# SISTEMAS Y MÉTODOS PARA CONMUTAR OSCILADORES DE CRISTAL DE REFERENCIA PARA UN TRANSCEPTOR DE UN DISPOSITIVO INALÁMBRICO

## Campo técnico

La presente divulgación se refiere a la conmutación entre diferentes osciladores de cristal de referencia (XO) para un transceptor de un dispositivo inalámbrico.

## Trasfondo

Con la introducción de la quinta generación (5G) de los sistemas de comunicaciones celulares, se espera que se utilicen nuevas frecuencias de radio a 10 gigahercios (GHz) y más, junto con las portadoras de 1 a 3 GHz utilizadas en la segunda / tercera / cuarta generación (2G / 3G / 4G) implementaciones de sistemas de comunicaciones celulares de hoy. Además, se espera que los sistemas de comunicaciones celulares 5G admitan una variedad de servicios y casos de uso, desde servicios de tipo de máquina (MTC) de baja potencia / bajo costo hasta servicios de banda ancha móvil (MBB) de "reemplazo de fibra" con velocidades de datos superiores a 1 gigabits por segundo (Gb / s). El último caso de uso requiere un alto ancho de banda del sistema y, por lo tanto, se implementará en operadores a 10 GHz y más. Además, el MBB mejorado normalmente necesita una modulación de orden superior (por ejemplo, 64/256/1024 - Modulación de amplitud en cuadratura (QAM)) y buenas relaciones de señal a ruido (SNR). Se pueden lograr altas SNR utilizando técnicas masivas de formación de antenas y haces. Con todo, este caso de uso establecerá requisitos muy difíciles en la radio del dispositivo inalámbrico y las deficiencias. Por ejemplo, el ruido de fase introducido en la radio del dispositivo inalámbrico deberá ser pequeño para frecuencias portadoras altas más allá de 10 GHz.

A este respecto, el receptor del dispositivo inalámbrico incluye el Loop de Fase Bloqueada (PLL) que controla un Oscilador Controlado (CO) para generar la señal del Oscilador Local (LO) utilizada por el receptor. El CO normalmente domina

el consumo de energía y el ruido de fase y, como tal, el CO sirve como una buena referencia para la comprensión del ruido de fase en altas frecuencias. El rendimiento del CO se captura comúnmente a través de una Figura de Mérito (FoM) que permite una comparación de diferentes implementaciones de CO y se define por

$$FoM = PN_{CO}(df) - 20\log\left(\frac{f_o}{df}\right) + 10\log(P_{DC}/1mW)$$

Aquí $PN_{CO}(df)$está el ruido de fase del CO en decibelios en relación con la portadora por Hertz (dBc / Hz) en un desplazamiento de frecuencia $df$ con frecuencia de oscilación $f_o$ (ambos en Hertz (Hz)) y consumo de energía $P_{DC}$ en milivatios (mW). Un resultado notable de esta expresión es que tanto el ruido de fase como el consumo de energía en potencia lineal son proporcionales${f_o}^2$. Por lo tanto, para mantener un nivel de ruido de fase en un cierto desfase mientras se incrementa $f_o$ en un factor, R requerirá que la potencia se incremente en R2 (suponiendo un FoM fijo). A la inversa, para un consumo de energía fijo y FoM, el ruido de fase aumentará en R2, o $^6$ decibelios (dB) por cada duplicación$f_o$.

La definición de FoM pretende ser independiente de la frecuencia, pero, en la práctica, hay una penalización de implementación adicional asociada con las frecuencias más altas, como se muestra en la Figura 1, donde FoM de diseños de tecnologías recientemente publicados de Oscilador Controlado por Voltaje (VCO) en Complementary Metal-Oxide-Semiconductor (CMOS) se comparan. La penalización es de aproximadamente 10 dB / década.

Por lo tanto, mantener un nivel de ruido de fase bajo en frecuencias más altas requiere una reevaluación del diseño del PLL. Una forma de suprimir aún más el ruido de fase del CO es aumentar el ancho de banda del PLL. Al hacerlo, el ruido de fase se determinará, en mayor medida, por la fase desde el PLL como tal y posiblemente incluso más desde el oscilador de cristal de referencia (XO). El nivel de ruido de fase del XO referido a la salida de CO se "amplifica" por la relación de frecuencia $20\ log_{10}\ (f_o/f_{XO})$ [dB]. Esta amplificación de ruido de fase y la necesidad de un ancho de banda PLL mayor requieren un aumento de la frecuencia de XO en

comparación con la de los XO utilizados convencionalmente en dispositivos inalámbricos, como los teléfonos inteligentes. Específicamente, los XO utilizados convencionalmente en dispositivos inalámbricos típicamente tienen una frecuencia de referencia en el rango de 20-40 megahercios (MHz). Sin embargo, para preservar un bajo nivel de ruido de fase para frecuencias portadoras de 10 GHz y superiores mitigando la amplificación de ruido de fase y utilizando un ancho de banda PLL más grande, se necesita una frecuencia XO de 100 MHz o más.

Este aumento en la frecuencia XO de menos de 50 MHz a mayor o igual a 100 MHz es un paso discontinuo con respecto a la fabricación y estructura mecánica del resonador (cristal) utilizado en el XO. Estos XO de alta frecuencia tienen algunos problemas e inconvenientes con respecto a los XO convencionales de 20-40 MHz. Por ejemplo, la tolerancia de frecuencia, las variaciones en función de la temperatura y el envejecimiento son mucho más grandes para un XO de alta frecuencia en comparación con un XO de 20-40 MHz. Como ejemplo, un XO de 26 MHz puede tener una tolerancia de 10 partes por millón (ppm), mientras que un XO> 100 MHz puede tener una tolerancia de 40-50 ppm. Otra desventaja es que el consumo de energía de un XO de alta frecuencia puede ser de 5 a 10 veces mayor que el de un XO de 20-40 MHz.

Por lo tanto, hay una necesidad de sistemas y métodos para mitigar los problemas (por ejemplo, menor tolerancia y mayor consumo de energía) asociados con un XO de alta frecuencia cuando se implementa como una referencia para un PLL de un dispositivo inalámbrico.

<u>Resumen</u>

Los sistemas y métodos se describen en el presente documento que se relacionan con un dispositivo inalámbrico que utiliza de manera inteligente diferentes osciladores de cristal de referencia (XO) para un (s) bucle(s) de fase bloqueada (PLL(s)) en un transceptor del dispositivo inalámbrico. Se describen modalidades de un método de operación de un dispositivo inalámbrico que comprende una primera XO que opera a una primera frecuencia de referencia y una

segunda XO que opera a una segunda frecuencia de referencia que es mayor que la primera frecuencia de referencia. En algunas modalidades, el método de operación del dispositivo inalámbrico comprende tomar la decisión de configurar un receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO y configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO de acuerdo con la decisión. De esta manera, el receptor del dispositivo inalámbrico puede configurarse para utilizar el primer XO de frecuencia más baja cuando, por ejemplo, el segundo XO de frecuencia más alta no es necesario, evitando así la menor tolerancia y el mayor consumo de energía del segundo XO de frecuencia más alta. Del mismo modo, el receptor del dispositivo inalámbrico puede configurarse para utilizar el segundo XO de alta frecuencia cuando, por ejemplo, el XO de mayor frecuencia es deseable para lograr un nivel aceptable de ruido de fase, por ejemplo, cuando se opera a un nivel alto (por ejemplo, onda portadora de milímetro (mmW)) de frecuencia portadora.

