros reales para el espaciado de subportadora y la duración del prefijo cíclico; sin embargo, en algunas realizaciones, la información de configuración incluye valores de índice que apuntan a un conjunto de opciones de parámetros en una tabla contenida en las opciones 218 de OFDM. Por ejemplo, la información de configuración para la primera señal de numerología podría apuntar a la columna de parámetros de OFDM en la Tabla 1 asociado con el espaciado de subportadora de 7,5 kHz, y la información de configuración para la segunda señal de numerología podría apuntar a la columna de parámetros de OFDM en la Tabla 1 asociada con el espaciado de subportadora de 15 Khz. En algunas realizaciones, la información de configuración para ambos tipos de señales de numerología podría recibirse en la misma subbanda de frecuencia e incluir información que identifica la subbanda específica a la que se debe aplicar la información de configuración para un tipo de señal de numerología.

El procesador 414 de UE puede entonces determinar (etapa 708) si se han considerado todas las subbandas de OFDM de una pluralidad de subbandas de OFDM. Al determinar que se deben considerar más subbandas de OFDM, el procesador 414 de UE vuelve a determinar (etapa 704), para una segunda subbanda de OFDM, un espaciado de subportadora. El procesador 414 de UE puede entonces determinar (etapa 706) un intervalo de tiempo de transmisión para la segunda subbanda de OFDM. El procesador 414 de UE puede entonces determinar (etapa 708) si se han considerado todas las subbandas de OFDM de una pluralidad de subbandas de OFDM. Al determinar que se han considerado todas las subbandas de OFDM de la pluralidad de subbandas de OFDM, el procesador 414 de UE puede transmitir (etapa 510) los símbolos de OFDM en la pluralidad de subbandas de OFDM.

En un aspecto de la presente solicitud, el espaciado de subportadora determinado (etapa 704) para una de las subbandas de OFDM es de 15 kHz, de ese modo acomodando la compatibilidad hacia atrás con la LTE.

En un aspecto de la presente solicitud, al determinar (etapa 702) las opciones para una subbanda dada, el procesador 414 de UE puede aplicar, a una subbanda dada, una frecuencia de muestreo máxima que excede los 30,72 MHz.

En un aspecto de la presente solicitud, al determinar (etapa 706) el intervalo de tiempo de transmisión, el procesador 414 de UE puede concatenar múltiples componentes del intervalo de tiempo de transmisión en un intervalo de tiempo de transmisión individual.

En el ejemplo de la figura 8, el UE envía una solicitud (805) para una configuración de numerología a una estación base y la estación base envía una primera indicación (810). Como se ilustra en la figura 8 y otras figuras también, la acción, como enviar solicitud (805), se muestra discontinua, lo que significa que esta acción es opcional en algunas realizaciones. La indicación puede indicar un conjunto de configuración de numerología. En una realización, tanto el UE como la estación base pueden tener almacenado de antemano un grupo de configuraciones de numerología, como una tabla de configuración tal como la Tabla 1. En algunas realizaciones, en un grupo de configuraciones de numerología, la configuración de numerología escalable puede incluir al menos tres conjuntos de parámetros de numerología. Es posible que la estación base y el UE puedan almacenar diferentes números de conjuntos de configuración. En otras palabras, el UE puede solo almacenar un subconjunto del grupo de configuración que tiene la estación base. En referencia a la tabla 1, por ejemplo, la estación base puede almacenar la Tabla 1 completa. El UE puede solo almacenar un subgrupo de todos los conjuntos, como solo el conjunto de espaciado de subportadora de 7,5 kHz (la columna de espaciado de subportadora de 7,5 kHz en la Tabla 1) y el conjunto de espaciado de subportadora de 15 kHz, o solo almacenar la configuración para algunos de los parámetros de numerología, como el espaciado de subportadora y el TTI, o incluso solo almacenar la configuración de algunos de los parámetros de numerología para algunos conjuntos de parámetros. Para algunos dispositivos como dispositivos de máquina de IoT (Internet de las cosas), el UE puede solo almacenar previamente información para un conjunto o una parte de un conjunto de configuraciones de parámetros. En otra realización, la estación base y/o el UE pueden almacenar una relación de asignación entre diferentes conjuntos de parámetros de numerología y/o una relación de asignación entre diferentes parámetros en un mismo conjunto de parámetros. La relación de asignación puede ser en forma de ecuaciones. La indicación de que la estación base envía puede ser un índice a una determinada columna de la tabla, es decir, un índice de un conjunto de parámetros de numerología, o la indicación de un valor de un parámetro de numerología en un conjunto de parámetros de numerología.

En diversas realizaciones, la acción de solicitud (805) del UE puede no ocurrir ya que la estación base puede enviar la indicación al UE por sí misma en función de la calidad del canal, el tráfico y/o la situación de los requisitos del servicio. Cuando el UE se inicializa con la red, la estación base también puede enviar la indicación sin ser solicitada. Cuando el UE recibe la indicación, el UE puede buscar la tabla de configuración almacenada previamente con la indicación para obtener la configuración de numerología indicada por la indicación. En alguna realización, el UE puede necesitar usar la indicación para obtener la configuración de numerología. Por ejemplo, la indicación puede indicar un valor de un determinado parámetro de numerología o un parámetro relacionado con un determinado parámetro de numerología. El UE puede calcular los parámetros de numerología necesarios de acuerdo con una tabla de configuración almacenada previamente o una relación de asignación definida previamente.

Cuando el UE obtiene las configuraciones de numerología requeridas para una comunicación, las comunicaciones UE/estación base (815) comienzan con la estación base que usa la configuración de acuerdo con la primera indicación. En algunas situaciones, que pueden ocurrir debido a diferentes eventos (o condiciones detectadas), como cambios de servicio, calidad del canal y/o tráfico, el UE puede solicitar (820) opcionalmente otra configuración. La estación base envía una segunda indicación (825). Después de que el UE obtiene el segundo conjunto requerido de parámetros de configuración, la comunicación UE/Estación base (830) comienza usando la configuración de acuerdo con la segunda indicación.

La figura 9 es un diagrama de flujo de llamada que ilustra una interacción entre un dispositivo móvil, tal como un UE, y un punto de acceso a la red, como una estación base. Como se discutió anteriormente, diferentes tipos de comunicación pueden requerir diferentes configuraciones de numerología. En los ejemplos presentados anteriormente, la discusión se centró en las necesidades cambiantes de un UE. En algunas realizaciones, un UE puede ejecutar una pluralidad de diferentes aplicaciones o diferentes tipos de tráfico. Algunas de estas aplicaciones o tráfico se conectarán a la red mediante el uso de diferentes numerologías. Por ejemplo, un usuario puede usar un UE para una conexión de MBB, mientras que una aplicación residente en el UE puede estar actuando como una puerta de enlace de IoT. Estas dos aplicaciones diferentes tienen diferentes perfiles de uso de red y pueden ser mejor atendidas por diferentes tipos de conexiones. Por ejemplo, la conexión MBB puede tener un espaciado de subportadora más ancho que la conexión que sirve a la puerta de enlace de IoT.

En la etapa 905, el UE transmite una solicitud a la red para configurar una numerología para una conexión. Esta etapa opcional puede identificar una pluralidad de diferentes tipos de conexión, o puede ejecutarse solo después de iniciarse una aplicación. En la etapa 910, la estación base transmite una indicación al UE que contiene una identificación de diferentes configuraciones de numerología para diferentes tipos de aplicaciones/tipos de tráfico. Como se señaló en otros ejemplos, esta indicación podría ser una recitación explícita de los parámetros de configuración de la numerología, o podría ser una indicación simplificada, tal como un índice de tabla que el UE puede utilizar para determinar los parámetros de configuración.

El UE puede usar la indicación recibida para configurarse para la comunicación con la estación base. La comunicación con la estación base mediante el uso de una primera configuración de numerología se lleva a cabo en la etapa 915. Esta puede ser una comunicación específica de aplicación, o puede ser un perfil de comunicación por defecto. En la etapa 930, se lleva a cabo la comunicación mediante el uso de una segunda configuración asociada con un tipo de aplicación diferente. Cabe señalar que 915 y 930 pueden ocurrir en varios órdenes y pueden ocurrir contemporáneamente.

En una realización, un UE se conectará a la estación base y se le asignará una primera configuración de numerología. Después de que se inicia una aplicación en el UE, o después de que el UE comienza a proporcionar un servicio, el UE informará a la red que habrá flujos de tráfico que podrían ser mejor atendidos por una numerología diferente. Se puede entender que parte del mensaje de solicitud enviado como etapa 905 es para informar a la red. Debido a que el UE tendrá diferentes flujos de tráfico con diferentes características, la red puede determinar que el UE debe usar dos numerologías diferentes para los dos flujos de tráfico diferentes. La indicación enviada en 910 puede notificar al UE de una numerología que se utilizará para el segundo flujo de tráfico, mientras que el primer flujo de tráfico utiliza la configuración de numerología inicial. A medida que el UE continúa funcionando, los dos flujos de tráfico diferentes se comunican mediante el uso de las dos numerologías diferentes en las etapas 915 y 930. Esto permite que una red proporcione al UE un perfil de conexión para cada flujo de tráfico que aborde específicamente las necesidades del flujo de tráfico en la red.

