

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 383 943**

51 Int. Cl.:  
**H03G 3/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09791115 .0**  
96 Fecha de presentación: **03.08.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2319174**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2011**

54 Título: **Control automático de la ganancia simultánea de tiempo-frecuencia para comunicaciones inalámbricas**

30 Prioridad:  
**05.08.2008 US 86189 P**  
**27.07.2009 US 510176**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.06.2012**

73 Titular/es:  
**QUALCOMM Incorporated**  
**Attn: International IP Administration 5775**  
**Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:  
**RIMINI, Roberto**

74 Agente/Representante:  
**Fàbrega Sabaté, Xavier**

ES 2 383 943 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

Control automático de la ganancia simultánea de tiempo-frecuencia para comunicaciones inalámbricas.

La presente aplicación reivindica prioridad de la solicitud provisional U.S. Número de Serie 61/086.189, titulada "JOINT TIME-FREQUENCY AUTOMATIC GAIN CONTROL MECHANISM FOR FREQUENCY DOMAIN BASED WIRELESS SYSTEMS", registrada el 5 de Agosto, 2008, asignada al cesionario de este documento.

## ANTECEDENTES

### I. Campo de la invención

La presente divulgación se refiere en general a comunicación, y más específicamente a técnicas para llevar a cabo control automático de ganancia (AGC) para comunicaciones inalámbricas.

### 10 II. Antecedentes

En un sistema de comunicaciones inalámbricas, un transmisor procesa típicamente (por ejemplo, codifica y modula) datos y genera una señal modulada de radio frecuencia (RF) que es más adecuada para la transmisión. El transmisor transmite entonces la señal modulada de RF a través de un canal inalámbrico a un receptor. El canal inalámbrico distorsiona la señal transmitida con una respuesta de canal y degrada más la señal con ruido e interferencia.

15 El receptor recibe las señales transmitidas, acondiciona la señal para obtener una señal en banda base, digitaliza la señal en banda base para obtener muestras, y procesa las muestras para recuperar los datos enviados por el transmisor. El nivel de la señal recibida puede variar a lo largo de un amplio rango debido a varios fenómenos de propagación de canal tales como desvanecimiento u oscurecimiento. Por lo tanto, el receptor típicamente lleva a cabo AGC para evitar la saturación de varios bloques de circuitos en el receptor. La saturación puede ocurrir cuando la entrada de un bloque de  
20 circuito excede un nivel máximo de señal de entrada o la salida del bloque de circuito excede un nivel máximo de señal de salida. La saturación puede conllevar componentes de distorsión que pueden degradar las prestaciones. Por lo tanto, puede ser deseable llevar a cabo AGC de forma que se obtenga buen rendimiento. EP 1 137 189 (A2) divulga un atenuador selectivo de señal de alta potencia, que incluye un atenuador que atenúa las principales señales analógicas, y un primer convertidor analógico a digital (ADC) que convierte la salida del atenuador a digital. Un convertidor de digital a analógico (DAC) reconvierte la salida digital del primer ADC a analógico, y un cancelador recibe las principales señales y la salida analógica del DAC. El cancelador cancela la salida analógica del DAC de las principales señales para eliminar sustancialmente las señales de alta potencia. Un segundo ADC recibe la salida del cancelador y genera una salida digital. Basada en la salida digital, la circuitería de control controla dinámicamente la atenuación del atenuador para prevenir la saturación del segundo ADC y para mejorar la tasa de transferencia de salida.

### 30 RESUMEN

En este documento se describen técnicas para llevar a cabo AGC simultánea de tiempo-frecuencia por un receptor en sistema de comunicaciones inalámbricas. El receptor puede ser parte de un equipo de usuario (UE), una estación base, etc. El receptor puede llevar a cabo AGC en una señal en el dominio del tiempo, antes de llevar a cabo una transformada rápida de Fourier (FFT) para transformar la señal en el dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. La  
35 señal en el dominio del tiempo puede estar dentro de un rango aceptable de nivel de señal, pero la salida de la FFT puede saturarse. Este puede ser el caso, por ejemplo, si todo o la mayor parte de la energía de la señal en el dominio del tiempo, se concentra en una o unas pocas subportadoras de entre un número de subportadoras.

En un aspecto, el receptor puede monitorizar la salida de la FFT para detectar saturación y puede ajustar el funcionamiento del AGC cuando se detecta saturación. En un diseño, el receptor puede transformar muestras en el  
40 dominio del tiempo con una FFT para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia. El receptor puede detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia y puede ajustar una ganancia aplicada antes de la FFT en función de si se detecta saturación. En un diseño, el receptor puede llevar a cabo AGC digital (DAGC) y puede escalar muestras digitales de un convertidor analógico a digital (ADC) con la ganancia para obtener las muestras en el dominio del tiempo. En otro diseño, el receptor puede llevar a cabo AGC analógico y puede aplicar la ganancia a una señal analógica antes del ADC. El receptor puede llevar a cabo también una combinación de AGC analógico y DACG.

En un diseño de DAGC, el receptor puede usar un valor nominal para un punto de trabajo si no se detecta saturación y puede reducir el punto de trabajo si se detecta saturación. El punto de trabajo puede determinar la potencia media de las muestras en el dominio del tiempo, determinar un error entre la potencia medida y el punto de trabajo, y filtrar el error para obtener la ganancia. El receptor puede usar un ancho de banda nominal para el filtrado si la  
50 no se detecta saturación y puede incrementar el ancho de banda si se detecta saturación para cambiar más rápidamente la ganancia.

En otro diseño del DAGC, el receptor puede medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo, determinar una ganancia inicial basada en el punto de trabajo y la potencia medida, determinar una desviación de ganancia basada en si se ha detectado saturación, y determinar la ganancia en función a la ganancia inicial y la desviación de ganancia. El  
55 receptor puede fijar la desviación de ganancia a un valor nominal (por ejemplo, cero) si no se detecta saturación o aun

valor negativo para reducir la ganancia si se detecta saturación.

Se describen con más detalle a continuación varios aspectos y características de la divulgación.

### DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS DIBUJOS

La Figura 1 muestra un diagrama de una estación base y un UE.

5 La Figura 2 muestra un modulador OFDM y un demodulador OFDM.

La Figura 3 muestra un modulador SC-FDMA y un demodulador SC-FDMA.

La Figura 4 muestra un receptor con AGC simultánea de tiempo-frecuencia.

La Figura 5 muestra otro receptor con AGC simultánea de tiempo-frecuencia

La Figura 6 muestra un proceso para llevar a cabo AGC simultánea de tiempo-frecuencia.

10 La Figura 7 muestra un aparato para llevar a cabo AGC simultánea de tiempo-frecuencia

### DESCRIPCIÓN DETALLADA

Las técnicas descritas en este documento pueden usarse para varios sistemas de comunicaciones inalámbricas tales como sistemas celulares, sistemas de radiodifusión, sistemas de red de área local inalámbricos (WLAN), etc. Los términos “sistema” y “red” se usan a menudo de forma intercambiable. Los sistemas celulares pueden ser sistemas de Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), sistemas de Acceso Múltiple por División de Tiempo (TDMA), sistemas de Acceso Múltiple por División de Frecuencia (FDMA), sistemas de Acceso Múltiple por División Ortogonal de Frecuencia (OFDMA), sistemas de FDMA de portadora única (SC-FDMA), etc. Un sistema OFDMA puede implementar una tecnología radio tal como Acceso Radio Universal Terrestre Evolucionado (E-UTRA), Radiodifusión Ultra Móvil (UMB), IEEE 802.16 (WiMAX), IEEE 802.20, Flash-OFDM®, etc. E-UTRA es parte del Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universal (UMTS). 3GPP Evolución a Largo Plazo (LTE) y LTE-Avanzado (LTE-A) son nuevas versiones de UMTS que usan E-UTRA, la cual emplea OFDMA en el enlace descendente y SC-FDMA en el enlace ascendente. E-UTRA, UMTS, LTE y LTE-A se describen en documentos de una organización denominada “3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project” (3GPP). Se describen UMB en documentos de una organización denominada “3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project 2” (3GPP2). Los sistemas de radiodifusión pueden ser sistemas MediaFLO™, sistemas de Radiodifusión de Video Digital para Dispositivos Portátiles (DVB-H), Servicios Integrados de Radiodifusión Digital para sistemas de Radiodifusión por Televisión Terrestre (ISDB-T), etc. Los sistemas WLAN pueden ser sistemas IEEE 802.11 (Wi-Fi), etc. Las técnicas descritas en este documento pueden usarse para los sistemas y tecnologías radio mencionadas anteriormente así como otros sistemas y tecnologías radio.

En general, estas técnicas pueden ser usadas por sistemas con múltiples subportadoras. Se pueden obtener múltiples subportadoras con Multiplexación por División Ortogonal de la Frecuencia (OFDM), Multiplexación por División de la Frecuencia de portadora única (SC-FDM), o alguna otra técnica de modulación. OFDM y SC-FDM dividen el ancho de banda del sistema en múltiples ( $N_{FFT}$ ) subportadoras ortogonales, que son comúnmente denominadas tonos, bins, etc. Cada subportadora puede modularse con datos. En general los símbolos de modulación se envían en el dominio de la frecuencia con OFDM y en el dominio del tiempo con SC-FDM. Se puede fijar el espaciado entre subportadoras adyacentes, y el número total de portadoras ( $N_{FFT}$ ) puede ser dependiente del ancho de banda del sistema. Por ejemplo,  $N_{FFT}$  puede ser igual a 128, 256, 512, 1024 ó 2048 para un ancho de banda del sistema de 1,25, 2,5, 5, 10 ó 20 MHz, respectivamente. Se utiliza OFDM en varias tecnologías de radio tales como LTE, UMB, WLAN, IEEE 802.16, 802.11a/g, Flash-OFDM®, MediaFLO™, DVB-H, ISDB-T, etc. Se utiliza SC-FDM en tecnologías radio tal como LTE.