En algunas modalidades, al tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO, configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO de acuerdo con la decisión comprende configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el primer XO. Además, en algunas modalidades, la configuración del receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO comprende la conexión de un PLL del receptor del dispositivo inalámbrico al primer XO y la configuración del PLL en función de la primera frecuencia de referencia, de manera que un Oscilador controlado (CO) que es controlado por el PLL proporciona una señal de salida a una frecuencia deseada del Oscilador Local (LO).

En algunas modalidades, el método comprende, además, al tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO, activar el primer XO antes de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO.

En algunas modalidades, el método comprende, además, al tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO,

desactivar el segundo XO si el segundo XO está activo después de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO.

En algunas modalidades, a tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el segundo XO, configurando el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el primer XO o el segundo XO de acuerdo con la decisión comprende configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el segundo XO. Además, en algunas modalidades, la configuración del receptor del dispositivo inalámbrico para usar el segundo XO comprende la conexión de un PLL del receptor del dispositivo inalámbrico al segundo XO y la configuración del PLL basado en el segundo XO de tal manera que un CO que es controlado por el PLL proporcionando una señal de salida a una frecuencia LO deseada.

En algunas modalidades, el método más allá comprende, a tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el segundo XO, activando el primer XO y activando el segundo XO antes de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el segundo XO.

En algunas modalidades, el método comprende, además, al tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el segundo XO, provocando la adaptación del segundo XO basándose en una salida del primer XO. Además, en algunas modalidades, el primer XO se sintonizó previamente durante un proceso de sincronización en el que el dispositivo inalámbrico estaba sincronizado con un nodo de acceso de radio en un sistema de comunicación inalámbrica.

En algunas modalidades, el método más allá comprende, a tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el segundo XO, desactivando el primer XO después de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el segundo XO.

En algunas modalidades, el método comprende además detectar un evento que puede desencadenar un cambio en cuál del primer XO y el segundo XO es utilizado por el receptor del dispositivo inalámbrico, y tomar la decisión de configurar

el receptor del receptor inalámbrico del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO comprende tomar la decisión al detectar el evento.

En algunas modalidades, tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO comprende tomar la decisión en función de si el dispositivo inalámbrico está o no sincronizado con una red inalámbrica. Además, en algunas modalidades, la decisión es usar el primer XO si el dispositivo inalámbrico no está sincronizado con una red inalámbrica y la decisión es usar el segundo XO si el dispositivo inalámbrico está sincronizado con una red inalámbrica.

En algunas modalidades, el método más comprende activar el primer XO, configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO, configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para funcionar a una frecuencia de portadora $f_C$ y realizar una búsqueda inicial de la célula en la frecuencia portadora $f_C$. Además, tomar la decisión de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO comprende determinar si se detectó una señal de sincronización mientras se realizaba la búsqueda de celda inicial en la frecuencia portadora $f_C$, de tal manera que la decisión es continúe usando el primer XO si no se detectó una señal de sincronización y use el segundo XO si se detectó una señal de sincronización.

Además, en algunas modalidades, el método comprende, además, al determinar que se detectó una señal de sincronización mientras se realizaba la búsqueda de celda inicial en la frecuencia portadora $f_C$, adaptando el primer XO y / o un PLL que genera una señal LO para el receptor del dispositivo inalámbrico basado en la salida del primer XO para sincronizarse con la red inalámbrica, activando el segundo XO y adaptando el segundo XO basado en el primer XO. Además, configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO de acuerdo con la decisión comprende configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el segundo XO después de adaptar el segundo XO.

Además, en algunas modalidades, el método comprende, además, al determinar que se detectó una señal de sincronización mientras se realizaba la búsqueda de celda inicial en la frecuencia portadora $f_C$, deshabilitando el primer XO después de configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el segundo XO.

En algunas modalidades, tomar la decisión de configurar o no el receptor del dispositivo inalámbrico para que utilice el primer XO o el segundo XO implica tomar la decisión basándose en un estado de conexión del dispositivo inalámbrico con respecto a una red inalámbrica. Además, en algunas modalidades, el estado de conexión es un estado de control de recursos de radio (RRC) del dispositivo inalámbrico.

En algunas modalidades, tomar la decisión basándose en el estado de conexión del dispositivo inalámbrico con respecto a la red inalámbrica comprende tomar la decisión de usar el primer XO si el estado de conexión del dispositivo inalámbrico está inactivo y tomar la decisión de usar el segundo XO si el estado de conexión del dispositivo inalámbrico está en un estado conectado.

En algunas modalidades, tomar la decisión sobre si configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO comprende tomar la decisión basándose en una frecuencia portadora de una señal que recibirá el receptor del dispositivo inalámbrico. En algunas modalidades, tomar la decisión basándose en la frecuencia portadora de la señal que recibirá el receptor, el dispositivo inalámbrico comprende tomar la decisión de usar el primer XO si la frecuencia portadora es menor que un umbral predefinido o preconfigurado y tomar la decisión de use el segundo XO si la frecuencia portadora es mayor que el umbral predefinido o preconfigurado. En algunas modalidades, el umbral predefinido o preconfigurado es mayor o igual a 4 gigahertz (GHz). En algunas otras modalidades, el umbral predefinido o preconfigurado es mayor o igual a 10 GHz.

En algunas modalidades, la primera frecuencia de referencia es menor o igual a 52 megahertz (MHz), y la segunda frecuencia de referencia es mayor o igual a 100 MHz.

Las modalidades de un dispositivo inalámbrico que comprende un primer XO que opera en una primera frecuencia de referencia y un segundo XO que opera en una segunda frecuencia de referencia que es más grande que la primera frecuencia de referencia es también revelada. En algunas modalidades, el dispositivo inalámbrico está adaptado para hacer una decisión en cuanto a si para configurar un receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el primer XO o el segundo XO y configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el primer XO o el segundo XO de acuerdo con la decisión.

En algunas modalidades, el dispositivo inalámbrico está adaptado adicionalmente para funcionar de acuerdo con el método de operación de acuerdo con una cualquiera de las modalidades descritas en este documento.

En algunas modalidades, un dispositivo inalámbrico comprende un primer XO que opera en una primera frecuencia de referencia y un segundo XO que opera en una segunda frecuencia de referencia que es mayor que la primera frecuencia de referencia. El dispositivo inalámbrico comprende además una unidad de control que comprende un módulo de decisión y un módulo de configuración. El módulo de decisión es operable para tomar la decisión de configurar un receptor del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO o el segundo XO. El módulo de configuración es operable para configurar el receptor del dispositivo inalámbrico para utilizar el primer XO o el segundo XO de acuerdo con la decisión.

Los expertos en la materia apreciarán el alcance de la presente divulgación y realizarán aspectos adicionales de la misma después de leer la siguiente descripción detallada de las modalidades en asociación con las figuras de los dibujos adjuntos.

## BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Las figuras de dibujos adjuntas incorporadas y que forman parte de esta especificación ilustran varios aspectos de la divulgación, y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la divulgación.

La Figura 1 ilustra gráficamente los valores de Figura de Mérito (FoM) para varios diseños recientemente publicados de Oscilador Controlado por Voltaje (VCO) en la tecnología de Semiconductor de Óxido Metálico Complementario (CMOS);

La Figura 2 ilustra un ejemplo de un sistema de comunicaciones inalámbricas en el que se pueden implementar modalidades de la presente divulgación;

La figura 3 ilustra un ejemplo del dispositivo inalámbrico de acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación; y

Las figuras 4 a 7 son diagramas de flujo que ilustran el funcionamiento del dispositivo inalámbrico y, en particular, una unidad de control del dispositivo inalámbrico para controlar un receptor del dispositivo inalámbrico para usar un oscilador de cristal de referencia de frecuencia más baja (XO) o un XO de mayor frecuencia según algunas modalidades de la presente divulgación.