La figura 10 es un diagrama de flujo de llamada que ilustra una interacción de señalización entre un UE y diferentes estaciones base. Como se entenderá, el diseño de una red móvil debe tener en cuenta la movilidad del UE. En la etapa opcional 1005, el UE solicita una configuración de numerología para la comunicación con la estación base 1. En la etapa 1010, la estación base 1 envía una indicación de la numerología asignada al UE y en 1015 el UE y la estación base 1 se comunican entre sí de acuerdo con la numerología asignada. Cuando el UE necesita comunicarse con la estación base 2, por ejemplo, el UE se mueve. La red puede pronosticar que se moverá a un área que es servida por la estación base 2. La configuración de numerología asociada con el UE se proporciona a la segunda estación base en 1020. La numerología se puede proporcionar como una recitación explícita de los parámetros, o puede proporcionarse en otras formas, incluso como un índice que indica una entrada en una tabla, o como un subconjunto de los parámetros que luego permitirían a la estación base 2 determinar el conjunto de parámetros completo. Este mensaje puede transmitirse desde la estación base 1 o desde otra entidad en la red. Al estar provisto de una indicación

de los parámetros de numerología asociados con el UE, la estación base 2 puede proporcionar soporte para una transición sin problemas en la comunicación con el UE como se muestra en 1025.

En algunas realizaciones, puede haber diferentes eventos (o condiciones detectadas) que pueden dar como resultado que la red quiera cambiar la numerología asignada al UE. En algunas situaciones, ser atendido por una estación base diferente puede ser uno de estos eventos, y detectar un cambio en la velocidad del UE (en el caso de un UE móvil) puede ser una de las condiciones detectadas. Después de estar continuando la comunicación con la estación base 2, como se muestra en 1025, el UE puede aumentar su velocidad. La red puede detectar esto, y en 1030, la estación base 2 puede transmitir una indicación de una nueva asignación de numerología. Una vez recibido lo asignado, el UE puede configurarse para los nuevos parámetros de numerología y luego reanudar la comunicación con la estación base 2 de acuerdo con los parámetros de numerología asociados con la segunda indicación, como se muestra en 1035.

La figura 11 ilustra unas etapas de ejemplo en un método para comunicar señales usando la OFDM donde una estación base puede ser compatible con más de una configuración de numerología para los diferentes UE en diferentes subbandas de una misma banda de frecuencia, de acuerdo con aspectos de la presente solicitud. En la etapa opcional 1105, un primer UE 1 solicita una configuración de numerología para las comunicaciones con una estación base, y en la etapa opcional 1108, un segundo UE 2 solicita una configuración de numerología para las comunicaciones con la misma estación base. En la etapa 1110, la estación base envía una indicación de la numerología asignada al primer UE 1, y en la etapa 1112, la estación base envía una indicación de la numerología asignada al segundo UE 2. En una realización de ejemplo, la numerología asignada para el UE 1 es para usar en una subbanda diferente que la numerología asignada para el UE 2 y las numerologías asignadas respectivamente pueden incluir diferentes conjuntos de parámetros de OFDM de modo que el UE 1 y el UE 2 comunicarán cada uno con la estación base en una subbanda respectiva usando un conjunto de parámetros de numerología de OFDM respectivo, como se indica en las etapas 1115 y 1120.

En el ejemplo de la figura 12, en funcionamiento, al establecer (etapa 1202) una conexión inicial con el UE 412, el procesador 404 de BS puede seleccionar (etapa 1204) una numerología particular para usar para una comunicación adicional con el UE 412. El procesador 404 de BS puede basar la selección en varios requisitos asociados con una aplicación que a ejecutar en el UE 412 y que utilizará la conexión deseada entre el BS 402 y el UE 412. El UE 412 puede comunicar uno o más requisitos al BS 402 como parte del establecimiento inicial del conexión. Uno de esos requisitos puede ser un umbral de latencia. Otro requisito de este tipo puede ser una relación predeterminada de tráfico de control con respecto al tráfico de datos asociado con la conexión deseada entre la BS 402 y el UE 412. Otros requisitos pueden estar relacionados con las configuraciones de TDD y la coexistencia de subbandas.

Seleccionar (etapa 1204) una numerología particular, en vista de lo anterior, puede implicar determinar un espaciado de subportadora base y una sobrecoste de CP. De hecho, pueden estar ya establecidos un espaciado de subportadora base y un sobrecoste de CP para la comunicación entre la BS 402 y el UE 402, de modo que la determinación puede implicar simplemente leer una ubicación de memoria. El procesador 404 de BS puede seleccionar un nuevo espaciado de subportadora que es un múltiplo entero del espaciado de subportadora base. El procesador 404 de BS puede entonces seleccionar una nueva duración de CP para el nuevo espaciado de subportadora, donde la nueva duración de CP mantiene el sobrecoste de CP establecido.

Una vez que el procesador 404 de BS ha seleccionado (etapa 1204) una numerología particular, el procesador 404 de BS puede transmitir (etapa 1206) una indicación de la numerología seleccionada al UE 412. Como se mencionó en el presente documento anteriormente, el procesador 404 de BS puede indicar un índice a la esquema de numerología particular en una tabla compartida por la BS 402 y la UE 412.

En la realización de ejemplo tratada en este documento anteriormente, el BS 402 transmite, al UE 412 en una primera subbanda de frecuencia, la configuración de un primer tipo de señal de numerología, el primer tipo de señal de numerología que incluye una indicación de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de prefijo cíclico. El BS 402 también transmite, al UE 412 en una segunda subbanda de frecuencia, la configuración de un segundo tipo de señal de numerología, el segundo tipo de señal de numerología que incluye una indicación de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de prefijo cíclico. La transmisión de la configuración del primer y segundo tipo de señal de numerología puede producirse en respuesta a la recepción de una solicitud, por parte de la BS 402 y desde el UE 412. El valor del primer espaciado de subportadora en el primer tipo de señal de numerología tiene una primera relación de escala con el valor del segundo espaciado de subportadora en el segundo tipo de señal de numerología, la primera relación de escala que implica la multiplicación por un factor de escala. Además, el valor de la primera duración de prefijo cíclico en el primer tipo de señal de numerología tiene una segunda relación de escala con el valor de la segunda duración de prefijo cíclico en el segundo tipo de señal de numerología, la segunda relación de escala que implica la multiplicación por un recíproco del factor de escala.

En un aspecto de la presente solicitud, un método para configurar las comunicaciones, con un dispositivo de comunicación, mediante el uso de la multiplexación por división de frecuencia ortogonal (OFDM), el método incluye recibir datos de acuerdo con un primer conjunto de configuración de numerología en una primera subbanda de frecuencia y recibir datos de acuerdo con un segundo conjunto de configuración de numerología en una segunda

subbanda de frecuencia. La configuración de la numerología incluye la duración del intervalo de tiempo de transmisión (TTI) y la duración del espaciado de subportadora. Tanto la duración de TTI como la duración del espaciado de subportadora en los dos conjuntos de configuración de numerología están en una relación escalable. La duración de TTI y la duración del espaciado de subportadora están en una relación escalable proporcional recíproca. El número de símbolos por TTI se da de forma fijada para los dos conjuntos de configuraciones de numerología.

Las formas de onda de OFDM se utilizan en muchos sistemas de transmisión y tienen muchas propiedades conocidas. Una forma de onda de OFDM puede modelarse como una función sinc, como se muestra en la figura 13. Una primera forma de onda 1300 en una primera subportadora se muestra adyacente a una segunda forma de onda 1304 en una segunda subportadora. Para evitar interferencias entre subportadoras adyacentes, la frecuencia central f_1 1302 de la forma de onda 1300 se desplaza de la frecuencia central f_2 1306 de la forma de onda 1302, de modo que el pico de una forma de onda coincide con un nulo en la forma de onda adyacente. La distancia entre frecuencias adyacentes se conoce como el espaciado de subportadora. En el ejemplo ilustrado, el espaciado de subportadora es $|f_1 - f_2|$. El espaciado de subportadora es uno de una pluralidad de parámetros que define la numerología de transmisión. Otros parámetros incluyen la duración de CP, el tamaño del símbolo de OFDM y la duración de un TTI.

El tamaño de un símbolo de OFDM es una función tanto del espaciado de subportadora como de la duración del CP. La duración (o duración en tiempo) de un TTI se puede definir como una función del número de símbolos de OFDM transmitidos en un TTI individual.

En redes convencionales, como las redes de LTE, los parámetros de numerología están relativamente fijados. Esto permite una implementación simplificada de transmisores y receptores, y puede reducir la complejidad de un procedimiento de acoplamiento. Los parámetros, tal como el espaciado de subportadora en una red de LTE, se seleccionaron basándose en un intento de satisfacer los problemas de los escenarios de casos de uso más comunes. En la LTE, se definieron dos espaciados de subportadora (15 kHz y 7,5kHz) para permitir que las redes sirvan dos escenarios específicos. La implantación de dispositivos relativamente estacionarios con requisitos de ancho de banda bajos (tal como los dispositivos de comunicación de tipo de máquina (MTC), alternativamente denominado implantación de Internet de las cosas (IoT)) se puede servir con un espaciado de subportadora más estrecho para adaptarse al ancho de banda bajo y al número más grande de dispositivos. La compatibilidad con más dispositivos móviles que requieren conexiones de banda ancha móvil (MBB) se podría servir mediante el uso de espaciados de subportadora de 15 kHz. En ambas numerologías, se define un TTI fijo de 1 ms. El número de símbolos transportados en cada una de las numerologías difiere de modo que se conserva la duración del TTI.