La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de un diseño de una estación base 110 y un UE 150 en un sistema inalámbrico, que puede ser un sistema LTE o algún otro sistema. Una estación base puede ser una estación que se comunica con los UEs y puede denominarse Nodo B, Nodo evolucionado B (eNB), un punto de acceso, etc. Un UE puede ser un teléfono celular, un asistente digital personal (PDA), un módem inalámbrico, un dispositivo de comunicaciones inalámbricas, un dispositivo portátil, un ordenador portátil, un teléfono sin hilos, una estación de bucle cerrado inalámbrico (WLL), etc.

En la estación base 110, un procesador de transmisión 122 puede recibir datos de una fuente de datos 120 e información de control de un controlador/procesador 130. El procesador de transmisión 122 puede procesar (por ejemplo, codificar y mapear los símbolos) los datos y la información de control y obtener símbolos de datos y símbolos de control. El procesador de transmisión 122 puede generar también símbolos piloto y puede multiplexar los símbolos piloto con los símbolos de datos y los símbolos de control. Un modulador OFDM (MOD) 124 puede llevar a cabo modulación OFDM en los símbolos multiplexados y proporcionar muestras de salida en el dominio del tiempo. Una unidad transmisora (TMTR) 126 puede acondicionar (por ejemplo, convertir a analógico, filtrar, amplificar, y convertir en sentido ascendente) las muestras de salida y generar una señal de enlace descendente, que se puede transmitir a través de una antena 128.

En el UE 150, una antena 160 puede recibir la señal de enlace descendente de una estación base 110 y puede proporcionar una señal recibida a una unidad receptora (RCVR) 162. La unidad receptora 162 puede procesar (por ejemplo, filtrar, amplificar, convertir en sentido descendente, y digitalizar) la señal recibida y proporcionar muestras de entrada. Un demodulador OFDM (DEMOD) 164 puede llevar a cabo demodulación OFDM en las muestras de entrada y proporcionar símbolos recibidos. Un procesador receptor 166 puede procesar (por ejemplo, detectar, demodular, y decodificar) los símbolos recibidos, proporcionar datos decodificados para el UE 150 a un sumidero de datos 168 y proporcionar información de control decodificada al controlador/procesador 170.

En el enlace ascendente, un procesador de transmisión 182 en el UE 150 puede recibir datos de una fuente de datos 180 e información de control del controlador/procesador 170... información de control y de datos puede ser procesada (por ejemplo, codificada y mapeada a símbolos) por el procesador de transmisión 182, modulada por un modulador SC-FDMA, y además acondicionada por una unidad transmisora 186 para generar una señal de enlace ascendente, que puede transmitirse a través de la antena 160. En la estación base 110, la señal de enlace ascendente del UE 150 puede ser recibida por la antena 128, acondicionada por la unidad receptora 142, demodulada por un demodulador SC-FDMA 144, y decodificada por el procesador de recepción 146. El procesador de recepción 146 puede proporcionar datos decodificados al sumidero de datos 148 y proporcionar información de control decodificada al controlador/procesador 130.

Los controladores/procesadores 130 y 170 pueden dirigir el funcionamiento a la estación base y al UE 150 respectivamente. Las memorias 132 y 172 pueden almacenar código y datos para la estación base 110 y el UE 150, respectivamente. Un planificador 134 puede planificar UEs para transmisión de datos sobre el enlace descendente y/o ascendente y puede asignar recursos a los UEs planificados.

La Figura 1 muestra un diseño en el que se puede utilizar OFDM para un enlace (por ejemplo, enlace descendente) y se puede utilizar SC-FDMA para el otro enlace (por ejemplo, ascendente), como se especifica en LTE. En general, se puede utilizar OFDM para un enlace, o ambos enlaces, o ningún enlace de un sistema inalámbrico. Igualmente, se puede utilizar SC-FDMA para un enlace, ambos enlaces, o ningún enlace.

La **Figura 2** muestra un diagrama de bloques de un diseño de modulador OFDM 124 y demodulador OFDM 164 en la Figura 1. Dentro del modulador OFDM 124, un mapeador símbolo a portadora 214 puede recibir símbolos de salida del procesador de transmisión 122, mapear los símbolos de salida a subportadoras utilizadas para transmisión, y mapear símbolos cero con valor de señal cero a las restantes subportadoras. Una unidad 216 de transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) puede recibir  $N_{FFT}$  símbolos para las subportadoras totales  $N_{FFT}$  en un periodo de símbolo OFDM, transformar los  $N_{FFT}$  símbolos al dominio del tiempo con una IFFT de  $N_{FFT}$  puntos, y proporcionar una parte útil que comprende  $N_{FFT}$  muestras de salida en el dominio del tiempo. En la descripción de este documento, el término "IFFT" se refiere genéricamente a cualquier función que puede transformar datos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Cada muestra de salida puede ser un valor complejo a enviar en un periodo de muestra. Una unidad de inserción de prefijo cíclico 218 puede copiar las últimas  $N_{CP}$  muestras de salida de la parte útil y adjuntar las partes copiadas al frente de la parte útil para formar un símbolo OFDM que comprende  $N_{FFT} + N_{CP}$  muestras de salida. La parte repetida puede denominarse prefijo cíclico o intervalo de guardia, y  $N_{CP}$  es la longitud del prefijo cíclico. El prefijo cíclico se utiliza para combatir la interferencia entre símbolos (ISI) causada por el desvanecimiento selectivo en frecuencia, que es una respuesta en frecuencia que varía a lo largo del ancho de banda del sistema. La unidad transmisora 126 puede procesar y transmitir el símbolo OFDM en un periodo de símbolo OFDM (o simplemente, un periodo de símbolo), que puede cubrir  $N_{FFT} + N_{CP}$  periodos de muestra.

La unidad receptora 162 puede procesar una señal recibida y proporcionar muestras de entrada a un demodulador OFDM 164. Dentro de un demodulador OFDM 164, una unidad de eliminación de prefijo cíclico 232 puede obtener  $N_{FFT} + N_{CP}$  muestras de entrada en un periodo de símbolo OFDM, eliminar  $N_{CP}$  muestras de entrada para el prefijo cíclico, y proporcionar  $N_{FFT}$  muestras de entrada. Una unidad 234 de transformada rápida de Fourier puede transformar las  $N_{FFT}$  muestras de entrada al dominio de la frecuencia con una IFFT de  $N_{FFT}$  puntos y proporcionar  $N_{FFT}$  símbolos recibidos para las  $N_{FFT}$  subportadoras totales. En la descripción de este documento, el término "FFT" se refiere genéricamente a cualquier función que puede transformar datos del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo. Un demapeador de símbolo a subportadora 236 puede obtener  $N_{FFT}$  símbolos recibidos, proporcionar símbolos recibidos desde las subportadoras utilizadas para transmisión al procesador receptor 166, y descartar los restantes símbolos recibidos.

La Figura 3 muestra un diagrama de bloques de un diseño de un modulador SC-FDMA 184 y un demodulador SC-FDMA 144 en la Figura 1. Dentro del modulador SC-FDMA 184, una unidad FFT 312 puede recibir  $N$  símbolos de salida a enviar en un periodo de símbolo SC-FDMA, transformar los  $N$  símbolos de salida al dominio de la frecuencia, y proporcionar  $N$  símbolos en el dominio de la frecuencia. Un mapeador símbolo a portadora 314 puede mapear los  $N$  símbolos en el dominio de la frecuencia a  $N$  subportadoras utilizadas para transmisión, mapear los símbolos cero a la portadora restante, y proporcionar  $N_{FFT}$  símbolos de salida. Una unidad IFFT 316 puede transformar los  $N_{FFT}$  símbolos de salida al dominio del tiempo y proporcionar una parte útil que comprende  $N_{FFT}$  muestras de salida. Una unidad de inserción de prefijo cíclico 318 puede adjuntar un prefijo cíclico a la parte útil y proporcionar un símbolo SC-FDMA que comprende  $N_{FFT} + N_{CP}$  muestras de salida.

Dentro del demodulador SC-FDMA 144, una unidad de eliminación de prefijo cíclico 332 puede obtener  $N_{FFT} + N_{CP}$

muestras de entrada en un periodo de símbolo SC-FDMA, eliminar  $N_{CP}$  muestras de entrada para el prefijo cíclico, y proporcionar  $N_{FFT}$  muestras de entrada. Una unidad FFT 334 puede transformar las  $N_{FFT}$  muestras al dominio de la frecuencia, y proporcionar  $N_{FFT}$  símbolos en el dominio de la frecuencia recibidos para las  $N_{FFT}$  subportadoras totales. Un demapeador de símbolo a subportadora 336 puede proporcionar  $N$  símbolos en el dominio de la frecuencia a partir de las  $N$  subportadoras utilizadas para transmisión y descartar los símbolos restantes en el dominio de la frecuencia. Una unidad IFFT 338 puede transformar los  $N$  símbolos en el dominio de la frecuencia al dominio del tiempo y proporcionar  $N$  símbolos recibidos al procesador de recepción 146 para procesamiento adicional.

La estación base 110 y el UE 150 pueden cada uno llevar a cabo AGC en su receptor para obtener muestras a un nivel de señal deseado y para impedir saturación de los bloques de circuito en el receptor. Los términos "saturación", y "recorte" se usan a menudo de forma intercambiable. Se puede llevar a cabo AGC de distintas maneras dependiendo de varios factores tal como el diseño del receptor. AGC puede comprender AGC analógico o AGC digital (DAGC). AGC analógico se refiere a AGC antes de un ADC y puede usarse para compensar la atenuación por pérdida de trayecto y, hasta un cierto punto, fluctuaciones de desvanecimiento que pueden producir grandes variaciones en el nivel de señal. DAGC se refiere a AGC después del ADC y puede usarse para compensar variaciones en el nivel de señal no corregidas por el AGC analógico.