Descripción detallada

Las modalidades expuestas a continuación representan información para permitir a los expertos en la técnica practicar las modalidades e ilustrar el mejor modo de practicar las modalidades. Al leer la siguiente descripción a la luz de las figuras de los dibujos que se acompañan, los expertos en la materia entenderán los conceptos de la divulgación y reconocerán las aplicaciones de estos conceptos que no se abordan particularmente en este documento. Debe entenderse que estos conceptos y aplicaciones se encuentran dentro del alcance de la divulgación y las reivindicaciones adjuntas.

**Nodo de radio:** Como se usa en este documento, un "nodo de radio" es un nodo de acceso de radio o un dispositivo inalámbrico.

**Nodo de acceso de radio:** como se usa en este documento, un "nodo de acceso de radio" es cualquier nodo en una red de acceso de radio de una red de comunicaciones celulares que opera para transmitir y/o recibir señales de forma inalámbrica. Algunos ejemplos de un nodo de acceso de radio incluyen, pero no se

limitan a, una estación base (por ejemplo, un Nodo B mejorado o evolucionado (eNB) en una red de Evolución a Largo Plazo (LTE) del Proyecto de Asociación de Tercera Generación (3GPP), un nodo B (es decir, quinta generación (5G), Próxima generación o Radio Nueva (NR) eNB), una estación base de alta potencia o macro, una estación base de baja potencia (por ejemplo, una estación micro base, una estación base pico, un eNB doméstico, o similar), y un nodo de relevo.

**Nodo de red principal:** como se usa en este documento, un "nodo de red principal" es cualquier tipo de nodo en una red central (CN). Algunos ejemplos de un nodo de red central incluyen, por ejemplo, una Entidad de gestión de movilidad (MME), una Puerta de enlace de red de datos en paquetes (PDN) (P-GW), una Función de exposición de capacidad de servicio (SCEF), o similares.

**Dispositivo inalámbrico:** Como se usa en este documento, un "dispositivo inalámbrico" es cualquier tipo de dispositivo que tiene acceso (es decir, es atendido por) una red de comunicaciones celulares mediante la transmisión y/o recepción inalámbrica de señales a uno o más nodos de acceso de radio. Algunos ejemplos de un dispositivo inalámbrico incluyen, entre otros, un dispositivo de Equipo de Usuario (UE) en una red 3GPP y un dispositivo de Comunicación de Tipo de Máquina (MTC).

**Nodo de red:** Como se usa en este documento, un "nodo de red" es cualquier nodo que sea parte de la red de acceso de radio o el CN de una red/sistema de comunicaciones celulares.

Tenga en cuenta que la descripción que se ofrece aquí se centra en un sistema de comunicaciones celulares 3GPP y, como tal, la terminología de LTE de 3GPP o la terminología similar a la terminología de LTE de 3GPP se utiliza con frecuencia. Sin embargo, los conceptos aquí descritos no se limitan a LTE o un sistema 3GPP.

Tenga en cuenta que, en la descripción del presente documento, se puede hacer referencia al término "célula"; sin embargo, particularmente con respecto a los conceptos 5G, se pueden usar haces en lugar de células y, como tal, es

importante tener en cuenta que los conceptos descritos en el presente documento Son igualmente aplicables tanto a células como a haces.

Los sistemas y los métodos son revelados aquí que se relacionan con un dispositivo inalámbrico que utiliza dos osciladores de cristal de referencia (XOs) para un lazo(s) de fase bloqueada(s) (PLL(s)) en un transceptor del dispositivo inalámbrico. Los dos XO incluyen un primer XO que tiene una primera frecuencia de referencia y un segundo XO que tiene una segunda frecuencia de referencia que es mayor que la primera frecuencia de referencia. Por ejemplo, en una modalidad, la primera frecuencia de referencia es menor que 52 megahertz (MHz) (por ejemplo, en el rango de e incluye 20 a 40 MHz) y la segunda frecuencia de referencia es mayor o igual a 100 MHz. El dispositivo inalámbrico decide si usar el primer XO o el segundo XO en función de, por ejemplo, si el dispositivo inalámbrico está en un estado fuera de sincronización (OOS) o en un estado de sincronización con respecto a una red de comunicaciones inalámbrica, un estado de conexión del dispositivo inalámbrico con respecto a la red de comunicación inalámbrica, y/o una frecuencia portadora a la que se configura el transceptor del dispositivo inalámbrico.

Como ejemplo, en algunas modalidades, el dispositivo inalámbrico configura un transceptor(es) del dispositivo inalámbrico para usar el primer XO durante un procedimiento de sincronización inicial mediante el cual el dispositivo inalámbrico se sincroniza con una red de comunicaciones inalámbrica. Durante el procedimiento de sincronización inicial, los requisitos de ruido de fase no son tan estrictos, ya que las señales de sincronización transmitidas por la red de comunicaciones inalámbricas deberían poder detectarse con relaciones de señal a ruido bajas (SNR), y por lo tanto se suelen modular mediante un esquema de modulación robusto, (por ejemplo, Binary Phase Shift Keying (BPSK) o son robustos en otra(s) forma(s) (por ejemplo, solo unas pocas secuencias posibles conocidas para las señales de sincronización). Una vez que se realiza la sincronización inicial hacia un nodo de acceso de radio en el sistema de comunicaciones inalámbricas, el dispositivo inalámbrico configura el(los) transceptor(es) para usar el segundo XO. En algunas modalidades, antes de configurar el(los) transceptor(es) para usar el

segundo XO, el primer XO se sintoniza hacia la frecuencia portadora del nodo de acceso de radio, o alternativamente se usa un de-rotador para compensar el error de frecuencia en el dominio digital. Como otra alternativa más, el divisor utilizado en el PLL se puede ajustar para compensar la frecuencia XO incorrecta. Tenga en cuenta que, independientemente de la técnica que se use para sintonizar el primer XO, todos tienen el mismo efecto con respecto a la señal de recepción de banda base resultante en el dominio digital que se convierte correctamente de RF. Luego, el segundo XO se habilita y sintoniza (o se bloquea en otro PLL) hacia el primer XO y la frecuencia de la portadora del nodo de acceso de radio. Una vez que se haya sintonizado el segundo XO, el dispositivo inalámbrico configura el(los) transceptor(es) para usar el segundo XO para la operación activa de los PLL(s) en el dispositivo inalámbrico. Por lo tanto, a mayor frecuencia, el segundo XO puede cumplir con los requisitos de ruido de fase más estrictos necesarios para la transmisión y recepción de alta velocidad de datos utilizando una frecuencia portadora de 10 gigahercios (GHz) o superior. En algunas modalidades, el procedimiento anterior se repite cuando el dispositivo inalámbrico determina que se necesita una nueva sincronización debido a los largos ciclos de recepción discontinua (DRX), la detección de grandes variaciones de temperatura, etc.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de un sistema de comunicaciones inalámbricas en el que se pueden implementar modalidades de la presente divulgación. En este ejemplo, el sistema de comunicaciones inalámbricas es un sistema de comunicaciones celular 10. El sistema de comunicaciones celulares 10 incluye una Red de acceso de radio (RAN) 12 que incluye varios nodos de acceso de radio 14 (por ejemplo, estaciones base, eNB, gNB o similares) que sirven a las celdas 16 o haces correspondientes. Los nodos de acceso de radio 14 proporcionan conectividad inalámbrica (es decir, acceso de radio) a dispositivos inalámbricos 18 (por ejemplo, UE, dispositivos MTC o similares). Los nodos de acceso de radio 14 están conectados entre sí a través de una interfaz correspondiente (por ejemplo, una interfaz X2 en 3GPP) y conectados a una red central 20 a través de una interfaz de red central (por ejemplo, una interfaz S1 en 3GPP).