En redes futuras, la capacidad de demandar un rango más amplio de frecuencias de transmisión plantea un problema con las numerologías actuales de LTE que se seleccionaron en función de las propiedades de los canales asociados con un rango limitado de frecuencias compatibles y expectativas de movilidad. Para aumentar la capacidad en la red y proporcionar soporte para diferentes escenarios de movilidad, se requiere un enfoque más flexible para la numerología de forma de onda.

En función de las características de movilidad del dispositivo móvil (por ejemplo, UE) y la frecuencia central de la subportadora puede ser beneficioso un espaciado de subportadora variable. Un dispositivo de movilidad baja (o nula) que se espera que necesite conexiones de ancho de banda bajo puede estar suficientemente soportado por un espacio estrecho de subportadora. Los dispositivos con mayor velocidad y que operan en una banda de frecuencia más alta (por ejemplo, 6 GHz) pueden experimentar un rendimiento degradado con un espaciado de subportadora de 15 kHz debido a una variedad de factores, incluidos los desplazamientos de frecuencia inducidos por el efecto Doppler según lo visto por el receptor. Los UE que se mueven en diferentes direcciones con diferentes velocidades estarán sujetos a diferentes cambios de frecuencia inducidos por el efecto Doppler según lo visto por el receptor, lo que puede provocar interferencias entre subportadoras adyacentes.

Para abordar estos problemas, una entidad de red puede asignar una frecuencia central y un espaciado de subportadora a un dispositivo. Esta asignación puede realizarse durante el procedimiento de acoplamiento de dispositivo o en otros momentos en función de un cambio en las necesidades del dispositivo. En una realización, la red puede ser compatible con un espaciado de subportadora variable y una duración de CP variable, mientras que en otras realizaciones la duración de CP es fija. Variar bien el espaciado de subportadora o bien la duración de CP cambiará la duración de un símbolo de OFDM.

La duración de un TTI se puede fijar en duración (por ejemplo, la duración de TTI fija de 1 ms en LTE) o se puede fijar en el número de símbolos de OFDM que se pueden transportar en un TTI. Para preservar tanto una duración fija de un TTI como un número fijo de símbolos de OFDM por TTI, la duración de CP tendría que ajustarse junto con el espaciado de subportadora. En algunos escenarios, esto puede dar como resultado un CP que no es lo suficientemente largo como para proporcionar protección contra la interferencia entre símbolos, mientras que en otros escenarios reduciría la eficiencia de la numerología. También debe tenerse en cuenta que hay una duración mínima para un CP, por lo que la capacidad de controlar la duración de un símbolo de OFDM ajustando la duración de un CP es limitada.

Al permitir que varíe la duración del símbolo de OFDM, una red puede bien fijar una duración de CP o bien permitir que se seleccione una duración de CP que proporcione la eficiencia deseada y el grado de protección requerido.

- Mantener una duración de TTI fija para un número extenso de espaciados de subportadora y para un amplio intervalo de frecuencias requiere que el número de símbolos en cada TTI varíe con el cambio de espaciado de subportadora. Esto puede ser aceptable si el nodo de acceso a la red es compatible con un número limitado de numerologías que se diseñan de forma conjunta entre sí. Un nodo de acceso que solo es compatible con dispositivos de estación, tal como dispositivos MTC, podría coexistir con un nodo de acceso que es compatible con dispositivos MBB altamente móviles en la misma red. Sin embargo, un nodo de acceso encargado de servir diferentes tipos de conexión bien estaría muy limitado en la capacidad de soportar diferentes numerologías, o bien necesitaría soportar diferentes arquitecturas de canal si un TTI de duración fija contiene diferentes números de símbolos de OFDM para los diferentes tipos de conexiones
- Para permitir una duración de símbolo de OFDM variable, que como se señaló anteriormente es una consecuencia del espaciado de subportadora variable con duraciones de CP útiles, se puede permitir que la duración de tiempo de un TTI varíe para diferentes configuraciones de numerología. La duración de TTI variable puede permitir un número fijo de símbolos de OFDM por TTI en todas las numerologías compatible con el nodo de acceso a la red.
- Por lo tanto, se puede proporcionar un método para compatibilizar una numerología flexible que permite un espaciado de subportadora flexible con duraciones de CP fijas o variables. La duración del TTI también varía de acuerdo con la duración del símbolo de OFDM (ya que el número de símbolos/TTI es fijo). Al seleccionar el número de símbolos/TTI, una red puede coexistir de forma segura con una red LTE. En uno de esos ejemplos, se puede definir un TTI para contener 7 símbolos de OFDM (divididos entre los datos y el CP).
- La red puede seleccionar la numerología que utilizará un UE de acuerdo con una serie de factores. El tipo de UE, el tipo de conexión requerida, la frecuencia con la que se realizará la conexión, la velocidad esperada del UE y otros factores similares se pueden utilizar para seleccionar un espaciado de subportadora. En algunas realizaciones, estos factores también pueden usarse para seleccionar una duración de CP. Según el SCS y la duración de CP, se puede definir un tamaño de símbolo de OFDM y, en función del número de símbolos/TTI compatibles con la red, se establece la duración del TTI.
- La red puede entonces indicar a un UE que use la numerología seleccionada. En algunas realizaciones, el UE puede informar explícitamente a la red que puede solo es compatible con un número limitado de configuraciones de numerología. Esto puede incluir la transmisión por el UE de una identificación de las numerologías con las que es compatible. En tal escenario, la entidad de red seleccionará una numerología que sea compatible con el UE.
- Algunas redes, y algunos UE, pueden ser compatibles con un conjunto predefinido de numerologías, mientras que otros pueden ser compatibles con una variedad mucho mayor de espaciados de subportadora (y duraciones de CP). Si hay un número limitado de numerologías compatibles, se pueden almacenar en una tabla y hacer referencia a ellas mediante un valor de índice. De lo contrario, se puede utilizar un número suficiente de parámetros para identificar la numerología. Por ejemplo, si la red requiere una duración de CP fija, y se define el número de símbolos/TTI, puede ser posible identificar la numerología con solo el espaciado de subportadora. Donde es compatible una duración de CP variable, puede ser posible identificar una numerología con un pareja de espaciado de subportadora y CP. Cuando la duración de CP es fija, también puede ser posible identificar una numerología con una duración de TTI, ya que el número fijo de símbolos en un TTI permitiría una identificación de la duración de un símbolo de OFDM, que dado el CP fijo puede permitir un identificación del espaciado de subportadora.
- Aunque la presente descripción describe métodos y procesos con etapas en un cierto orden, una o más etapas de los métodos y procesos pueden omitirse o modificarse según corresponda. Una o más etapas pueden realizarse en un orden diferente al que se describe, según corresponda.
- Si bien se describe la presente divulgación, al menos en parte, en términos de métodos, un experto en la técnica comprenderá que la presente divulgación también se dirige a los diversos componentes para realizar al menos algunos de los aspectos y características de los métodos descritos, ya sea mediante componentes de hardware, software o cualquier combinación de ambos. Por consiguiente, la solución técnica de la presente divulgación puede realizarse en forma de un producto de software. Se puede almacenar un producto de software adecuado en un dispositivo de almacenamiento pregrabado u otro medio legible por ordenar no volátil o no transitorio similar, que incluye DVD, CD-ROM, disco flash USB, un disco duro extraíble u otro medio de almacenamiento, por ejemplo. El producto de software incluye instrucciones tangiblemente almacenadas en el mismo que permiten que un dispositivo de procesamiento (por ejemplo, una ordenador personal, un servidor o un dispositivo de red) ejecute los ejemplos de los métodos descritos en este documento.
- La presente divulgación puede realizarse de otras formas específicas sin apartarse del tema de las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones de ejemplo descritas deben considerarse en todos los aspectos como solo ilustrativas y no restrictivas. Las características seleccionadas de una o más de las realizaciones descritas anteriormente pueden combinarse para crear realizaciones alternativas no descritas explícitamente, las características adecuadas para tales combinaciones entendidas dentro del alcance de esta divulgación.
- Todos los valores y subintervalos dentro de los intervalos descritos también se divulgan. Además, mientras que los sistemas, dispositivos y procesos descritos y mostrados en el presente documento pueden comprender un número