Llevar o no a cabo AGC analógico y/o DAGC puede depender de las capacidades del ADC. Por ejemplo, el ADC puede tener un gran rango dinámico (por ejemplo, hasta 16 bits de rango dinámico) y puede ser capaz de acomodar amplias variaciones en el nivel de señal recibida. En este caso, puede ser posible omitir el AGC analógico y proporcionar una señal recibida en banda base directamente al ADC. El ADC puede entonces proporcionar muestras con valores dentro de su gran rango dinámico. Aunque el ADC puede dejarse "desprotegido", el nivel de señal a la entrada del subsecuente procesador receptor o modem debería escalarse apropiadamente para alcanzar un requisito de nivel de potencia constante independientemente de los niveles de señal recibida en el receptor y el ADC. Se puede utilizar DAGC para asegurar un nivel de potencia medio constante a la entrada del procesador receptor y puede compensar fluctuaciones de gran escala de desvanecimiento lento producidas por oscurecimiento.

La **Figura 4** muestra un diagrama de bloques de un diseño de un receptor 400 para una transmisión basada en OFDM o basada en SC-FDMA. El receptor 400 puede incluir una parte de una unidad receptora 162 y un demodulador OFDM 164 en el UE 150 o una parte de la unidad receptora 142 con un demodulador SC-FDMA 144 en la estación base 110 en la Figura 1.

Dentro del receptor 400, un ADC 410 puede digitalizar una señal recibida en banda base y proporcionar muestras ADC que tienen un amplio rango de valores dependiendo del nivel de señal de la señal en banda base recibida. Una unidad AGC 420 puede escalar las muestras ADC y proporcionar muestras escaladas. Una unidad de selección de muestras y bits 440 puede eliminar el prefijo cíclico de un símbolo OFDM recibido o un símbolo SC-FDMA recibido. La unidad de selección 440 puede también extraer un subconjunto apropiado de bits en las muestras escaladas en función de sus valores y proporcionar muestras de entrada que comprenden el subconjunto seleccionado de bits a una unidad FFT 450. La unidad FFT 450 puede transformar las muestras de entrada al dominio de la frecuencia y proporcionar símbolos en el dominio de la frecuencia para las  $N_{FFT}$  subportadoras totales. La unidad FFT 450 puede corresponder a la unidad FFT 234 en la Figura 2 o la unidad FFT 334 en la Figura 3.

La unidad DAGC 420 puede proporcionar muestras escaladas dentro de un rango de señal apropiado para explotar el rango dinámico completo de la unidad FFT 450. La ganancia de la unidad DAGC 420 (o la ganancia DAGC) puede ajustarse en base a un punto de trabajo para asegurar la correcta selección de ancho de bit sin recortar una señal en el dominio del tiempo que comprende las muestras de entrada. Sin embargo, incluso si la señal en el dominio del tiempo está bastante por debajo de un umbral de saturación, uno o más símbolos en el dominio de la frecuencia de la unidad FFT 450 para una o más subportadoras puede saturarse a un valor máximo para la unidad FFT.

Los símbolos en el dominio de la frecuencia de la unidad FFT 450 pueden saturarse incluso cuando las muestras de entrada en el dominio del tiempo proporcionadas a la unidad FFT 450 pueden no estar saturadas. Este fenómeno puede deberse a una discrepancia inherente en el escalado de una señal en el dominio del tiempo a través del DACG en el dominio del tiempo y en la proyección de la energía de señal por medio de una FFT. Este fenómeno puede ocurrir cuando toda o la mayor parte de la energía de un símbolo OFDM o un símbolo SC-FDMA se concentra en una o unas pocas subportadoras. Este fenómeno puede ocurrir en varios escenarios de funcionamiento. Por ejemplo, en el enlace ascendente en LTE, solo se pueden asignar unas pocas subportadoras a un UE dado, y solo unos pocos UEs pueden estar presentes. En este caso, la densidad espectral de potencia (PSD) de las pocas subportadoras asignadas al UE puede ser grande como consecuencia de la conservación de energía total tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de la frecuencia. Estos componentes espectrales de alta potencia pueden saturar el rango dinámico finito de la unidad FFT, que puede entonces generar distorsión severa de la señal.

El problema de la saturación en el dominio de la frecuencia sin saturación en el dominio del tiempo puede tratarse reduciendo la ganancia DAGC todo el tiempo mediante una disminución de potencia adecuada. La ganancia DAGC más pequeña reduciría el nivel de señal en el dominio del tiempo, lo cual reduciría el nivel de señal de los símbolos en el dominio de la frecuencia en una cantidad correspondiente. Sin embargo, reducir la ganancia compensaría el rango dinámico por ruido de cuantización. Además, reducir la ganancia DAGC reduciría de forma efectiva el rango

dinámico de la unidad FFT e introduciría un mayor ruido base en la FFT soportada por el receptor. Por lo tanto, reducir la ganancia DAGC todo el tiempo para combatir la saturación potencial en el dominio de la frecuencia puede degradar el rendimiento la mayor parte del tiempo cuando no a saturación.

- 5 En un aspecto, AGC simultánea de tiempo-frecuencia puede llevarse a cabo para combatir la saturación en el dominio de la frecuencia si y cuando ocurre saturación. La salida de la unidad FFT puede monitorizarse para detectar saturación. Cuando se detecta saturación, se puede proporcionar información de retroalimentación de la salida FFT para informar a la unidad DAGC sobre saturación en el dominio de la frecuencia. La unidad DAGC puede entonces llevar a cabo acciones correctoras (por ejemplo, reducir la ganancia DAGC) tras recibir la información de retroalimentación.
- 10 La Figura 4 muestra un diagrama de bloques de un diseño de unidad DAGC 420 para AGC simultánea de tiempo-frecuencia. Dentro de la unidad DAGC 420, un multiplicador 424 puede multiplicar cada muestra ADC con la ganancia DAGC y proporcionar una muestra escalada correspondiente. Una unidad de cálculo de potencia 426 puede calcular la potencia de cada muestra escalada  $P = I^2 + Q^2$ , donde  $I$  es un componente en fase de la muestra,  $Q$  es un componente en cuadratura de la muestra, y  $P$  es la potencia de la muestra. Los términos "potencia" y "energía" se usan a menudo de forma intercambiable. La unidad 426 puede promediar la potencia a lo largo de un número de muestras escaladas y proporcionar una potencia medida en cada periodo de medida. Un sumador 428 puede sustraer la potencia medida de un punto de trabajo ajustado proporcionado por una unidad de ajuste de punto de trabajo 432 y puede proporcionar un error a un filtro de bucle 430. El filtro de bucle 430 puede filtrar el error del sumador 428 y proporcionar la ganancia DAGC al multiplicador 424. El filtro de bucle 430 puede reducir la ganancia DAGC si la potencia medida excede el punto de trabajo ajustado y puede incrementar la ganancia DAGC si la potencia medida está por debajo del punto de trabajo ajustado. El bucle de filtro 430 puede también proporcionar filtrado para la ganancia DAGC.
- 15
- 20

25 El multiplicador 424, la unidad de cálculo de potencia 426, el sumador 428, el filtro de bucle 430 forman un bucle DAGC que opera en el dominio del tiempo antes de la unidad FFT 450. El bucle DAGC ajusta la ganancia DAGC de tal forma que la potencia media de las muestras escaladas iguala el punto de trabajo ajustado proporcionado por la unidad 432.

30 Para combatir la saturación en el dominio de la frecuencia, un detector de saturación 460 puede recibir símbolos en el dominio de la frecuencia de la unidad FFT 450 y puede detectar saturación como se describió con anterioridad. El detector de saturación 460 puede proporcionar un indicador de saturación que puede indicar si se ha detectado saturación. En un diseño, el indicador de saturación puede comprender un único bit que puede fijarse a un primer valor (por ejemplo, '0') para indicar no saturación o a un segundo valor (por ejemplo, '1') para indicar saturación de la salida FFT. En otro diseño, el indicador de saturación puede comprender múltiples bits que pueden indicar si se ha detectado saturación o la severidad de la saturación detectada. Por ejemplo, el indicador de saturación puede fijarse a un primer valor (por ejemplo, '0') para indicar no saturación, a un segundo valor (por ejemplo, '1') para indicar saturación suave, a un tercer valor (por ejemplo, '2') para indicar saturación moderada, o aun cuarto valor (por ejemplo, '3') para indicar saturación severa. Las diferentes acciones correctoras pueden llevarse a cabo para los diferentes niveles de saturación.

35

40 En el diseño mostrado en la Figura 4, la unidad 432 de ajuste de punto de trabajo puede recibir el indicador de saturación del detector de saturación 460 así como un punto de trabajo nominal. EL punto de trabajo nominal puede seleccionarse para explotar todo el rango dinámico de la unidad FFT 450 independientemente del nivel de potencia recibida en el conector de antena. En un diseño, la unidad 432 puede proporcionar el punto de trabajo ajustado, el cual se puede fijar como sigue:

$$45 \quad \text{Punto de trabajo ajustado} = \begin{cases} \text{Punto de trabajo nominal} & \text{si no hay saturación} \\ \text{Punto de trabajo nominal} - \Delta & \text{si hay saturación} \end{cases} \quad \text{Eq(1)}$$

50 en donde  $\Delta$  es la cantidad de reducción en el punto de trabajo cuando se detecta saturación. El punto de trabajo y  $\Delta$  se dan en unidades logarítmicas, por ejemplo, decibelios (dB) en la ecuación (1).

55 En un diseño,  $\Delta$  puede ser un valor único que puede seleccionarse cuando un indicador de saturación de un único bit se fija a un valor (por ejemplo, '1') para indicar saturación. Por ejemplo,  $\Delta$  puede ser igual a 6 dB, lo que puede resultar en que se reduzca la potencia de las muestras de entrada por un factor de cuatro cuando se detecte saturación. Se pueden usar otros valores para  $\Delta$ . En otro diseño,  $\Delta$  puede ser uno de los múltiples valores posibles, el cual puede ser seleccionado por un indicador de saturación de varios bits. Por ejemplo,  $\Delta$  puede ser igual a un

valor mayor (por ejemplo, 6 dB) para saturación severa o un valor menor (por ejemplo, 3 dB) para saturación suave.