La figura 3 ilustra un ejemplo del dispositivo inalámbrico 18 de acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación. Tenga en cuenta que, en este ejemplo, el dispositivo inalámbrico 18 se ilustra como si incluyera un receptor 22. Sin embargo, tenga en cuenta que los conceptos aquí descritos son igualmente aplicables al uso de XO para generar señales de Oscilador Local (LO) para un transmisor(es) y/o receptor(es) del dispositivo inalámbrico 18. Como se ilustra, el dispositivo inalámbrico 18 incluye el receptor 22, una unidad de control 24, un primer XO (XO1) 26-1 que emite una señal de referencia que tiene una primera frecuencia de referencia, un segundo XO (XO2) 26-2 que emite una referencia señal que tiene una segunda frecuencia de referencia que es mayor que la primera frecuencia de referencia, y un sistema de control XO2 28. Por ejemplo, la primera frecuencia de referencia es inferior a 52 MHz (por ejemplo, en la gama de 20 a 40 MHz inclusive), y la segunda frecuencia de referencia es igual o superior a 100 MHz. La unidad de control 24 está implementada en hardware o una combinación de hardware y software. Por ejemplo, la unidad de control 24 puede implementarse como un circuito de procesamiento que incluye uno o más procesadores (por ejemplo, Unidades de procesamiento central (CPU), Circuitos integrados específicos de aplicación (ASIC), Arreglos de puertas programables de campo (FPGA), o similares), donde el circuito de procesamiento ejecuta un software que hace que la unidad de control 24 proporcione así la funcionalidad de la unidad de control 24 descrita en este documento.

Mientras que el receptor 22 puede incluir varios circuitos analógicos y digitales, en el ejemplo ilustrado, el receptor 22 incluye una antena(s) 30, un filtro de paso de banda (BPF) 32, un amplificador de bajo ruido (LNA) 34, un mezclador 36, un BPF 38, un convertidor analógico a digital (ADC) 40 y un procesador digital 42. Además, el receptor 22 incluye un PLL 44 de radiofrecuencia (RF) que controla un oscilador controlado (CO) 46 para proporcionar una señal LO al mezclador 36. En funcionamiento, una señal de recepción de RF se recibe a través de la antena 30 y es filtrada por el BPF 32 para proporcionar así una señal de recepción de RF filtrada. La señal de recepción de RF filtrada es amplificada por el LNA 34 para

proporcionar una señal de recepción de RF amplificada y filtrada, que luego se convierte a la baja de RF a, en este ejemplo, banda base en el mezclador 36. Para proporcionar esta conversión descendente de RF a banda base, la RF PLL 44 está configurada por la unidad de control 24 de tal manera que, según la frecuencia de referencia proporcionada por el XO1 26-1 o el XO2 26-2, dependiendo de la configuración, la señal LO emitida por el CO 46 es igual a la frecuencia portadora $f_C$ de una señal de recepción deseada. Sin embargo, tenga en cuenta que la conversión descendente puede ser alternativamente a una Frecuencia Intermedia (IF) deseada, en cuyo caso la frecuencia de la señal de LO generada por el CO 46 se controla para que sea la frecuencia apropiada necesaria para la conversión descendente de $f_C$ al IF deseado.

Como se explica a continuación, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para utilizar el XO1 26-1 o el XO2 26-2 en función de uno o más criterios. El uno o más criterios pueden incluir, por ejemplo, un estado de sincronización del dispositivo inalámbrico 18, un estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18 (por ejemplo, el control de recursos de radio (RRC) IDLE o RRC CONECTADO), y/o la frecuencia portadora $f_C$ de la señal de recepción deseada (es decir, la frecuencia portadora del nodo de acceso de radio 14). Así, en una configuración, la unidad de control 24 configura el RF PLL 44 para usar el XO1 26-1. En el ejemplo ilustrado, esta configuración del RF PLL 44 para usar el XO1 26-1 incluye el cierre de un interruptor 48-1 y la configuración de los valores (por ejemplo, valores de los divisores) del RF PLL 44, de manera que el RF PLL 44 controle el CO 46 para proporcionar la frecuencia LO deseada basada en la frecuencia de referencia del XO1 26-1. En otra configuración, la unidad de control 24 configura el RF PLL 44 para usar el XO2 26-2. En el ejemplo ilustrado, esta configuración del RF PLL 44 para usar el XO2 26-2 incluye el cierre de un interruptor 48-2 y la configuración de los valores (por ejemplo, los valores de los divisores) del RF PLL 44, de manera que el RF PLL 44 controle el CO 46 para proporcionar la frecuencia LO deseada basada en la frecuencia de referencia del XO2 26-2. En algunas modalidades, antes de configurar el receptor 22 para usar el XO2 26-2, el sistema de control XO2 28, que

puede implementarse como un PLL, está habilitado y funciona para adaptar el XO2 26-2 en función de la señal de salida del XO1 26-1. En este caso, el XO1 26-1 se ha adaptado o sintonizado previamente de acuerdo con la frecuencia portadora del nodo de acceso de radio 14 y, como tal, se puede usar para proporcionar la adaptación inicial, o sintonización, del XO2 26-2 antes de conectar el XO2 26-2 al RF PLL 44.

Por lo tanto, la unidad de control 24 puede controlar de manera inteligente cuál de los XOs 26-1 y 26-2 es utilizado por el receptor 22 en función de uno o más criterios. Al hacerlo, se pueden realizar varias ventajas. Por ejemplo, la unidad de control 24 puede configurar el receptor 22 para usar el XO1 26-1 y desactivar el XO2 26-2 cuando está en un estado OOS (fuera de sincronización), cuando está en el modo IDLE, y / o cuando funciona en una baja frecuencia portadora (por ejemplo, $f_C < 4$ GHz o, como otro ejemplo, $f_C < 10$ GHz) y configurar el receptor 22 para usar el XO2 26-2 y, opcionalmente, desactivar el XO1 26-1 cuando esté en estado de sincronización, cuando está en un modo conectado, y/o cuando opera a una frecuencia de portadora alta (por ejemplo, $f_C \geq 4$ GHz o, como otro ejemplo, $f_C \geq 10$ GHz). De esta manera, se puede reducir el consumo de energía y, en algunas formas de modalidades, la cantidad de tiempo necesario para sincronizar con la red se puede reducir utilizando el XO1 26-1, que tiene una tolerancia menor que el XO2 26-2, durante la sincronización. Tenga en cuenta que estas ventajas son sólo ejemplos.

Tenga en cuenta que si bien el uso de los XO 26-1 y 26-2 se ilustra en el ejemplo de la Figura 3 como el RF PLL 44 se utiliza para controlar la señal LO para el receptor 22, los XO 26-1 y 26-2 se puede usar adicional o alternativamente por un RF PLL para proporcionar una señal LO utilizada para la conversión ascendente en un transmisor (no mostrado) del dispositivo inalámbrico 18.

La Figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 18 y, en particular, la unidad de control 24 para controlar el receptor 22 para usar el XO1 26-1 o el XO2 26-2 de acuerdo con algunas modalidades de la presente revelación. Los pasos opcionales se ilustran en

cuadros de trazos. Como se ilustra, la unidad de control 24 decide si el receptor 22 debe configurarse para usar el XO1 26-1 o el XO2 26-2 (paso 100). Como se explica a continuación, en algunas modalidades, esta decisión se basa en un estado de sincronización del dispositivo inalámbrico 18 hacia un nodo de acceso de radio 14, un estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18 (por ejemplo, RRC IDLE (estado inactivo) o RRC CONECTADO o similar estados), y/o la frecuencia portadora $f_C$ de la señal de recepción deseada (es decir, la frecuencia portadora del nodo de acceso de radio 14). Más específicamente, en algunas modalidades, la unidad de control 24 decide que el receptor 22 debe usar el XO1 26-1 si el dispositivo inalámbrico 18 está en un estado OOS y usar el XO2 26-2 si el dispositivo inalámbrico 18 está en un estado de sincronización. En algunas otras modalidades, la unidad de control 24 decide que el receptor 22 debe usar el XO1 26-1 si el dispositivo inalámbrico 18 está en un estado de conexión (por ejemplo, un estado inactivo o inactivo) y usar el XO2 26-2 si el dispositivo inalámbrico 18 está en otro estado (por ejemplo, un estado conectado o activo). En algunas otras modalidades, la unidad de control 24 decide que el receptor 22 debe usar el XO1 26-1 si la frecuencia portadora $f_C$ utilizada por el nodo de acceso por radio 14 es menor que un umbral predefinido o preconfigurado (por ejemplo, 4 GHz o 10 GHz) y usa el XO2 26-2 si la frecuencia portadora $f_C$ es mayor o igual que el umbral predefinido o preconfigurado.

La unidad de control 24 configura entonces el receptor 22 de acuerdo con la decisión tomada en el paso 100. Más específicamente, al decidir que el receptor 22 va a utilizar el XO1 26-1, la unidad de control 24 activa el XO1 26-1, por ejemplo, afirmando la señal de activación del XO (ver XO1 ACT / DEACT en la Figura 3) si el XO1 26-1 aún no está activado (paso 102). Tenga en cuenta que, en algunas formas de modalidades, el XO1 26-1 siempre está activado, en cuyo caso no es necesario realizar el paso 102. En algunas otras formas de modalidades, el XO1 26-1 a veces se puede desactivar, en cuyo caso la unidad de control 24 activa el XO1 26-1 si el XO1 26-1 aún no está activado.

Una vez que se activa el XO1 26-1, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO1 26-1 (paso 104). La manera exacta en que el receptor 22 está configurado para usar el XO1 26-1 variará dependiendo de la implementación particular del receptor 22, como apreciará un experto en la técnica. Sin embargo, en el ejemplo de la Figura 3, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO1 26-1 conectando el XO1 26-1 al RF PLL 44 al, en este ejemplo, cerrar el interruptor 48-1 y configurar el RF PLL 44 (por ejemplo, configurando uno o más ajustes del RF PLL 44 como, por ejemplo, uno o más valores de divisor) en función de la frecuencia del XO1 26-1, de manera que el CO 46 se controle para proporcionar el valor de frecuencia LO deseado. Como un ejemplo simple, no limitativo, la frecuencia de salida del CO 46 es controlada por el RF PLL 44 para que sea N veces la frecuencia de referencia. Entonces, si el XO1 26-1 está conectado al RF PLL 44, el RF PLL 44 controla el CO 46 de tal manera que la frecuencia de salida del CO 46 es N veces la frecuencia del XO1 26-1. Por lo tanto, en este ejemplo, la unidad de control 24 configura el parámetro N del RF PLL 44 de modo que N veces la frecuencia del XO1 26-1 es igual a la frecuencia LO deseada, que para la conversión descendente directa a la banda base es igual a la frecuencia portadora $f_C$. Después de configurar el receptor 22 para usar el XO1 26-1, la unidad de control 24 desactiva opcionalmente el XO2 26-2 si el XO2 26-2 estaba activo, por ejemplo, anulando la señal ACT / DESACTIVAR del XO2 (consulte la Figura 3) (paso 106). Al desactivar el XO2 26-2, se reduce el consumo de energía.

Más específicamente, al decidir que el receptor 22 va a utilizar el XO1 26-1, la unidad de control 24 activa el XO1 26-1, por ejemplo, afirmando la señal de activación del XO (ver XO1 ACT / DEACT en la Figura 3) si el XO1 26-1 aún no está activado (paso 102). Tenga en cuenta que, en algunas formas de modalidades, el XO1 26-1 siempre está activado, en cuyo caso no es necesario realizar el paso 108. En algunas otras formas de modalidades, el XO1 26-1 a veces se puede desactivar, en cuyo caso la unidad de control 24 activa el XO1 26-1 si el XO1 26-1 aún no está activado. Además, en este ejemplo, el XO1 26-1 se ajusta primero y luego se usa

para ajustar el XO2 26-2. Como tal, el XO1 26-1 se activa en el paso 108. Sin embargo, en otras modalidades, el XO2 26-2 no está sintonizado en función del XO1 26-1 y, como tal, el paso 108 no es necesario.

La unidad de control 24 activa el XO2 26-2, por ejemplo, confirmando la señal de activación XO (ver XO2 ACT/DESACTIVAR en la Figura 3) si el XO2 26-2 aún no está activado (paso 110). Tenga en cuenta que, en algunas formas de modalidades, el XO2 26-2 siempre está activado, en cuyo caso no es necesario realizar el paso 110. En algunas otras formas de modalidades, el XO2 26-2 a veces se puede desactivar, en cuyo caso la unidad de control 24 activa el XO2 26-2 si el XO2 26-2 aún no está activado. En esta modalidad de ejemplo, la unidad de control 24 provoca la adaptación del XO2 26-2 utilizando el XO1 26-1 (paso 112). Por ejemplo, si el dispositivo inalámbrico 18 no está ya sincronizado con la frecuencia portadora $f_C$ del nodo de acceso de radio 14, la unidad de control 24 puede configurar primero el receptor 22 para usar el XO1 26-1 como se describe anteriormente y realizar un proceso de sincronización inicial por lo que el XO1 26-1 y la señal LO se sintonizan a la frecuencia portadora $f_C$. Una vez que el dispositivo inalámbrico 18 se sincroniza con el nodo de acceso de radio 14, ya sea como parte del paso 112 o como parte de un proceso de sincronización realizado anteriormente y se activa el XO2 26-2, la unidad de control 24 habilita el sistema de control XO2 28. El sistema de control de XO2 28 puede ser, por ejemplo, un PLL o algún otro circuito que se adapte, por ejemplo, una configuración de voltaje o digital del XO2 26-2 para rastrear la frecuencia del XO1 26-1. Por ejemplo, si la frecuencia de XO1 es de 26 MHz y se desea que la frecuencia de XO2 sea de 104 MHz y si el XO1 26-1 se ajusta con precisión durante la sincronización con la frecuencia portadora $f_C$, entonces se puede realizar esta sintonización fina al menos inicialmente para el XO2 26-2 adaptando el XO2 26-2 de modo que su frecuencia de salida sea exactamente cuatro veces la frecuencia del XO1, en este ejemplo.