específico de elementos/componentes, los sistemas, dispositivos y conjuntos podrían modificarse para incluir más o menos de tales elementos/componentes. Por ejemplo, si bien se puede hacer referencia a cualquiera de los elementos/componentes descritos como individuales, las realizaciones descritas en el presente documento podrían modificarse para incluir una pluralidad de tales elementos/componentes. El tema descrito en este documento tiene la intención de cubrir y abarcar todos los cambios adecuados en la tecnología.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para configurar comunicaciones, con un dispositivo de comunicación, mediante el uso de la multiplexación por división de frecuencia ortogonal, OFDM, el método comprende:
5 recibir una indicación (810) de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un primer tipo de señal de numerología para aplicar a una primera subtrama de símbolos de OFDM;
recibir una indicación (825) de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de subtrama para un segundo tipo de señal de numerología para aplicar a una segunda subtrama de símbolos de OFDM;
10 en donde el valor del primer espaciado de subportadora tiene una relación de escala de enteros con el valor del segundo espaciado de subportadora y el valor de la primera duración de subtrama tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de subtrama,
y caracterizado por que la primera duración de subtrama comprende una primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y la segunda duración de subtrama comprende una segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo.
- 15 2. El método de la reivindicación 1, que comprende además transmitir una señal configurada de acuerdo con el primer tipo de señal de numerología en una primera subbanda de frecuencia, y transmitir una señal configurada de acuerdo con el segundo tipo de señal de numerología en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con la transmisión de la señal configurada según el primer tipo de señal de numerología en la primera subbanda de frecuencia.
- 20 3. El método de la reivindicación 1, en el que la relación de escala del valor del primer espaciado de subportadora con el segundo espaciado de subportadora implica la multiplicación por un primer factor de escala, y la relación de escala del valor de la primera duración de subtrama con la segunda duración de subtrama implica la multiplicación por un segundo factor de escala, y en donde el primer factor de escala es el recíproco del segundo factor de escala.
- 25 4. El método de la reivindicación 1, en el que la primera subtrama y la segunda subtrama se transmiten cada una en una primera subbanda de frecuencia, comprendiendo además el método:
recibir una indicación de un valor de un tercer espaciado de subportadora, y un valor de una tercera duración de subtrama para un tercer tipo de señal de numerología para aplicar a una tercera subtrama de símbolos de OFDM, en la que la tercera duración de subtrama es un múltiplo entero de una o ambas de la primera y segunda duración de subtrama, y la tercera subtrama se transmite en una segunda subbanda de frecuencia simultáneamente con la primera o segunda subtrama, y
30 en donde la tercera duración de subtrama comprende una tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo, la tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo es igual a la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y es igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, y en donde el valor de la tercera duración de subtrama es diferente de los valores de la primera duración de subtrama y la segunda duración de subtrama.
- 35 5. Un equipo de usuario (412) configurado para la multiplexación por división de frecuencia ortogonal, OFDM, el equipo de usuario que comprende:
una memoria (416) que almacena instrucciones; y
un procesador (414) configurado, por las instrucciones, para implementar las etapas de un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.
- 40 6. Un método para configurar las comunicaciones, con un dispositivo de comunicación, mediante el uso de la multiplexación por división de frecuencia ortogonal, OFDM, el método que comprende:
transmitir una indicación (810) de un valor de un primer espaciado de subportadora y un valor de una primera duración de subtrama para un primer tipo de señal de numerología;
45 transmitir una indicación (825) de un valor de un segundo espaciado de subportadora y un valor de una segunda duración de subtrama para un segundo tipo de señal de numerología;
en donde el valor del primer espaciado de subportadora tiene una relación de escala de enteros con el valor del segundo espaciado de subportadora y el valor de la primera duración de subtrama tiene una relación de escala con el valor de la segunda duración de subtrama,
y caracterizado por que la primera duración de subtrama comprende una primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y la segunda duración de subtrama comprende una segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, siendo la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo.
- 50

7. El método de la reivindicación 6 que comprende además recibir una señal configurada de acuerdo con el primer tipo de señal de numerología en una primera subbanda de frecuencia, y recibir una señal configurada de acuerdo con el segundo tipo de señal de numerología en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con la recepción de la señal configurada según el primer tipo de señal de numerología en la primera subbanda de frecuencia.
- 5 8. El método de la reivindicación 6, en el que la relación de escala del valor del primer espaciado de subportadora con el segundo espaciado de subportadora implica la multiplicación por un primer factor de escala y la relación de escala del valor de la primera duración de subtrama con la segunda duración de subtrama implica la multiplicación por un segundo factor de escala, y en donde el primer factor de escala es el recíproco del segundo factor de escala.
- 10 9. El método de la reivindicación 6, en el que la primera subtrama y la segunda subtrama se transmiten cada una en una primera subbanda de frecuencia, el método que comprende:
- transmitir una indicación de un valor de un tercer espaciado de subportadora, y un valor de una tercera duración de subtrama para un tercer tipo de señal de numerología para aplicar a una tercera subtrama de símbolos de OFDM, en donde la tercera duración de subtrama es un múltiplo entero de una o ambas de la primera y segunda duración de subtrama, y la tercera subtrama se transmite en una segunda subbanda de frecuencia de forma concurrente con la
- 15 primera o segunda subtrama, y
- en donde la tercera duración de subtrama comprende una tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo, la tercera parte adicional de prefijo cíclico fijo es igual a la primera parte adicional de prefijo cíclico fijo y es igual a la segunda parte adicional de prefijo cíclico fijo, y en donde el valor de la tercera duración de subtrama es diferente de los valores de la primera duración de subtrama y la segunda duración de subtrama.
- 20 10. Una estación base (402) configurada para la multiplexación por división de frecuencia ortogonal, OFDM, la estación base que comprende:
- una memoria (406) que almacena instrucciones; y
- un procesador (404) configurado, por las instrucciones, para implementar las etapas de un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9.

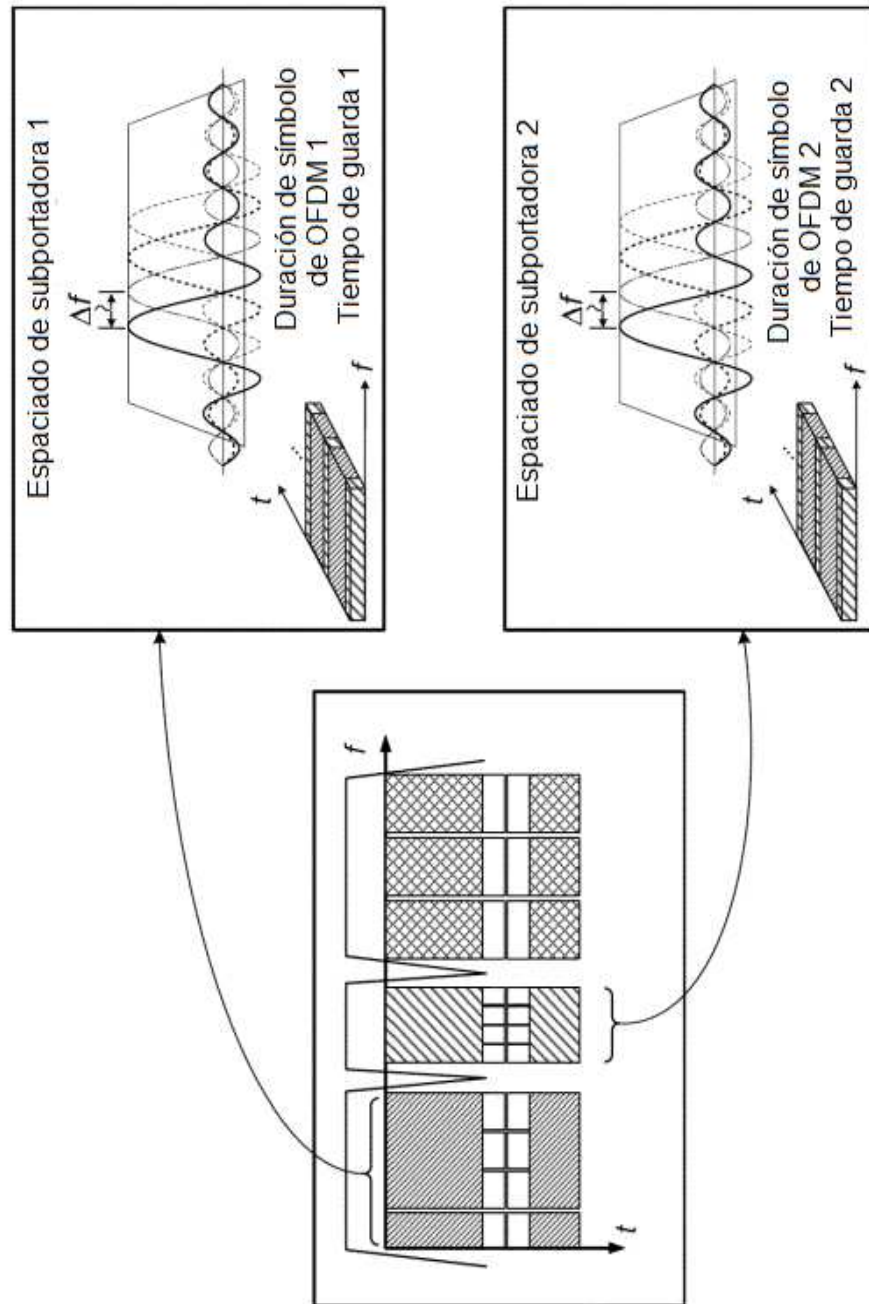
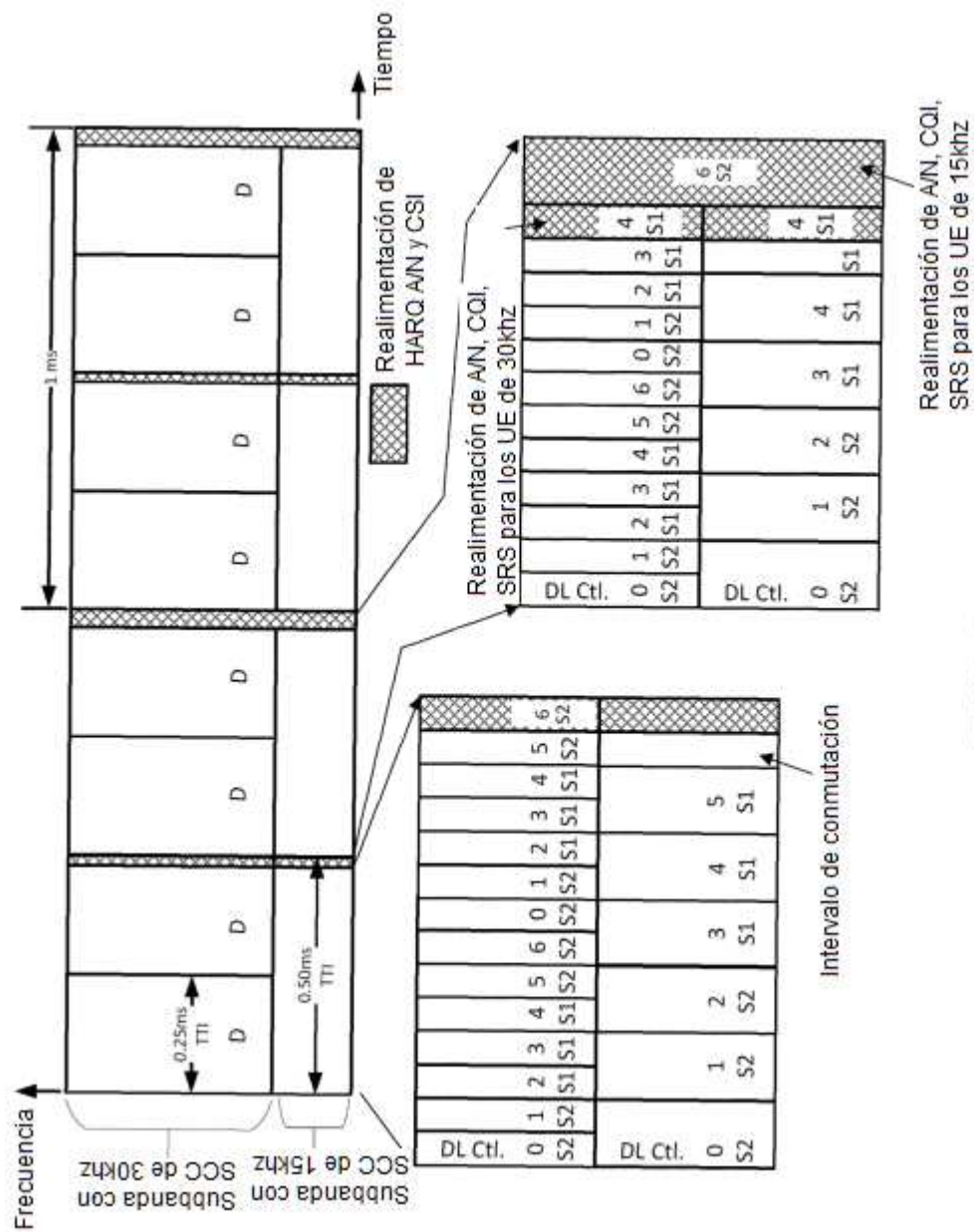