En el diseño mostrado en la ecuación (1), puede usarse un punto de trabajo ajustado menor cuando se detecta saturación. El punto de trabajo ajustado menor puede resultar en una menor ganancia DAGC, la cual puede entonces reducir el nivel de señal de las muestras escaladas del multiplicador 424. El punto de trabajo ajustado menor se puede seleccionar de tal forma que la se pueda evitar o mitigar la saturación en la salida FFT.

Como se muestra en la Figura 4, cuando se detecta saturación, el punto de trabajo ajustado menor puede resultar en un error mayor en el sumador 428. El error mayor puede ser filtrado por el filtro de bucle 430 para obtener una ganancia DAGC menor. El filtrado por el filtro de bucle 430 puede resultar en un retraso desde el momento al que se ha ajustado el punto de trabajo debido a la saturación detectada hasta el momento en el que la ganancia DAGC se ha reducido al valor deseado. En un diseño, una unidad de ajuste de ancho de banda de bucle 434 puede recibir también el indicador de saturación y puede incrementar el ancho de banda de bucle del filtro de bucle 430 (por ejemplo, reduciendo una constante de tiempo para el filtro de bucle 430) cuando se detecta saturación. El ancho de banda de bucle más ancho, puede reducir la respuesta DAGC y por lo tanto reducir el retraso en obtener la ganancia DAGC deseada para salir rápidamente del escenario de saturación. En general, un ancho de banda de bucle progresivamente más ancho puede resultar en un retraso progresivamente menor. Se puede incrementar el ancho de banda de bucle en una cantidad adecuada para obtener el retraso deseado. Por ejemplo, puede ser deseable reducir el retraso hasta menos que la longitud del prefijo cíclico. Esto puede asegurarse que la ganancia DAGC deseada se puede obtener antes que el siguiente símbolo OFDM o símbolo SC-FDMA.

Se puede reducir el punto de trabajo cuando se detecta saturación. El punto de trabajo ajustado menor se puede utilizar hasta que ya no se detecte saturación, momento en el cual se puede usar el punto de trabajo nominal. Se puede incrementar el ancho de banda de bucle cuando se detecta saturación. El ancho de banda de bucle mayor se puede usar mientras se detecte saturación. Alternativamente, se puede usar el ancho de banda de bucle mayor durante un intervalo de tiempo predeterminado cada vez que se cambia el punto de trabajo.

La Figura 5 muestra un diagrama de bloques de un diseño de un receptor 402 con otra unidad DAGC 422 para AGC simultánea de tiempo frecuencia. Con la unidad DAGC 422, el multiplicador 424 puede multiplicar cada muestra ADC por la ganancia DAGC y proporcionar una muestra escalada correspondiente. La unidad de cálculo de potencia 426 puede calcular la potencia de cada muestra escalada, promediar la potencia a lo largo de un número de muestras escaladas, y proporcionar una potencia medida en cada periodo de medida. El sumador 428 puede sustraer la potencia medida de un punto de trabajo y proporcionar un error al filtro de bucle 430. El filtro de bucle 430 puede filtrar el error del sumador 428 y proporcionar una ganancia inicial DAGC al multiplicador 438.

Para combatir la saturación en el dominio de la frecuencia, el detector de saturación 460 puede recibir los símbolos en el dominio de la frecuencia de la unidad FFT 450, detectar saturación, y proporcionar un indicador de saturación indicativo de la saturación detectada. Una unidad de ajuste de ganancia DAGC 436 puede recibir el indicador de saturación y puede determinar una desviación de ganancia DAGC en base al indicador de saturación. El multiplicador 438 puede multiplicar la ganancia DAGC inicial del filtro de bucle 430 por la desviación de ganancia DAGC de la unidad 436 y puede proporcionar la ganancia DAGC al multiplicador 424.

En un diseño, la unidad 436 puede fijar la desviación de ganancia DAGC como sigue:

$$40 \quad \text{Desviación de ganancia DAGC} = \begin{cases} 0 & \text{si no hay saturación} \\ \delta & \text{si hay saturación} \end{cases} \quad \text{Eq(2)}$$

en donde  $\delta$  es la cantidad de reducción en la ganancia DAGC cuando se detecta saturación.

En un diseño,  $\delta$  puede ser un valor único (por ejemplo, 0,5) que se puede seleccionar cuando un indicador de saturación de un bit se fija a un valor (por ejemplo, '1') para indicar saturación. En otro diseño,  $\delta$  puede ser uno de múltiples valores posibles, que puede ser seleccionado por un indicador de saturación de múltiples bits. Por ejemplo  $\delta$  puede ser un valor más pequeño (por ejemplo, 0,5) para saturación severa o un valor mayor (por ejemplo, 0,75) para saturación suave

En el diseño mostrado en la ecuación (2), se puede usar una desviación de ganancia DAGC negativa cuando se detecta saturación. La desviación de ganancia DAGC negativa puede resultar en una ganancia DAGC menor, la cual puede entonces reducir el nivel de señal de las muestras escaladas del multiplicador 424. La desviación de ganancia DAGC se puede seleccionar tal que la saturación en la salida FFT se puede evitar o mitigar. Como se muestra en la Figura 5, la ganancia DAGC menor se puede obtener rápidamente cuando se detecta saturación dado que la desviación de ganancia DAGC se aplica después del filtro de bucle 430. La desviación de ganancia DAGC

menor se puede usar hasta que ya no se detecta saturación momento en el que la desviación de ganancia DAGC se puede fijar a cero.

Las Figuras 4 y 5 muestran diseños en los que la ganancia DAGC se puede actualizar en unidad lineal. En otro diseño, la ganancia DAGC se puede actualizar en unidades logarítmicas (por ejemplo, dB). En este diseño, un convertidor lineal a logarítmico se puede colocar entre la unidad de cálculo de potencia 426 y el sumador 428, y un convertidor logarítmico a lineal se puede colocar entre el multiplicador 424 y el filtro de bucle 430 en la Figura 4 o entre los multiplicadores 424 y 438 en la Figura 5. El multiplicador 438 se puede reemplazar entonces por un sumador.

En los diseños mostrados en las Figuras 4 y 5, se puede utilizar un bucle adicional de retroalimentación para proporcionar información de retroalimentación del dominio de la frecuencia a la unidad DAGC que opera en el dominio del tiempo. El bucle de retroalimentación adicional se puede colocar en la salida FFT y puede cumplir los propósitos de detectar componentes espectrales de alta potencia (por ejemplo, por encima de un cierto umbral) e informar a la unidad DAGC en el dominio del tiempo de la saturación detectada. Cuando la unidad DAGC se da cuenta de que se ha detectado saturación, puede reducir inmediatamente el punto de trabajo y/o la ganancia DAGC para combatir la posible saturación en la salida FFT.

El detector de saturación 460 en las Figuras 4 y 5 puede detectar saturación en el dominio de la frecuencia de varias maneras. En un diseño, el detector de saturación 460 puede monitorizar la densidad espectral de potencia en la salida FFT relativa al ancho de banda del sistema. Se puede declarar saturación en base a diferentes criterios. En un diseño, se puede declarar saturación si la potencia de un número particular de subportadoras excede un umbral dado. En otro diseño, se puede declarar saturación si al menos un bit más significativo (MSB) de un símbolo en el dominio de la frecuencia en cada una de un número particular de subportadoras se fija a uno. Por ejemplo, un MSN fijado a '1' puede utilizarse para detectar potencia que exceda el 50% de la potencia máxima, dos MSBs fijados a '1' pueden utilizarse para detectar potencia que exceda el 75% de la potencia máxima, tres MSBs fijados a '1' pueden utilizarse para detectar potencia que exceda el 87,5% de la potencia máxima, etc. En general, se puede declarar saturación en base a cualquier número de subportadoras con un nivel de señal grande que excedan un umbral. Además, se puede usar cualquier umbral adecuado para cuantificar un nivel de señal como grande. Se pueden definir diferentes niveles de saturación con diferentes umbrales y diferente número de subportadoras con gran nivel de señal. Por ejemplo, se puede declarar saturación suave si al menos N1 subportadoras tienen un nivel de señal que excede un umbral TH1, saturación moderada si al menos N2 subportadoras tienen un nivel de señal que excede un umbral TH2, saturación severa si al menos N3 subportadoras tienen un nivel de señal que excede un umbral TH3, en donde  $N1 < N2 < N3$  y/o  $TH1 < TH2 < TH3$ . Se puede detectar saturación así como diferentes niveles de saturación de otras formas.

Independientemente de qué mecanismo se utiliza para reducir la ganancia DAGC, la información de retroalimentación de la salida FFT transforma el DAGC desde AGC únicamente en el dominio del tiempo a AGC simultáneo en el dominio del tiempo y de la frecuencia. Esto puede proporcionar un rendimiento robusto a lo largo de un amplio rango de escenarios de funcionamiento que se pueden encontrar en un sistema inalámbrico.

Se puede detectar saturación en el dominio de la frecuencia después de transformar un bloque de muestras de entrada del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. En un diseño, si se detecta saturación, entonces los símbolos en el dominio de la frecuencia, pueden proporcionarse a un procesador receptor para su procesamiento subsecuente incluso cuando estos símbolos en el dominio de la frecuencia pueden estar saturados. En otro diseño, los símbolos en el dominio de la frecuencia pueden descartarse si se detecta saturación. Se puede enviar un paquete de datos en múltiples símbolos OFDM o en múltiples símbolos SC-FDMA. Se pueden recuperar los paquetes de datos en base a los símbolos en el dominio de la frecuencia a partir de símbolos OFDM o símbolos SC-FDMA subsecuentes, que no deberían experimentar saturación debido a la reducción de la ganancia DAGC. En otro diseño más, sólo símbolos en el dominio de la frecuencia que están saturados (por ejemplo, cuya potencia excede un umbral) se pueden descartar, y los restantes símbolos en el dominio de la frecuencia se pueden proporcionar para su procesamiento subsecuente. En otro diseño más, el bloque de muestras de entrada puede ser re-escalado por la unidad DAGC con una ganancia DAGC menor, y las muestras re-escaladas pueden ser re-aplicadas a las unidades FFT. El bloque de muestras de salida y/o los símbolos correspondientes en el dominio de la frecuencia pueden también procesarse de otras formas si se detecta saturación.