Una vez que se activa el XO2 26-2 y, opcionalmente, se adapta usando el XO1 26-1, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO2 26-2 (paso 114). La manera exacta en que el receptor 22 está configurado para usar el

XO2 26-2 variará dependiendo de la implementación particular del receptor 22, como apreciará un experto en la técnica. Sin embargo, en el ejemplo de la Figura 3, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO2 26-2 conectando el XO2 26-2 al RF PLL 44 al, en este ejemplo, cerrar el interruptor 48-2 y configurar el RF PLL 44 (por ejemplo, configurando uno o más ajustes del RF PLL 44 como, por ejemplo, uno o más valores de divisor) en función de la frecuencia del XO2 26-2, de manera que el CO 46 se controle para proporcionar el valor de frecuencia LO deseado. Como un ejemplo simple, no limitativo, la frecuencia de salida del CO 46 es controlada por el RF PLL 44 para que sea N veces la frecuencia de referencia. Entonces, si el XO2 26-2 está conectado al RF PLL 44, el RF PLL 44 controla el CO 46 de tal manera que la frecuencia de salida del CO 46 es N veces la frecuencia del XO2 26-2. Por lo tanto, en este ejemplo, la unidad de control 24 configura el parámetro N del RF PLL 44 de modo que N veces la frecuencia del XO2 26-2 es igual a la frecuencia LO deseada, que para la conversión descendente directa a la banda base es igual a la frecuencia portadora $f_C$. Después de configurar el receptor 22 para usar el XO2 26-2, la unidad de control 24 desactiva opcionalmente el XO1 26-1 si el XO1 26-1 estaba activo, por ejemplo, anulando la señal ACT / DESACTIVAR del XO1 (consulte la Figura 3) (paso 116). Al desactivar el XO1 26-1, se reduce el consumo de energía.

Ya sea que utilice el XO1 26-1 o el XO2 26-2, la unidad de control 24 determina si se ha producido un evento de cambio de XO (paso 118). En otras palabras, la unidad de control 24 determina si ha ocurrido un evento que puede resultar en un cambio en cuál de los XOs 26-1 y 26-2 ha de usarse. Por ejemplo, en algunas modalidades, la unidad de control 24 decide qué XO usar basándose en el estado de sincronización del dispositivo inalámbrico 18 y, como tal, la unidad de control 24 detecta un evento de cambio de XO cuando cambia el estado de sincronización del dispositivo inalámbrico 18. En algunas otras modalidades, la unidad de control 24 decide qué XO usar basándose en un estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18 y, como tal, la unidad de control 24 detecta un evento de cambio de XO cuando cambia el estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18.

En otro ejemplo más, en algunas modalidades, la unidad de control 24 decide qué XO usar basándose en la frecuencia portadora $f_C$ y, como tal, la unidad de control 24 detecta un evento de cambio XO cuando cambia la frecuencia portadora $f_C$ o cuando un evento (por ejemplo, un traspaso) puede dar lugar a un cambio en la frecuencia portadora $f_C$. Si no se detecta ningún evento de cambio de XO, la unidad de control 24 continúa monitoreando un evento de cambio de XO. Si se detecta un evento de cambio de XO, el proceso vuelve al paso 100 donde la unidad de control 24 decide si usar el XO1 26-1 o el XO2 26-2. El proceso continúa como se describe anteriormente.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 18 y, en particular, la unidad de control 24 de acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación. Este proceso es una implementación particular del proceso de la Figura 4. En general, utilizando el proceso de la Figura 5, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO1 26-1 durante la sincronización inicial con la frecuencia portadora $f_C$ del nodo de acceso de radio 14. Una vez que se completa la sincronización, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para utilizar el XO2 26-2.

Antes de analizar en detalle el proceso de la Figura 5, se presenta una breve discusión de algunos problemas asociados con el uso de una XO de alta frecuencia durante la sincronización inicial. La mayor incertidumbre en la frecuencia (es decir, la mayor tolerancia) para los XO de alta frecuencia (es decir XO > 100 MHz) afecta sustancialmente el tiempo que lleva alcanzar la sincronización inicial con la red y también puede plantear un problema en los eventos de traspaso. Por ejemplo, suponiendo una frecuencia portadora de 2 GHz, una XO de 26 MHz tiene una incertidumbre inicial de 10 partes por millón (ppm). Para realizar una búsqueda inicial de celdas en el Acceso por Paquetes de Alta Velocidad (WPAMA) de Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha (WCDMA), se necesita una red de frecuencias alrededor de una frecuencia de portadora hipotética, con una cuadrícula de frecuencia de alrededor de 10 kilohercios (kHz). Por lo tanto, se necesitan hasta cinco o seis búsquedas para cada posible frecuencia portadora. Una vez que se

detecta la señal de sincronización (p. Ej., Señal de sincronización primaria / Señal de sincronización secundaria (PSS / SSS), Canal de sincronización primaria / Canal de sincronización secundario (P-SCH / S-SCH)) para una determinada hipótesis de frecuencia, se puede ajustar la XO y se puede lograr la frecuencia portadora correcta (por ejemplo, error inferior a 100 Hertz (Hz)). Para una XO de 200 MHz, la cuadrícula de búsqueda correspondiente debe ser de cuatro a cinco veces más grande (es decir, de 20 a 30 hipótesis de frecuencia para cada portadora que supone 2 GHz, para una frecuencia portadora más alta, incluso más hipótesis de frecuencia). Por lo tanto, el tiempo de sincronización inicial puede ser mucho más largo usando XO > de 100 MHz. Por el contrario, el uso de XO de 26 MHz para la sincronización inicial reducirá el tiempo de sincronización inicial, pero no podría administrar los estrictos requisitos de ruido de fase necesarios para velocidades de datos de 1+ gigabits por segundo (Gb/s) por encima de 10 GHz de frecuencia portadora. Usando el proceso de la Figura 5, el dispositivo inalámbrico 18 resuelve estos problemas.

Como se ilustra en la Figura 5, antes de la sincronización, la unidad de control 24 activa el XO1 26-1 si aún no está activado y configura el receptor 22 para usar el XO1 26-1 (paso 200). Más específicamente, la unidad de control 24 activa el XO1 26-1 al, por ejemplo, afirmar la señal de activación de XO (ver XO1 ACT / DEACT en la Figura 3) si el XO1 26-1 aún no está activado. Tenga en cuenta que, en algunas modalidades, el XO1 26-1 siempre se activa, en cuyo caso el XO1 26-1 no necesita activarse en el paso 200. En algunas otras formas de modalidades, el XO1 26-1 a veces se puede desactivar, en cuyo caso la unidad de control 24 activa el XO1 26-1 si el XO1 26-1 aún no está activado. Una vez activado el XO1 26-1, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para que utilice el XO1 26-1. La manera exacta en que el receptor 22 está configurado para usar el XO1 26-1 variará dependiendo de la implementación particular del receptor 22, como apreciará un experto en la técnica. Sin embargo, en el ejemplo de la Figura 3, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO1 26-1 conectando el XO1 26-1 al RF PLL 44 al, en este ejemplo, cerrar el interruptor 48-1 y configurar el RF PLL 44 (por

ejemplo, configurando uno o más ajustes del RF PLL 44 como, por ejemplo, uno o más valores de divisor) en función de la frecuencia del XO1 26-1, de manera que el CO 46 se controle para proporcionar el valor de frecuencia LO deseado. Si bien no se ilustra, después de configurar el receptor 22 para utilizar el XO1 26-1, la unidad de control 24 desactiva opcionalmente el XO2 26-2 si el XO2 26-2 estaba activo mediante, por ejemplo, la desestimación de la señal XO2 ACT/DEACT (véase la figura 3). Al desactivar el XO2 26-2, se reduce el consumo de energía.

El receptor 22 está habilitado (si es necesario), y la unidad de control 24 configura el receptor 22 para recibir a una frecuencia portadora (hipotética) $f_C$ (paso 202). La frecuencia portadora $f_C$ puede determinarse, por ejemplo, por la unidad de control 24 que tiene información histórica sobre las posibles frecuencias portadoras para los nodos de acceso de radio 14. Esta configuración del receptor 22 incluye la conexión del XO1 26-1 a la RF PLL 44 y la configuración de la RF PLL 24 (por ejemplo, la configuración de uno o más valores divisores para la RF PLL 24) de manera tal que, según la frecuencia de la XO1 26-1, el RF PLL 44 controla el CO 46 para generar la frecuencia LO deseada.