FIG. 1



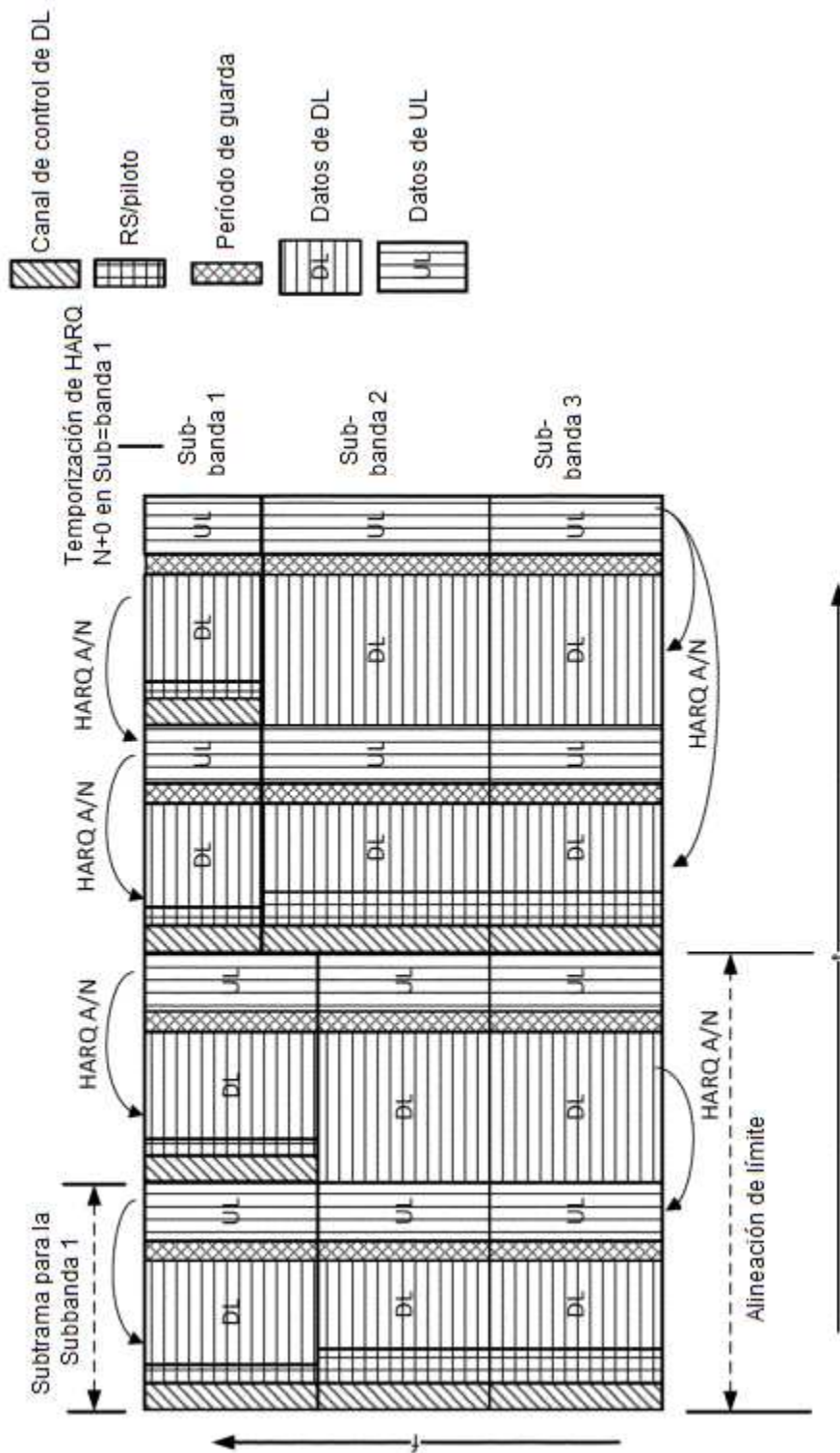


FIG. 3

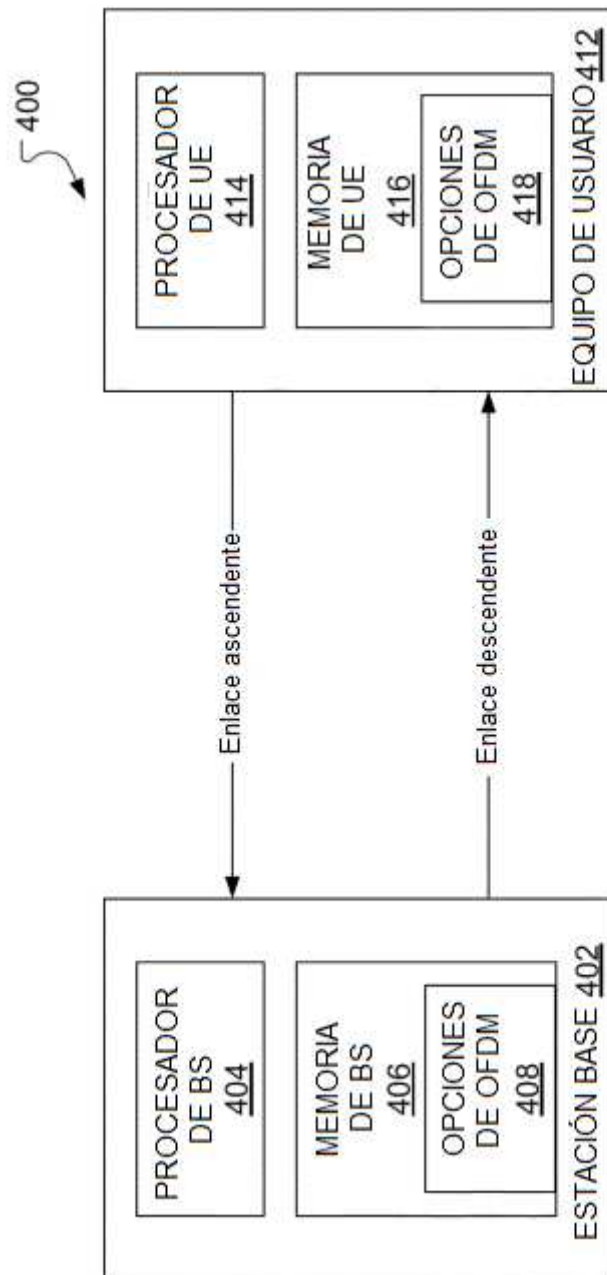


FIG. 4

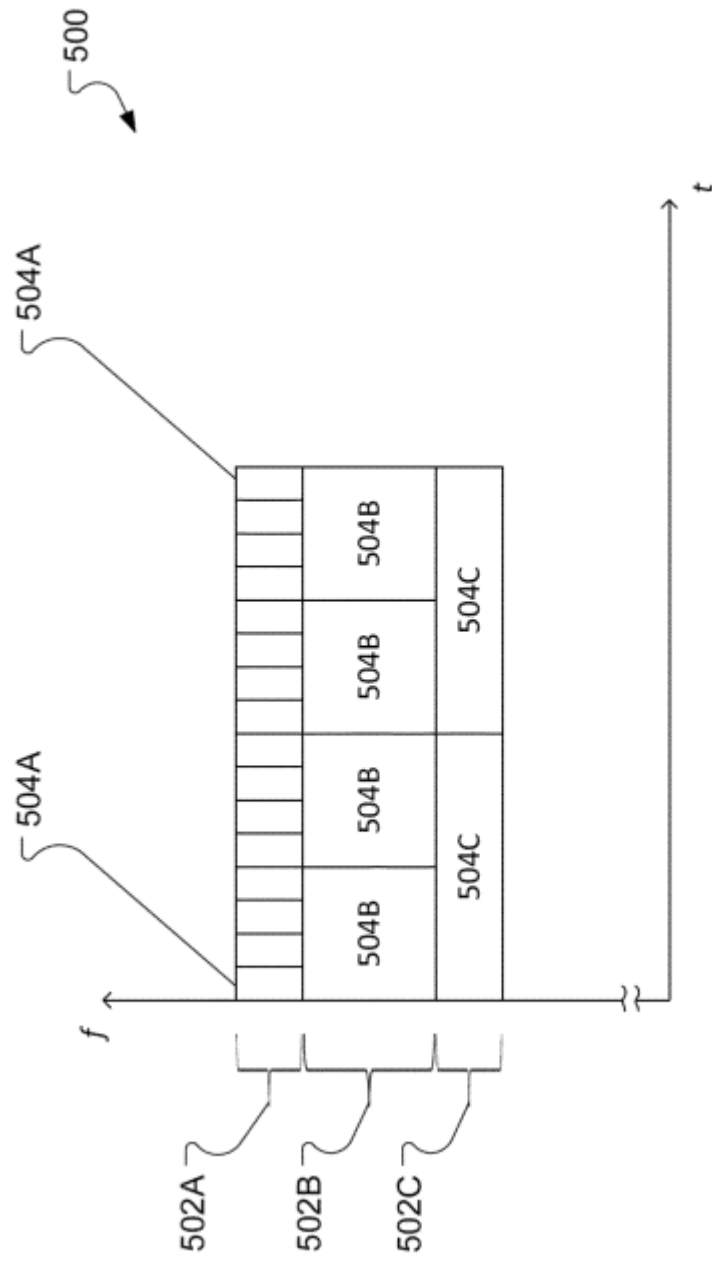