En los diseños descritos anteriormente, la ganancia DAGC se puede ajustar en base a la detección de saturación en el dominio de la frecuencia. La ganancia DAGC se puede aplicar a las muestras del ADC para obtener muestras de entrada en el dominio del tiempo para la FFT. En otro diseño, una ganancia analógica puede ajustarse en base a la detección de saturación en el dominio de la frecuencia. Se puede aplicar la ganancia analógica antes del ADC. Por ejemplo, la ganancia de uno o más amplificadores de ganancia variable (VGAs) antes del ADC puede ser ajustada por la ganancia analógica. En general, la ganancia DAGC y/o ganancia analógica puede ajustarse en base a la detección de saturación. La ganancia analógica puede aplicarse antes del ADC, y la ganancia DAGC se puede aplicar después del ADC.

Las técnicas descritas en este documento pueden mejorar la robustez y la precisión del escalado dinámico de señal en el receptor para sistemas basados en OFDM y sistemas basados en SC-FDMA en los que se transforman

muestras al dominio de la frecuencia en el receptor. Las técnicas se pueden implementar con (i) un simple bucle de retroalimentación que interconecta la salida FFT y el DAGC y (ii) unos pocos bloques adicionales de circuito de complejidad modesta.

5 La Figura 6 muestra un diseño de un proceso 600 para llevar a cabo AGC para comunicaciones inalámbricas. El proceso 600 puede ser llevado a cabo por un receptor, que puede ser parte de un UE, una estación base, o alguna otra entidad. El receptor puede transformar muestras en el dominio del tiempo con una FFT para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia (bloque 612). La FFT puede comprender cualquier transformada que pueda transformar datos del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia. Los símbolos en el dominio de la frecuencia pueden ser un símbolo OFDM, un símbolo SC-FDMA, etc. El receptor puede detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT (bloque 614). El receptor puede ajustar una ganancia en base a si se ha detectado saturación y puede aplicar la ganancia antes de la FFT (bloque 616). En un diseño, que se muestra en la Figura 6, el receptor puede escalar muestras digitales de un ADC con la ganancia para obtener las muestras en el dominio del tiempo (bloque 618). En otro diseño, que no se muestra en la Figura 6, el receptor puede aplicar la ganancia a una señal analógica antes del ADC.

15 En un diseño del bloque 616, el receptor puede ajustar la ganancia con el DAGC antes de la FFT. El receptor puede variar el ajuste de la ganancia por el DAGC cuando se detecta saturación. Se puede proporcionar la información de retroalimentación indicativa de si se ha detectado saturación desde la salida de la FFT al DAGC y puede usarse para variar el ajuste de la ganancia por el DAGC.

20 En un diseño del DAGC, que se muestra en la Figura 4, el receptor puede usar un valor nominal si no se ha detectado saturación y puede reducir el punto de trabajo si se ha detectado saturación. El receptor puede medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo y puede determinar la ganancia en base al punto de trabajo y a la potencia medida. El receptor puede determinar un error entre la potencia medida y el punto de trabajo y puede filtrar el error (por ejemplo, con un filtro de bucle) para obtener la ganancia. El receptor puede usar un ancho de banda nominal para el filtrado si no se detecta saturación y puede incrementar el ancho de banda si se detecta saturación. En un diseño, el receptor puede reducir el punto de trabajo en una cantidad variable determinada en base a la ganancia inicial y la desviación de ganancia.

25 En otro diseño del DAGC, que se muestra en la Figura 5, el receptor puede medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo y puede determinar una ganancia inicial basada en el punto de trabajo y la potencia medida. El receptor puede medir una desviación de ganancia basada en si se ha detectado saturación. El receptor puede entonces determinar la ganancia basado en la ganancia inicial y la desviación de ganancia.

30 En un diseño del bloque 614, el receptor puede declarar saturación si un número determinado de símbolos en el dominio de la frecuencia tiene una potencia que supera un umbral. En otro diseño, el receptor puede declarar saturación basado en al menos un MSB de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT. El receptor puede generar un indicador de saturación que indica si se ha detectado saturación y puede proporcionar la indicación de saturación al DAGC. En un diseño, el indicador de saturación puede comprender un único bit que se puede fijar a un primer valor para indicar que no hay saturación o a un segundo valor para indicar saturación. En otro diseño el indicador de saturación puede indicar no saturación o uno de múltiples niveles de saturación. En este diseño, el receptor puede ajustar la ganancia en diferentes cantidades para diferentes niveles de saturación.

35 La Figura 7 muestra un diseño de un aparato 700 para llevar a cabo AGC para comunicaciones inalámbricas. El aparato 700 comprende un módulo 712 para transformar las muestras en el dominio del tiempo con una FFT para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia, un módulo 714 para detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia, y un módulo 716 para ajustar una ganancia aplicada antes de la FFT en base a si se ha detectado saturación. En un diseño, que se muestra en la Figura 7, el aparato puede incluir además un módulo 718 para escalar muestras digitales de un ADC con la ganancia para obtener muestras en el dominio del tiempo. En otro diseño, que no se muestra en la Figura 7, el aparato puede incluir además un módulo para aplicar la ganancia a una señal analógica antes del ADC. Los módulos en la Figura 7 pueden ser implementados por cualquiera de los procesadores y módulos en la Figura 1.

40 Los módulos en la Figura 7 pueden comprender procesadores, dispositivos electrónicos, dispositivos hardware, componentes electrónicos, circuitos lógicos, memorias, códigos software, códigos firmware, etc, o cualquier combinación de los mismos.

45 Los expertos en la técnica entenderían que se pueden representar información y señales usando cualquiera de una variedad de diferentes tecnologías y técnicas. Por ejemplo, datos, instrucciones, comandos, información, señales, bits, símbolos, y chips que se referencian a lo largo de la descripción anterior pueden representarse mediante tensiones, corrientes, ondas electromagnéticas, campos magnéticos o partículas, campos ópticos o partículas, o cualquier combinación de los mismos.

50 Los expertos en la técnica apreciarán además que los varios ilustrativos bloques, módulos, circuitos, y etapas de algoritmo descritas en conexión con la divulgación en este documento pueden implementarse como hardware electrónico, software de ordenador, o combinaciones de ambos. Para ilustrar claramente esta intercambiabilidad de

hardware y software, varios ilustrativos componentes, bloques, módulos, circuitos, y etapas han sido descritos anteriormente en términos de su funcionalidad. Si tal funcionalidad se implementa como hardware o software depende de la aplicación particular y restricciones de diseño impuestas sobre el sistema global. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de diferentes formas para cada aplicación en particular, pero tales decisiones de implementación no deben ser interpretadas como provocando una desviación del alcance de la presente invención.

Los varios ilustrativos bloques lógicos, módulos y circuitos descritos en conexión con la divulgación de este documento se pueden implementar o llevar a cabo con un procesador de propósito general, un procesador digital de señal (DSP), un circuito integrado de aplicación específica (ASIC), una matriz programable de puertas (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, puerta lógica o lógica de transistor, componentes hardware discretos, o cualquier combinación de los mismos diseñada para llevar a cabo las funciones descritas en este documento. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, pero alternativamente, el procesador puede ser cualquier procesador convencional, controlador, microcontrolador, o máquina de estados. Un procesador también se puede implementar como una combinación de dispositivos computadores, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, una pluralidad de microprocesadores, uno o más microprocesadores junto con un núcleo DSP, o cualquier combinación de este tipo.

Las etapas de un método o algoritmo descrito en conexión con la divulgación de este documento se puede realizar directamente en hardware, en un módulo software ejecutado por un procesador, o en una combinación de ambos. Un módulo software puede residir en memoria RAM, memoria flash, memoria ROM, memoria EPROM, memoria EEPROM, registros, disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medio de almacenamiento conocida en la técnica. Un medio de almacenamiento de ejemplo se acopla al procesador de tal forma que el procesador puede leer información de, y escribir información en, el medio de almacenamiento. Alternativamente, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un ASIC. El ASIC puede residir en un terminal de usuario. Alternativamente, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un terminal de usuario.

En uno o más diseños de ejemplo, las funciones descritas se pueden implementar en hardware, software, firmware, o cualquier combinación de los mismos. Si se implementan en software, las funciones se pueden almacenar en o transmitir sobre como una o más instrucciones o código en un medio legible por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen tanto medios de almacenamiento de ordenador y medios de comunicación incluyendo cualquier medio que facilita la transferencia de un programa de ordenador de un lugar al otro.

Un medio de almacenamiento puede ser cualquier medio disponible que puede ser accedido por un procesador de propósito general o de propósito especial. A título de ejemplo, y no limitante, tal medio legible por ordenador puede comprender RAM, ROM, EEPROM, CD-ROM u otro almacenamiento de disco óptico, almacenamiento de disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que puede usarse para transportar o almacenar medios de código de programa en forma de instrucciones o estructuras de datos y que puede ser accedido por un ordenador de propósito general o de propósito especial o un procesador de propósito general o de propósito especial. También, cualquier conexión se denomina apropiadamente un medio legible por ordenador. Por ejemplo, si se transmite software desde un sitio web, servidor, o otra fuente remota usando un cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, línea de abonado digital (DSL), o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojas, radio, y microondas entonces el cable coaxial, cable de fibra óptica, par trenzado, DSL, o tecnologías inalámbricas tales como infrarrojas, radio, microondas se incluyen en la definición de medio. Disco (del inglés "disk" o "disc"), tal y como se usa en este documento, incluye disco compacto (CD), disco láser, disco óptico, disco digital versátil (DVD), disco flexible y disco blu-ray en donde discos (del inglés "disks") usualmente reproduce datos magnéticamente, mientras discos (del inglés "discs") reproduce datos ópticamente con láser. Se deberían incluir combinaciones de los anteriores dentro del alcance de medios legibles por ordenador.