A continuación, se realiza una búsqueda / exploración celular inicial, donde el dispositivo inalámbrico 18 busca señales de sincronización (por ejemplo, PSS / SSS en LTE) transmitidas por un nodo de acceso de radio 14 (paso 204). Los procedimientos de búsqueda de células son bien conocidos en la técnica y, como tales, el procedimiento de búsqueda de células no se describe aquí. La unidad de control 24 determina si se ha detectado una señal de sincronización (paso 206). De esta manera, la unidad de control 24 decide si configura el dispositivo inalámbrico 18 para usar el XO2 26-2 o para continuar usando el XO1 26-1. Este paso es, por lo tanto, un ejemplo de implementación del paso 100 de la Figura 4. Si no se ha detectado una señal de sincronización, la unidad de control 24 actualiza la frecuencia portadora (hipotética) $f_C$ (paso 208) y el proceso regresa al paso 202. Una vez que se detecta una señal de sincronización, la unidad de control 24 puede adaptar o afinar el XO1 26-1 y, en particular, la frecuencia LO a la frecuencia portadora $f_C$ de la señal recibida (paso 210). De nuevo, este proceso de adaptación

es bien conocido en la técnica y, como tal, los detalles no se repiten aquí. Sin embargo, en general, esta adaptación puede realizarse adaptando el RF PLL 44 (por ejemplo, adaptando el(los) valor(es) divisor(es) del RF PLL 44) y/o adaptando el XO1 26-1 a través de, por ejemplo, un voltaje o una señal digital para el ajuste del XO1 26-1. Para la conversión descendente directa de la señal recibida desde la frecuencia portadora $f_C$ a la banda base, esta adaptación hace que la frecuencia LO se corresponda sustancialmente con la frecuencia portadora real $f_C$ de la señal de recepción dentro de una tolerancia predefinida (por ejemplo, 100 Hz). Además, o alternativamente, la adaptación puede realizarse configurando un de-rotador en el procesador digital 42 para compensar el error de frecuencia en el dominio digital.

Una vez que se completa la sincronización, el XO2 26-2 se activa (paso 212) y se adapta en función del XO1 26-1 (por ejemplo, la salida del XO1 26-1) (paso 214). Más específicamente, en el ejemplo de la Figura 3, el sistema de control XO2 28 está activado (si aún no está activo). El sistema de control de XO2 28 luego adapta el XO2 26-2 en base a, en este ejemplo, la salida del XO1 26-1 para ajustar la frecuencia del XO2 26-2. El sistema de control XO2 28 puede ser, por ejemplo, un PLL y el XO1 26-1 sirve como referencia para este PLL y este PLL a su vez controla, por ejemplo, una configuración digital o de voltaje del XO2 26-2 para rastrear la frecuencia del XO1 26-1.

Una vez que el XO2 26-2 está activo y sintonizado, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para realizar una recepción de señal adicional utilizando el XO2 26-2 (paso 216). En otras palabras, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para utilizar el XO2 26-2.

Una vez más, como se ha comentado anteriormente, la manera exacta en que el receptor 22 está configurado para utilizar el XO2 26-2 variará dependiendo de la implementación particular del receptor 22, como se apreciará por una habilidad ordinaria en la materia. Sin embargo, en el ejemplo de la Figura 3, la unidad de control 24 configura el receptor 22 para usar el XO2 26-2 conectando el XO2 26-2 al RF PLL 44 al, en este ejemplo, cerrar el interruptor 48-2 y configurar el RF PLL 44 (por ejemplo, configurando uno o más ajustes del RF PLL 44 como, por ejemplo,

uno o más valores de divisor) en función de la frecuencia del XO2 26-2, de manera que el CO 46 se controle para proporcionar el valor de frecuencia LO deseado.

Después de configurar el receptor 22 para que utilice el XO2 26-2, la unidad de control 24 desactiva opcionalmente el XO1 26-1 mediante, por ejemplo, la desactivación de la señal XO1 ACT/DEACT (véase la figura 3) (paso 218). En particular, el paso 218 se puede realizar si la entrada de control al XO2 26-2 se puede mantener constante mientras se deshabilita el sistema de control XO2 28. Alternativamente, el XO1 26-1 se mantiene activo como una entrada al sistema de control XO2 28 que, a su vez, mantiene el bloqueo entre el XO2 26-2 y el XO1 26-1.

Opcionalmente, en algunas modalidades, la unidad de control 24 supervisa el estado de sincronización del dispositivo inalámbrico 18 (paso 220). Una vez que se determina que el dispositivo inalámbrico 18 es OOS, el proceso vuelve al paso 200 y se repite. Se puede determinar que el dispositivo inalámbrico 18 es OOS basado en cualquier criterio adecuado tal como, por ejemplo,

- Ciclos DRX largos en los que el XO2 26-2 se ha desactivado para ahorrar energía,
- Grandes variaciones de temperatura (por ejemplo, debido a la activación o desactivación de un amplificador de potencia del dispositivo inalámbrico 18), y/o
- Ser OOS en términos de una recepción no confiable de datos desde el nodo de acceso de radio 14 (es decir, una falla de enlace de radio (RLF) o un problema de enlace de radio).

La Figura 6 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 18 y, en particular, la unidad de control 24 de acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación. Esta realización es similar a la de la Figura 4, pero cuando la decisión de cuál de los XO 26-1 y 26-2 que se va a usar se basa en un estado de conexión de una conexión del dispositivo inalámbrico 18 a un nodo de acceso de radio 14. Como se ilustra, la unidad de control 24 determina un estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18 con respecto a una célula o

haz de servicio acampando (paso 300). En algunas modalidades, el estado de conexión es estado inactivo o estado conectado. Por ejemplo, para LTE, el estado de conexión es el estado RRC, que puede ser IDLE (o inactivo en 5G NR) o CONECTADO (o activo). Sin embargo, otros sistemas inalámbricos pueden tener diferentes estados de conexión. Por ejemplo, en 5G, puede haber más de dos estados de conexión.

La unidad de control 24 decide entonces qué XO usar basándose en el estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18 (paso 302). Por ejemplo, en algunas modalidades, la unidad de control 24 decide usar el XO1 26-1 si el dispositivo inalámbrico 18 está en un estado de conexión (por ejemplo, estado inactivo como, por ejemplo, RRC IDLE en LTE) y decide usar el XO2 26-2 si el dispositivo inalámbrico 18 está en otro estado de conexión (por ejemplo, estado conectado, como, por ejemplo, RRC CONECTADO en LTE). Tenga en cuenta que los términos "inactivo" y estado "conectado" como se usan en este documento son solo ejemplos. Se pueden usar otros nombres para diferentes estados de conexión, como inactivo y activo, particularmente en futuras redes de comunicaciones celulares (por ejemplo, redes 5G). La clave es que el receptor 22 está configurado para usar diferentes XO 26-1, 26-2 en diferentes estados de conexión, lo que permite utilizar el XO1 26-1 de frecuencia más baja cuando sea conveniente o beneficioso hacerlo (por ejemplo, cuando se usa baja velocidad de datos, paginación, DRX largo (motivo de ahorro de energía y tiempo de resincronización breve) y permite utilizar el XO2 26-2 de frecuencia más alta cuando sea conveniente o beneficioso hacerlo (por ejemplo, cuando se desea una recepción de alto rendimiento, como, por ejemplo, recepción utilizando MIMO, modulación de orden superior, etc.). El proceso continúa como se describe anteriormente con respecto a la Figura 4 para usar el XO1 26-1 (pasos 304-308, que corresponden a los pasos 202-206 de la Figura 4) o usar el XO2 26-2 (pasos 310-318, que corresponden a los pasos 108-116 de la Figura 4) de acuerdo con la decisión tomada en el paso 302. La unidad de control 24 decide entonces si el estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18 ha cambiado (paso 320). Si no, la unidad de control 24 continúa

monitoreando un cambio en el estado de conexión. Al detectar un cambio en el estado de la conexión, el proceso continúa hasta el paso 302 y se repite teniendo en cuenta el nuevo estado de conexión del dispositivo inalámbrico 18.