FIG. 5

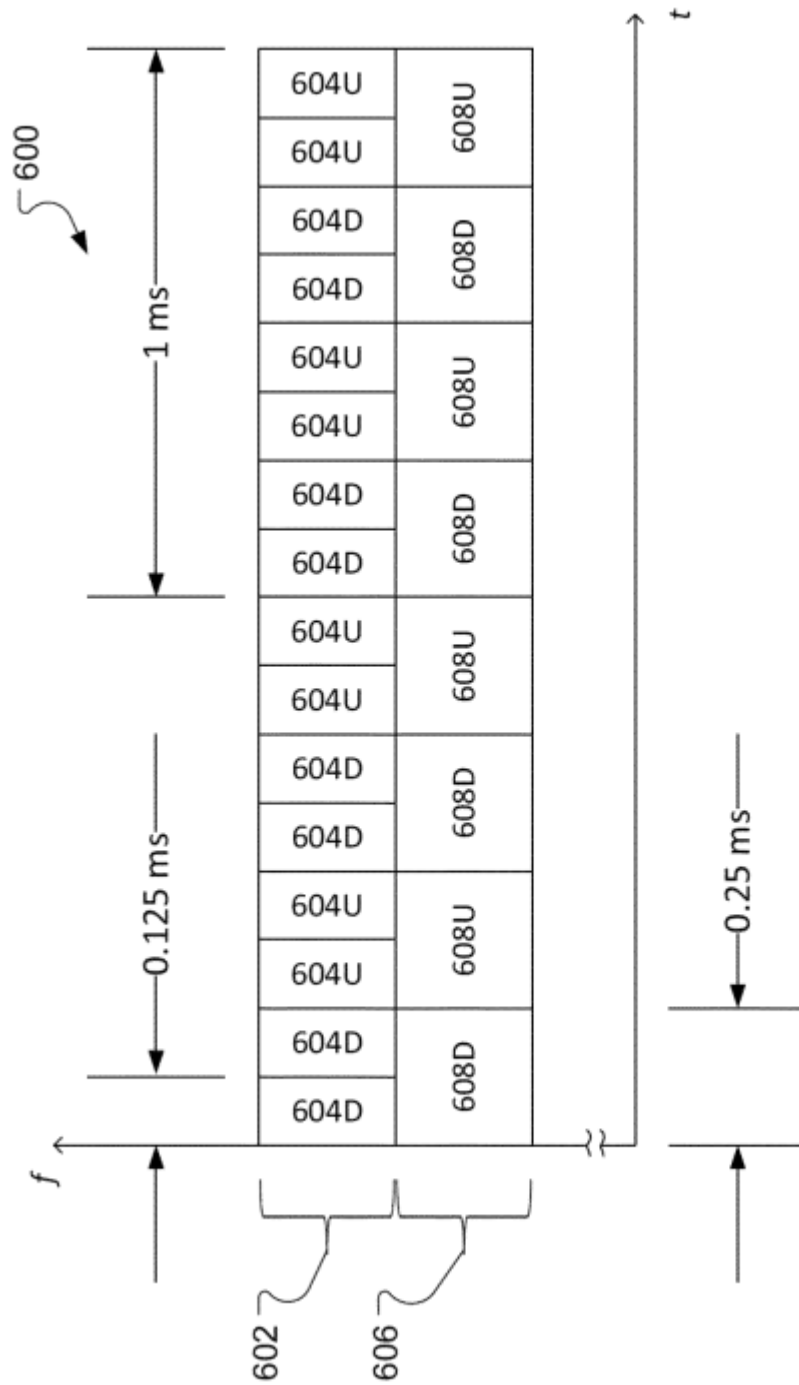


FIG. 6

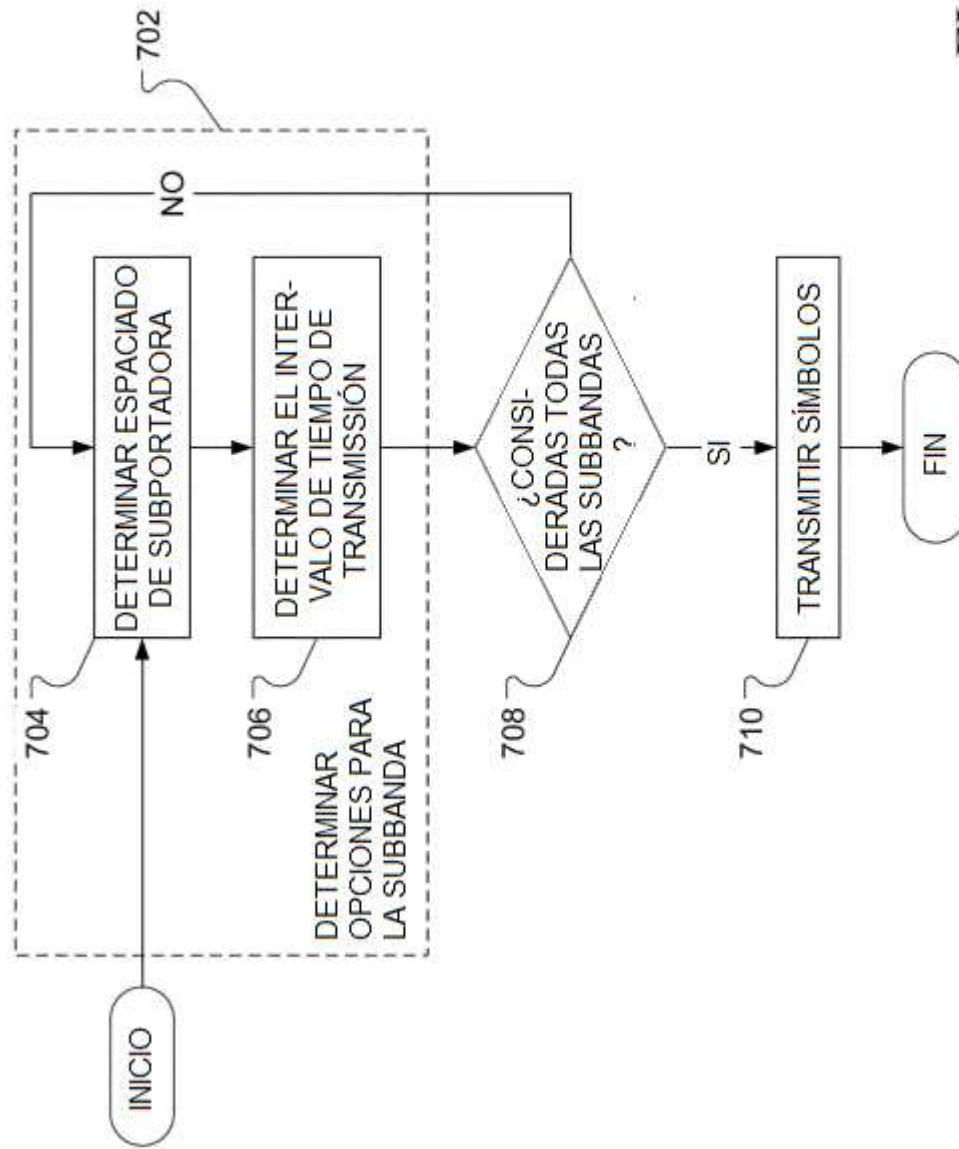


FIG. 7

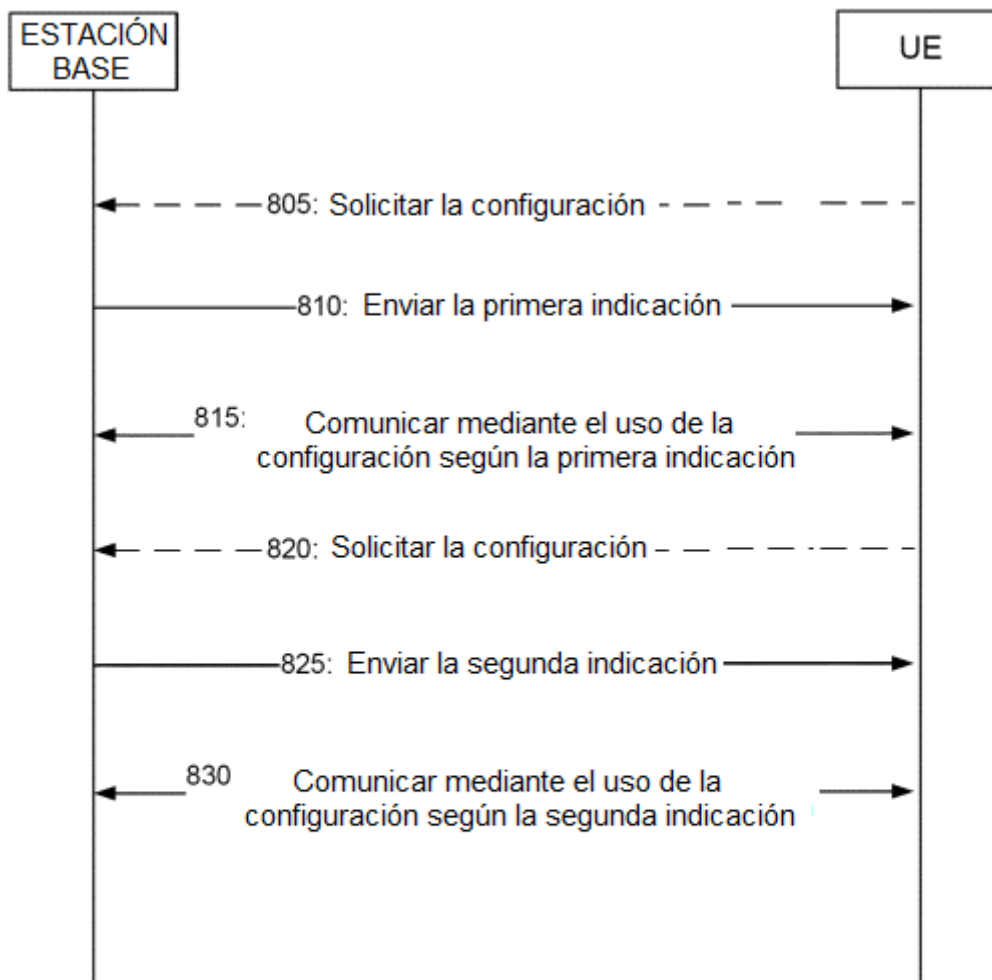