La descripción previa de la divulgación se proporciona para permitir a cualquier experto en la materia para hacer o usar la divulgación. Varias modificaciones de la divulgación serán automáticamente evidentes a aquellos expertos en la materia, y los principios genéricos definidos en este documento pueden aplicarse a otras variaciones sin alejarse del alcance de la divulgación. Por lo tanto, la divulgación no pretende limitarse a los ejemplos y diseños descritos en este documento si no que se les debe otorgar el alcance más amplio consistente con los principios y características novedosas descritos en este documento. De aquí en adelante, se describen ejemplos adicionales para facilitar la comprensión de la invención:

1. Un procedimiento de llevar a cabo control automático de ganancia (AGC) para comunicación inalámbrica, que comprende:

transformar muestras en el dominio del tiempo con una transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia;

detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT; y

ajustar una ganancia antes de la FFT en base a si se detecta saturación.

2. El procedimiento de la realización 1, que comprende además:  
 escalar muestras digitales de un convertidor analógico a digital (ADC) con la ganancia para obtener las muestras en el dominio del tiempo.
- 5 3. El procedimiento de la realización 1, que comprende además:  
 aplicar la ganancia a una señal analógica antes de un convertidor analógico a digital (ADC).
4. El procedimiento de la realización 1, en el que ajustar de la ganancia comprende ajustar la ganancia con AGC digital (DAGC) implementado antes de la FFT, y variar el ajuste de la ganancia por el DAGC cuando se detecta saturación.
- 10 5. El procedimiento de la realización 4, que comprende además:  
 proporcionar información de retroalimentación de la salida de la FFT al DAGC, indicando la información de retroalimentación si se ha detectado saturación.
6. El procedimiento de la realización 1, en el que ajustar la ganancia comprende medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo,  
 15 reducir un punto de trabajo si se detecta saturación, determinando el punto de trabajo una potencia media de las muestras en el dominio del tiempo, y  
 determinar la ganancia en base al punto de trabajo y la potencia medida.
7. El procedimiento de la realización 6, en el que reducir el punto de trabajo comprende reducir el punto de trabajo en una cantidad predeterminada si se detecta saturación.
- 20 8. El procedimiento de la realización 6, en el que reducir el punto de trabajo comprende reducir el punto de trabajo en una cantidad variable determinada en base a la severidad de la saturación.
9. El procedimiento de la realización 6, en el que determinar la ganancia comprende  
 determinar un error entre la potencia medida y el punto de trabajo,  
 filtrar el error para obtener la ganancia, e  
 25 incrementar el ancho de banda del filtrado si se detecta saturación.
10. El procedimiento de la realización 1, en el que ajustar la ganancia comprende  
 medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo,  
 determinar una ganancia inicial en base a un punto de trabajo y la potencia medida,  
 determinar una desviación de ganancia en base a si se detecta saturación, y  
 30 determinar la ganancia en base a la ganancia inicial y la desviación de ganancia.
11. El procedimiento de la realización 1, en el que la detección de la saturación comprende declarar saturación sin un número particular de símbolos en el dominio de la frecuencia tiene una potencia que excede un umbral.
12. El procedimiento de la realización 1, en el que la detectar la saturación comprende detectar la saturación en base a al menos un bit más significativo de los símbolos en el dominio de la frecuencia
- 35 13. El procedimiento de la realización 1, que comprende además:  
 generar un indicador de saturación que indica si se detecta saturación, siendo usado el indicador de saturación para ajustar la ganancia.
- 40 14. El procedimiento de la realización 13, en el que el indicador de saturación comprende un único bit fijado a un primer valor para indicar no saturación o a un segundo valor para indicar saturación.
15. El procedimiento de la realización 13, en el que el indicador de saturación indica no saturación o uno de múltiples niveles de saturación, y en el que se ajusta la ganancia en diferentes cantidades para

diferentes niveles de saturación.

16. El procedimiento de la realización 1, en el que los símbolos en el dominio de la frecuencia son para un símbolo de Multiplexación por División Ortogonal de la Frecuencia (OFDM) o un símbolo de portadora única de Acceso Múltiple por División de la Frecuencia.
- 5 17. Un aparato para llevar a cabo control automático de ganancia (AGC) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
- medios para transformar muestras en el dominio del tiempo con una transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia;
- medios para detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT; y
- 10 medios para ajustar una ganancia aplicada antes de la FFT en base a si se detecta saturación.
18. El aparato de la realización 17, que comprende además:
- medios para escalar muestras digitales de un convertidor analógico a digital (ADC) con la ganancia para obtener las muestras en el dominio del tiempo.
19. El aparato de la realización 17, en el que los medios para ajustar la ganancia comprenden
- 15 medios para ajustar la ganancia con AGC digital (DAGC) implementada antes de la FFT, y
- medios para variar el ajuste de la ganancia por el DAGC cuando se detecta saturación.
20. El aparato de la realización 17, en el que los medios para ajustar la ganancia comprenden
- medios para medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo,
- medios para reducir un punto de trabajo si se detecta saturación, determinando el punto de trabajo una potencia media de las muestras en el dominio del tiempo, y
- 20 medios para determinar la ganancia en base al punto de trabajo y la potencia medida.
21. El aparato e la realización 20, en el que los medios para determinar la ganancia comprenden
- medios para medir un error entre la potencia medida y el punto de trabajo,
- medios para filtrar el error para obtener la ganancia, y
- 25 medios para incrementar el ancho de banda del filtrado si se detecta saturación.
22. El aparato de la realización 17, en el que los medios para ajustar la ganancia comprenden
- medios para medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo,
- medios para determinar una ganancia inicial en base a un punto de trabajo y la potencia medida,
- 30 medios para determinar una desviación de ganancia en base a si se detecta saturación, y medios para determinar la ganancia en base a la ganancia inicial y la desviación de ganancia.
23. El aparato de la realización 17, en el que los medios para detectar saturación comprenden medios para declarar saturación si un número particular de símbolos en el dominio de la frecuencia tiene una potencia que excede un umbral.
24. Un aparato para llevar a cabo control automático de ganancia (AGC) para comunicaciones inalámbricas, que comprende:
- 35 al menos un procesador configurado para transformar muestras en el dominio del tiempo con una transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia, para detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT, y para ajustar una ganancia aplicada antes de la FFT en base a si se detecta saturación.
- 40 25. El aparato de la realización 24, en el que el al menos un procesador se configura para escalar muestras digitales de un convertidor de analógico a digital (ADC) con la ganancia para obtener las muestras en el dominio del tiempo.
26. El aparato de la realización 24, en el que el al menos un procesador se configura para ajustar la ganancia con AGC digital (DAGC) implementado antes de la FFT, y para variar el ajuste de la

ganancia por el DAGC cuando se detecta saturación.

- 5
27. El aparato de la realización 24, en el que el al menos un procesador se configura para medir potencia de las muestras en el dominio del tiempo, para reducir un punto de trabajo si se detecta saturación, determinando el punto de trabajo una potencia media de las muestras en el dominio del tiempo, y para determinar la ganancia en base al punto de trabajo y la potencia medida.
28. El aparato de la realización 27, en el que el al menos un procesador se configura para determinar un error entre la potencia medida y el punto de trabajo, para filtrar el error para obtener la ganancia, y para incrementar el ancho de banda del filtrado si se detecta saturación.
- 10
29. El aparato de la realización 24, en el que el al menos un procesador se configura para medir la potencia de las muestras en el dominio del tiempo, para determinar una ganancia inicial en base a un punto de trabajo y la potencia medida, para determinar una desviación de ganancia en base a si se detecta saturación, y determinar la ganancia en base a la ganancia inicial y la desviación de ganancia.
- 15
30. El aparato de la realización 24, en el que el al menos un procesador se configura para declarar saturación si un número particular de símbolos en el dominio de la frecuencia tiene una potencia que excede un umbral.
31. Un producto de programa de ordenador, que comprende:
- un medio legible por ordenador que comprende:
- código para hacer que al menos un ordenador transforme las muestras en el dominio del tiempo con una transformada rápida de Fourier (FFT)
- 20
- para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia,
- código para hacer que el al menos un ordenador detecte saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT, y
- código para hacer que el al menos un ordenador ajuste una ganancia aplicada antes de la FFT en base a si se detecta saturación.
- 25

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento (600) de llevar a cabo control automático de ganancia (AGC) para comunicación inalámbrica, que comprende:
  - 5           transformar (612) muestras en el dominio del tiempo con una transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia;
  - detectar (614) saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT; y
  - ajustar (616) una ganancia aplicada antes de la FFT en base a si se detecta saturación.
2. El procedimiento (600) de la reivindicación 1, que comprende además:
  - 10          escalar (618) muestras digitales de un convertidor analógico a digital (ADC) con la ganancia para obtener muestras en el dominio del tiempo.
3. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que ajustar la ganancia comprende
  - ajustar la ganancia con AGC digital (DAGC) implementado antes de la FFT, y
  - variar el ajuste de la ganancia por el DAGC cuando se detecta saturación.
- 15   4. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que ajustar la ganancia comprende:
  - medir potencia de las muestras en el dominio del tiempo,
  - reducir un punto de trabajo si se detecta saturación, determinando el punto de trabajo una potencia media de las muestras en el dominio del tiempo,y
  - determinar la ganancia en base al punto de trabajo y la potencia medida.
- 20   5. El procedimiento de la reivindicación 4 en el que ajustar la ganancia comprende
  - determinar un error entre la potencia medida y el punto de trabajo,
  - filtrar el error para obtener la ganancia, y
  - incrementar el ancho de banda del filtrado si se detecta saturación.
- 25   6. El procedimiento de la reivindicación 1 en el que ajustar la ganancia comprende
  - medir potencia de las muestras en el dominio del tiempo,
  - determinar una ganancia inicial en base a un punto de trabajo y la potencia medida,
  - determinar una desviación de ganancia en base a si se detecta saturación,
  - 30          determinar la ganancia en base a la ganancia inicial y la desviación de ganancia.
7. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que detectar saturación comprende declarar saturación si un número particular de símbolos en el dominio de la frecuencia tienen una potencia que excede un umbral.
8. Un aparato (700) para llevar a cabo control automático de la ganancia (AGC) para comunicación inalámbrica, que comprende:
  - 35          medios (712) para transformar muestras en el dominio del tiempo con una transformada rápida de Fourier (FFT) para obtener símbolos en el dominio de la frecuencia;
  - medios (714) para detectar saturación de los símbolos en el dominio de la frecuencia de la FFT; y
  - medios (716) para ajustar una ganancia aplicada antes de la FFT en base a si se detecta saturación.
9. El aparato (700) de la reivindicación 8, que comprende además:
  - 40          medios (718) para escalar muestras digitales de un convertidor analógico a digital (ADC) con la ganancia

para obtener muestras en el dominio del tiempo.