Con respecto al proceso de la Figura 6, la idea es que, en el modo inactivo, donde solo se necesita la localización y la medición de movilidad, se puede usar la frecuencia más baja XO1 26-1, ya que tales transmisiones son típicamente de una sola capa y esquema de modulación y codificación de orden bajo (MCS), y dado que la sincronización es más corta (menos deriva entre los ciclos DRX). Por lo tanto, al utilizar el proceso de la Figura 6, se usa el XO1 26-1 de baja frecuencia si el dispositivo inalámbrico 18 está en modo inactivo, y el XO2 26-2 de alta frecuencia se usa si el dispositivo inalámbrico 18 está en modo conectado.

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento del dispositivo inalámbrico 18 y, en particular, la unidad de control 24 de acuerdo con algunas modalidades de la presente divulgación. Esta modalidad es similar a la de la Figura 4, pero cuando la decisión de cuál de los XO 26-1 y 26-2 que se va a usar se basa en la frecuencia portadora $f_C$ de la señal recibida. Como se ilustra, la unidad de control 24 determina la frecuencia portadora $f_C$ de la señal recibida o la señal a recibir (paso 400). La unidad de control 24 decide entonces qué XO usar basándose en la frecuencia portadora $f_C$ (paso 402). Por ejemplo, en algunas modalidades, la unidad de control 24 decide usar el XO1 26-1 si la frecuencia portadora $f_C$ es menor que un umbral predefinido o preconfigurado y decide usar el XO2 26-2 si la frecuencia portadora $f_C$ es mayor que el umbral predefinido o preconfigurado. El umbral predefinido o preconfigurado puede variar, pero, como ejemplo, este umbral puede ser de 4 GHz o 10 GHz.

Cabe señalar que, en algunas modalidades, el dispositivo inalámbrico 18 puede incluir receptores separados (es decir, como parte de transceptores separados) para diferentes frecuencias portadoras. Por ejemplo, el dispositivo inalámbrico 18 puede incluir un primer transceptor para frecuencias portadoras que son menores que, por ejemplo, 6 GHz y un segundo transceptor para frecuencias portadoras mayores o iguales a, por ejemplo, 6 GHz. En este ejemplo, el XO1 26-

1 podría usarse para cualquiera de los transceptores, mientras que el XO2 26-2 solo podría usarse para el transceptor de mayor frecuencia (por ejemplo, el transceptor> 6 GHz o el transceptor de onda milimétrica (mmW)). Por lo tanto, en este ejemplo, si la frecuencia portadora deseada $f_C$ es menor que, por ejemplo, 6 GHz, entonces se utiliza el primer transceptor de frecuencia más baja y, como tal, la unidad de control 24 configura el receptor del primer transceptor de frecuencia más baja para utilizar el XO1 26-1. A la inversa, si la frecuencia portadora $f_C$ deseada es mayor que, por ejemplo, 6 GHz, entonces se usa el segundo transceptor de frecuencia más alta y, como tal, la unidad de control 24 configura el receptor del segundo transceptor de frecuencia más alta para usar el XO2 26-2 o, en algunas realizaciones, el XO1 26-1 o el XO2 26-2 en función de, por ejemplo, el estado de sincronización y/o el estado de conexión, como se describió anteriormente. Por lo tanto, en este ejemplo, la unidad de control 24 decide qué receptor usar y qué XO usar en función de la frecuencia portadora deseada $f_C$.

El proceso continúa como se describe anteriormente con respecto a la Figura 4 para usar el XO1 26-1 (pasos 404-408, que corresponden a los pasos 202-206 de la Figura 4) o usar el XO2 26-2 (pasos 410-418, que corresponden a los pasos 108-116 de la Figura 4) de acuerdo con la decisión tomada en el paso 402. La unidad de control 24 decide entonces si se va a realizar un traspaso (HO) (por ejemplo, si se ha recibido un comando de traspaso) (paso 420). El traspaso puede ser un traspaso interfrecuencia o un traspaso de tecnología de acceso de radio (RAT), por ejemplo. El traspaso es de una celda o haz (fuente) a otra celda o haz (objetivo). El objetivo puede operar en una frecuencia portadora diferente a la fuente y, como tal, la unidad de control 24 reevalúa qué XO usar. En otras palabras, un traspaso indica que puede haber una nueva frecuencia portadora $f_C$. Por lo tanto, si se va a realizar un traspaso, el proceso vuelve a la etapa 400 para determinar la nueva frecuencia portadora $f_C$ para la célula o haz objetivo y luego se repite teniendo en cuenta la nueva frecuencia portadora $f_C$.

Los siguientes acrónimos se utilizan a lo largo de esta divulgación.

- 2G Segunda Generación

- 3G Tercera Generación
- 3GPP Proyecto de asociación de tercera generación
- 4G Cuarta Generación
- 5G Quinta Generación
- ADC Conversor analógico a digital
- ASIC Circuito integrado específico de aplicación
- BPF Filtro de paso de banda
- BPSK Manipulación por derivación de fase
- CMOS Semiconductor Complementario Metal-Óxido
- CN Red Núcleo
- CO Oscilador controlado
- CPU Unidad Central de Procesamiento
- dB Decibelio
- dBc/Hc Decibelios relativos al portador por hercios
- DRX Recepción discontinua
- eNB Nodo B mejorado o evolucionado
- FoM Figura de mérito
- FPGA Arreglo de puerta programable de campo
- Gb/s Gigabits por segundo
- GHz Gigahertz
- HO Traspaso
- HSPA Acceso a paquetes de alta velocidad
- Hz Hertz
- IF Frecuencia Intermedia
- kHz Kilohertz
- LNA Amplificador de bajo ruido
- LO Oscilador Local
- LTE Evolución a largo plazo
- MA-MIMO Multi-Antena Múltiple Entrada Múltiple Salida

- MBB Banda ancha móvil
- MCS Nivel de modulación y esquema de codificación
- MHz Megahertz
- MME Entidad de gestión de movilidad
- mmW Onda milimétrica
- MTC Tipo de máquina de Comunicación
- mW Milliwatt
- OOS Fuera de sincronización
- PDN Red de datos de paquetes
- P-GW Puerta de enlace de red de datos
- PLL Bucle de fase bloqueada
- ppm partes-por-millón
- P-SCH Canal de sincronización primario
- PSS Señal de sincronización primaria
- QAM Modulación de amplitud en cuadratura
- RAN Red de acceso de radio
- RAT Tecnología de acceso de radio
- RF Radiofrecuencia
- RLF Fallo de enlace de radio
- RRC Control de recursos de radio
- SCEF Función de Exposición de Capacidad de Servicio
- SNR Relación señal a ruido
- S-SCH Canal de Sincronización Secundario
- SSS Señal de Sincronización Secundaria
- UE Equipo de Usuario
- VCO Oscilador controlado por voltaje
- WCDMA Acceso múltiple por división de código
- XO Oscilador de cristal de referencia

Los expertos en la materia reconocerán mejoras y modificaciones a las modalidades de la presente divulgación. Todas estas mejoras y modificaciones se consideran dentro del alcance de los conceptos divulgados en el presente documento y las siguientes reivindicaciones.