FIG. 8

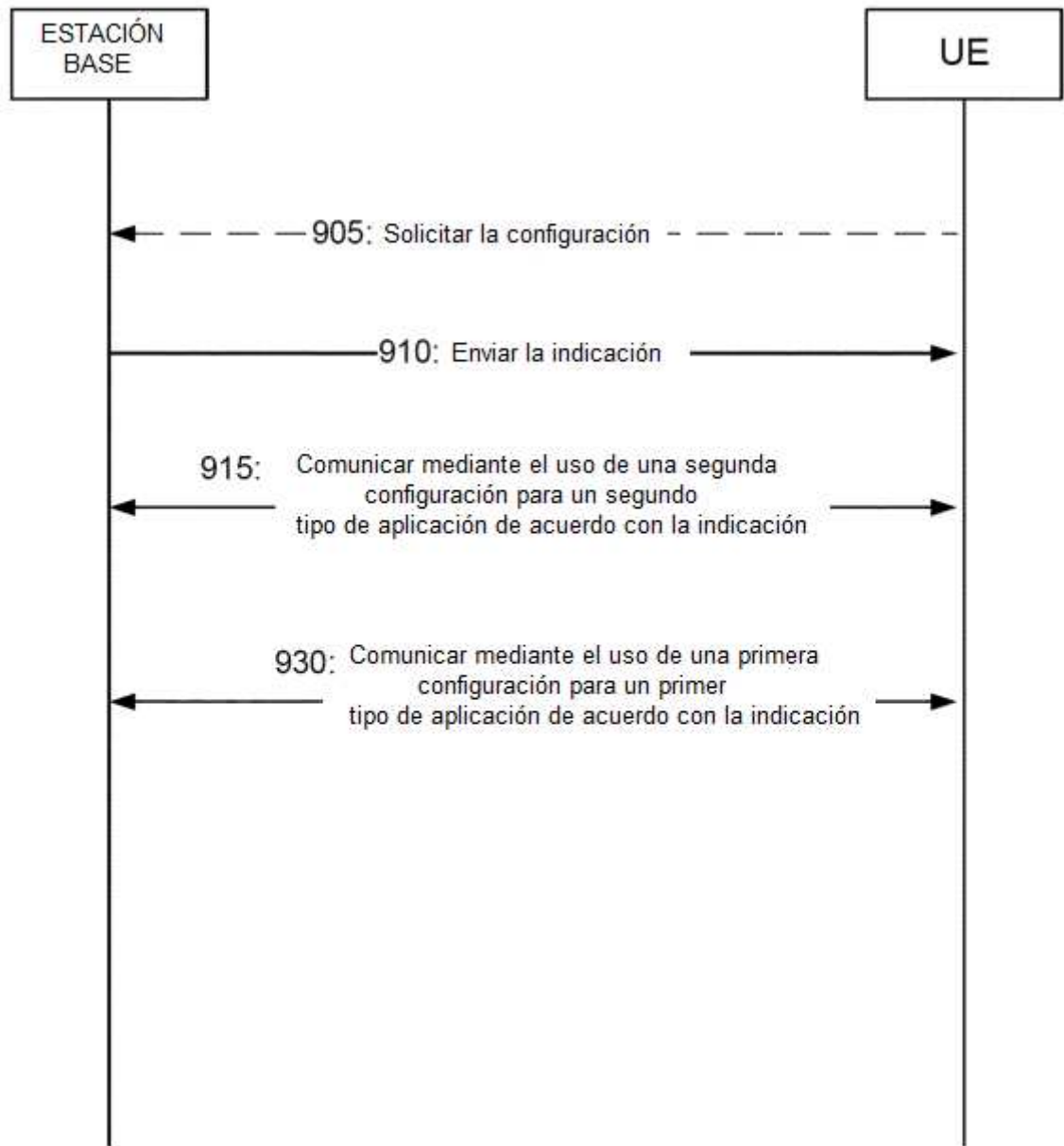


FIG. 9

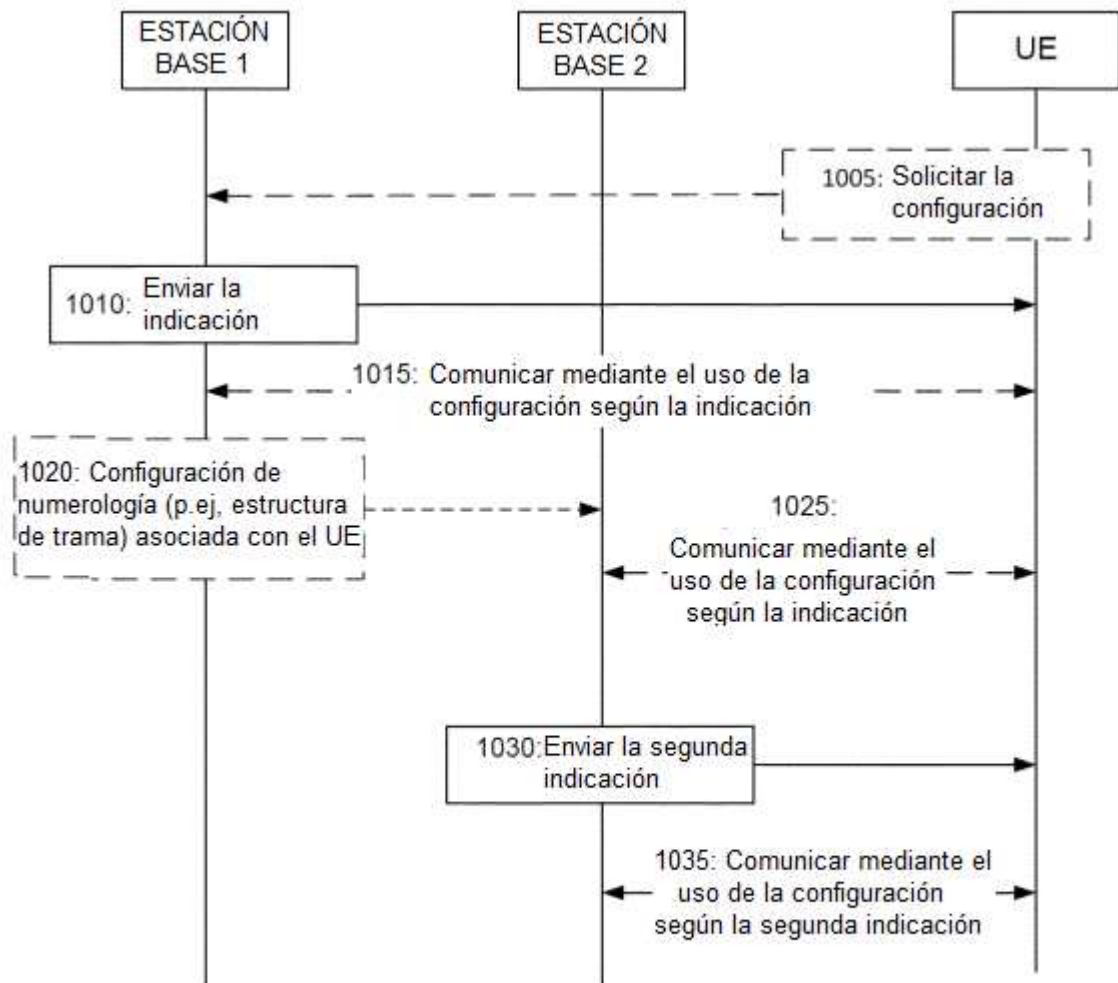


FIG. 10