**10.** El aparato (700) de la reivindicación 8, en el que los medios para ajustar la ganancia comprenden medios para ajustar la ganancia con AGC digital (DAGC) implementada antes de la FFT, y medios para variar el ajuste de la ganancia por el DAGC cuando se detecta saturación.

5 **11.** El aparato de la reivindicación 8, en el que los medios para ajustar la ganancia comprenden medios para medir potencia de las muestras en el dominio del tiempo, medios para reducir un punto de trabajo si se detecta saturación, determinando el punto de trabajo una potencia media de las muestras en el dominio del tiempo, y medios para determinar la ganancia en base al punto de trabajo y la potencia medida.

10

**12.** El aparato de la reivindicación 11, en el que los medios para determinar la ganancia comprenden medios para determinar un error entre la potencia medida y el punto de trabajo, medios para filtrar el error para obtener la ganancia, y medios para incrementar el ancho de banda del filtrado si se detecta saturación.

15

a. El aparato de la reivindicación 8, en el que los medios para determinar la ganancia comprenden medios para medir potencia de las muestras en el dominio del tiempo, medios para determinar una ganancia inicial en base a un punto de trabajo y la potencia medida, medios para determinar una desviación de ganancia en base a si se detecta saturación, medios para determinar la ganancia en base a la ganancia inicial y la desviación de ganancia.

20

**13.** El aparato de la reivindicación 8, en el que los medios para detectar saturación comprenden medios para declarar saturación si un número particular de símbolos en el dominio de la frecuencia tienen una potencia que excede un umbral.

**14.** Un programa de ordenador que comprende instrucciones para implementar un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