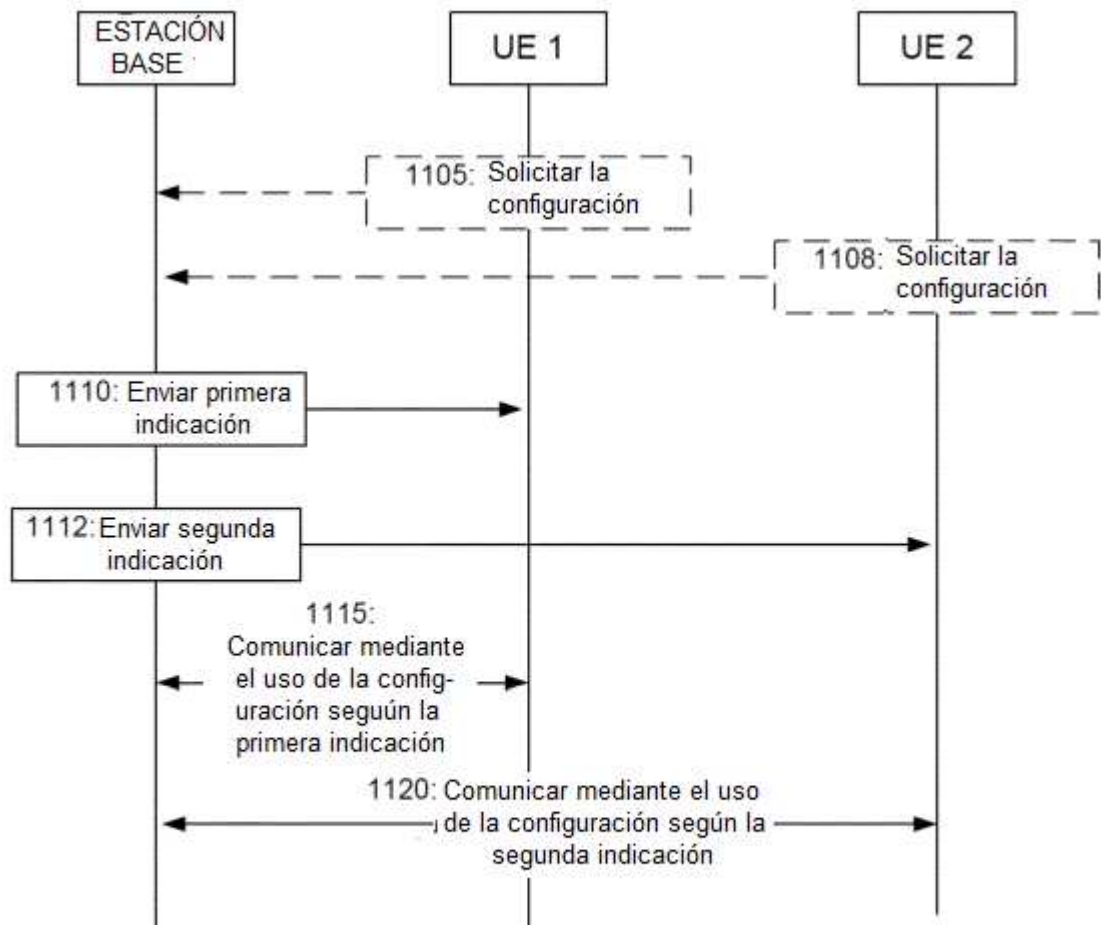


FIG. 11

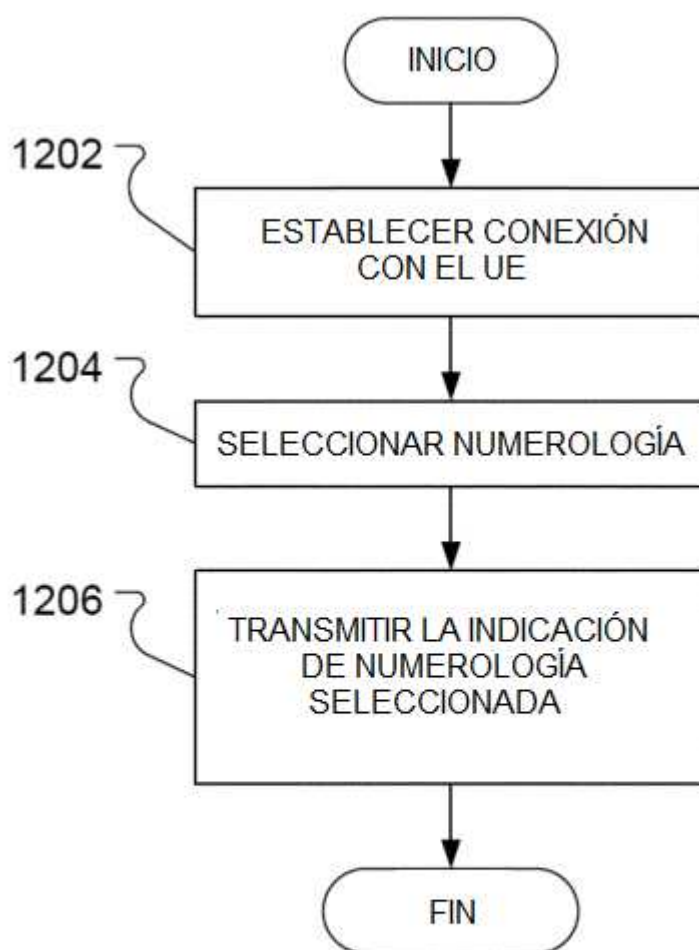


FIG. 12

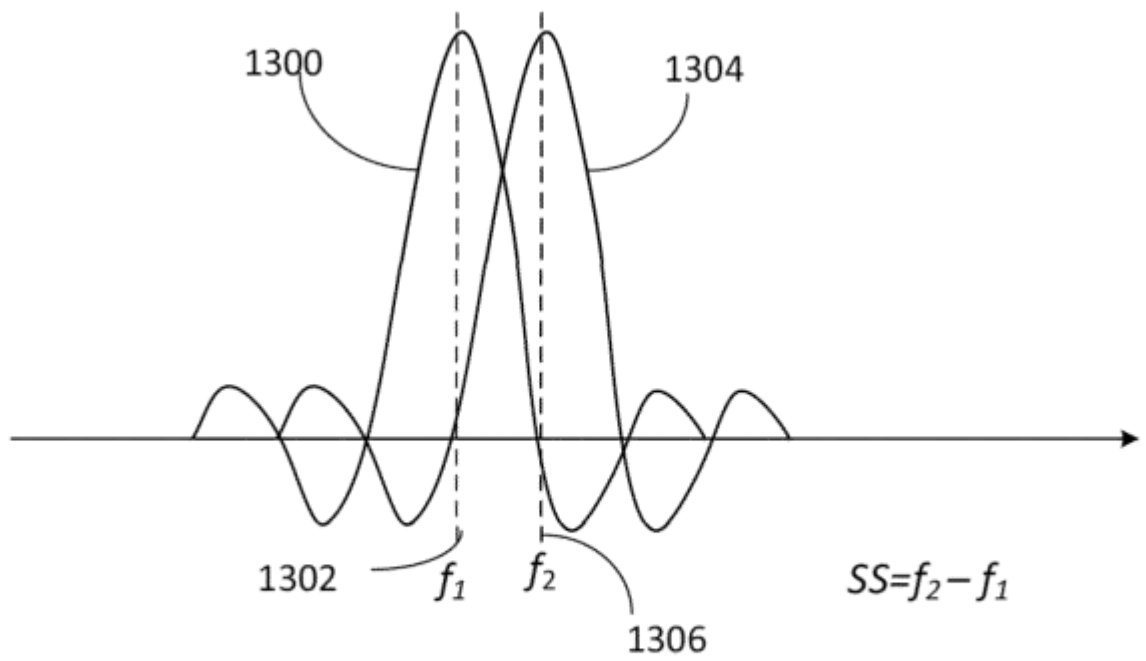


FIG. 13