25

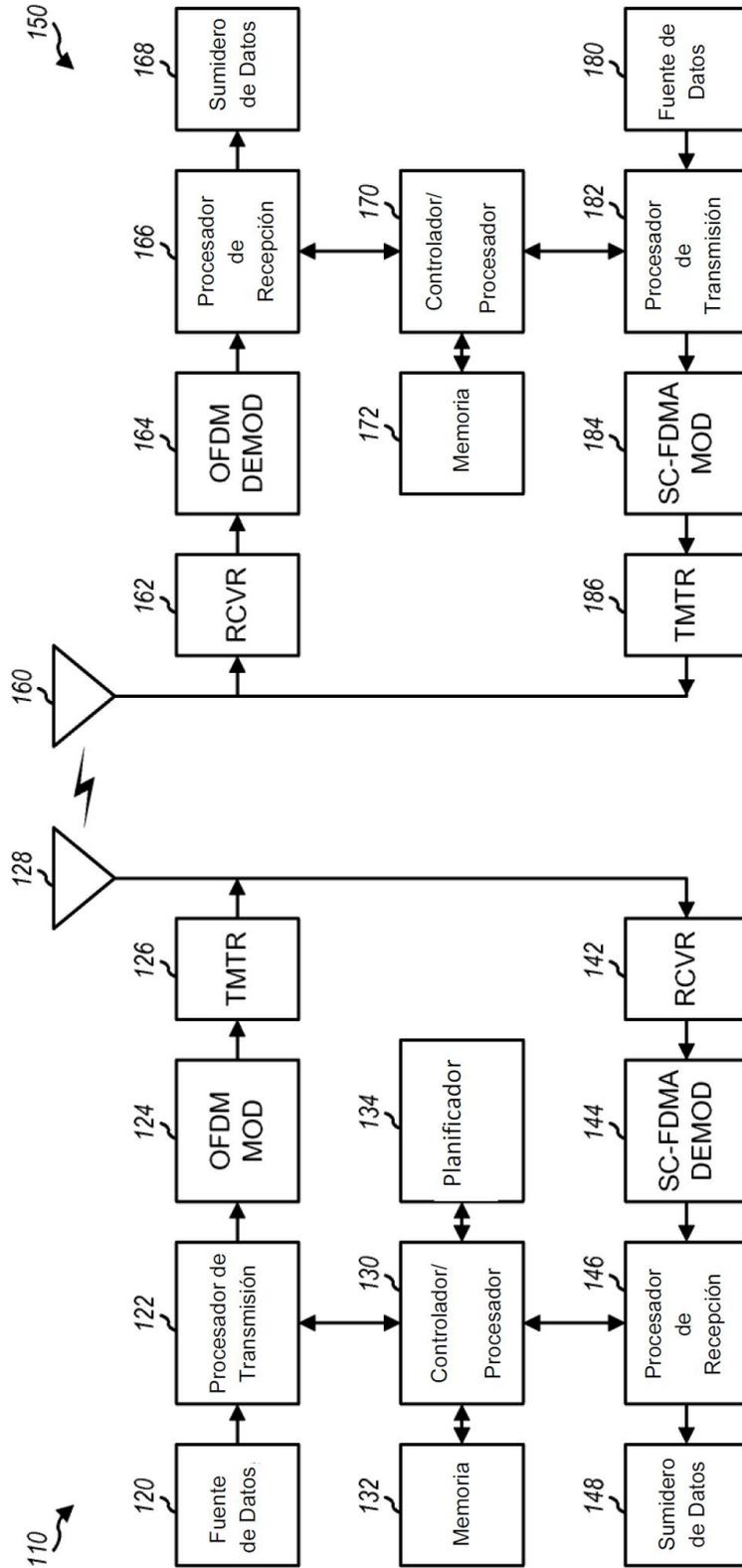


FIG. 1

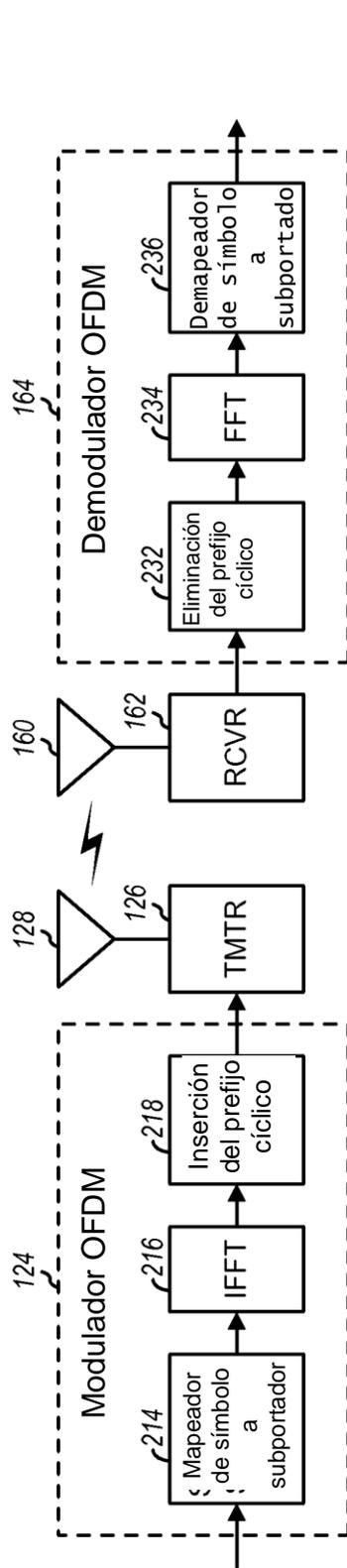


FIG. 2

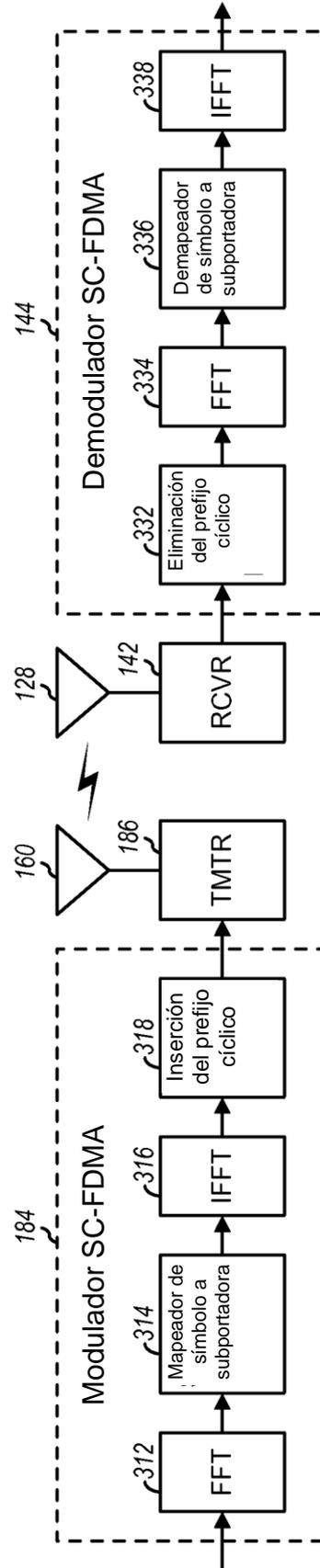


FIG. 3

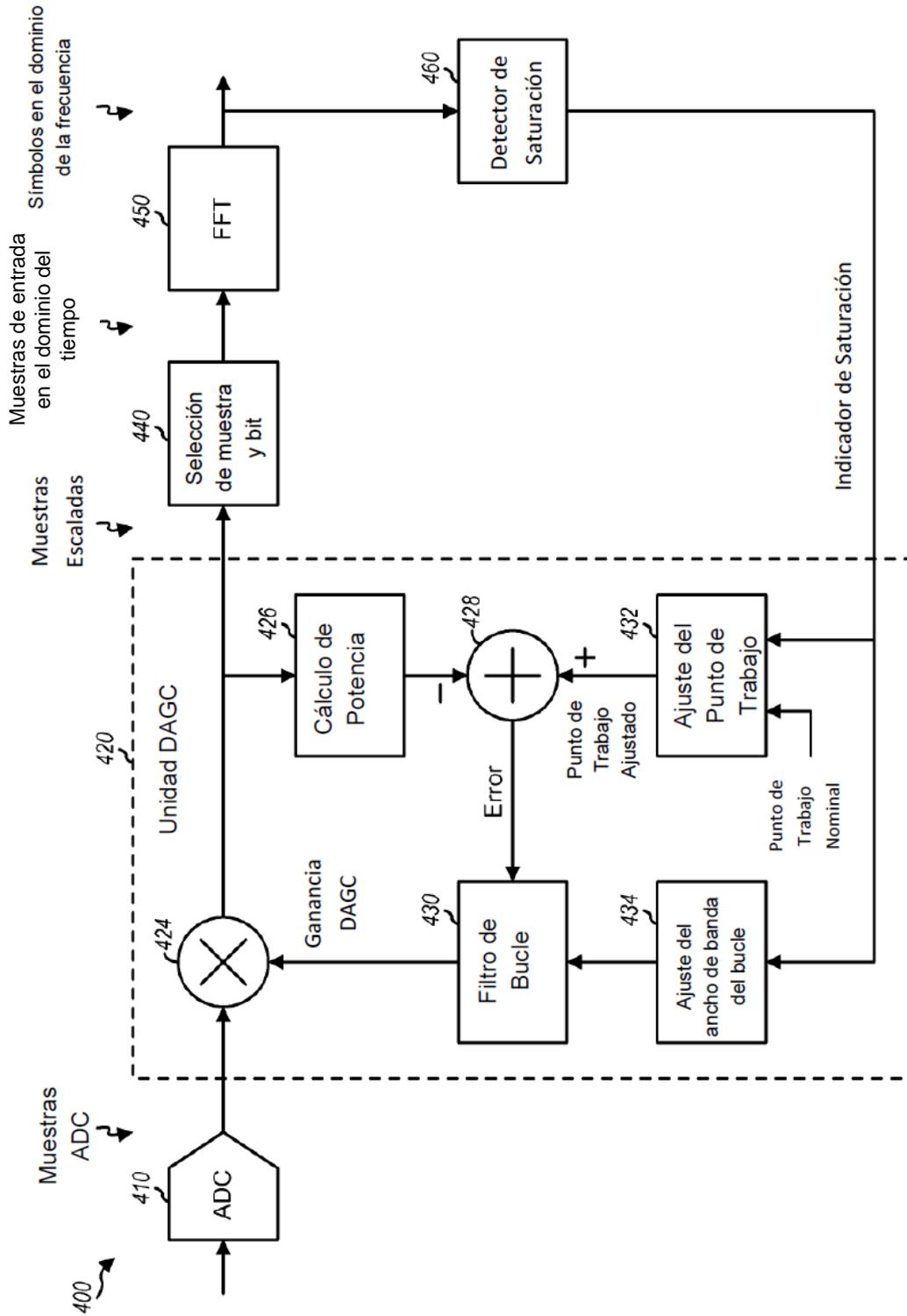


FIG. 4

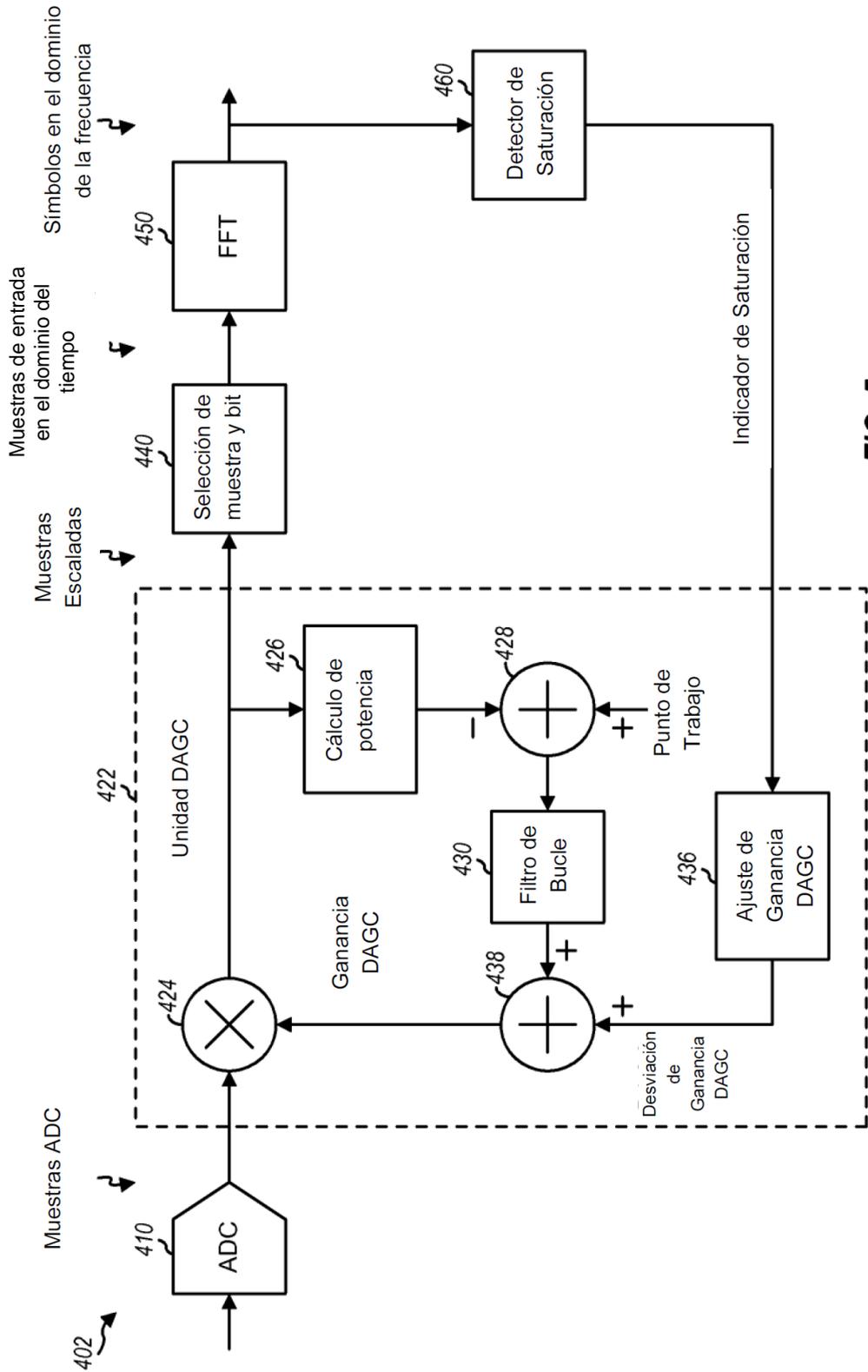
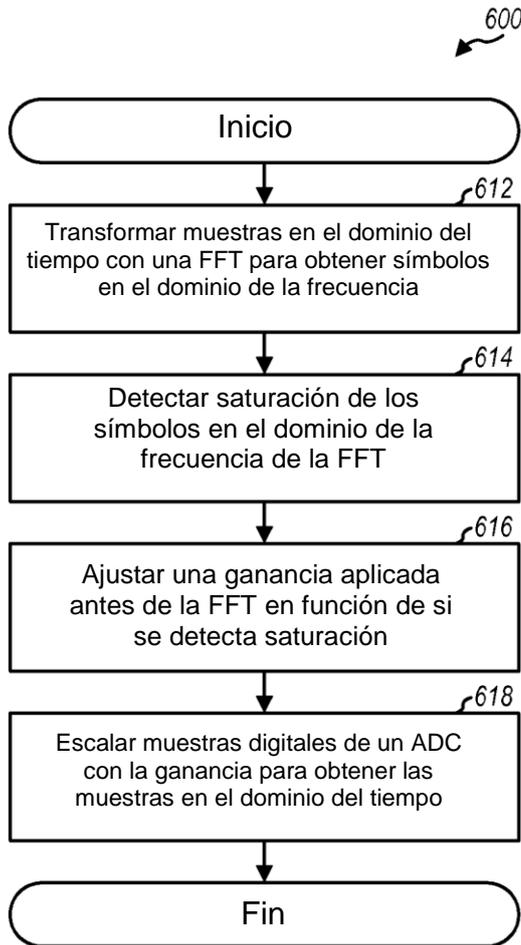
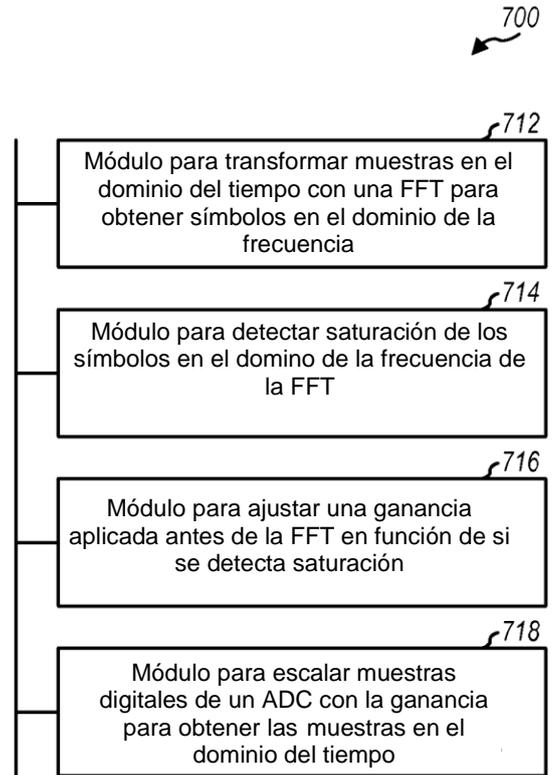


FIG. 5



**FIG. 6**



**FIG. 7**