



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 283 922**

(51) Int. Cl.:  
**H04B 7/005** (2006.01)  
**H04L 5/06** (2006.01)  
**H04L 27/26** (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **04024626 .6**  
(86) Fecha de presentación : **17.04.2001**  
(87) Número de publicación de la solicitud: **1499035**  
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **19.01.2005**

(54) Título: **Métodos para determinar las ganancias de diferentes portadoras, unidades de transmisión de radio-comunicaciones y módulos para dichas unidades.**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.11.2007**

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.11.2007**

(73) Titular/es: **Nokia Corporation**  
**Keilalahdentie 4**  
**02150 Espoo, FI**

(72) Inventor/es: **Dekker, André**

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

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

Métodos para determinar las ganancias de diferentes portadoras, unidades de transmisión de radiocomunicaciones y módulos para dichas unidades.

### Campo de la invención

La presente invención se refiere métodos para determinar las ganancias de radiofrecuencia independientes para diferentes portadoras en un transmisor multiportadora de una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones, comprendiendo el transmisor multiportadora medios para modular por lo menos dos portadoras diferentes con señales de modulación, medios para sumar las señales obtenidas a la salida de los medios de modulación, y un amplificador de potencia multiportadora para amplificar las señales sumadas con el fin de la transmisión. Por otra parte, la invención se refiere a unidades de transmisión de radiocomunicaciones, a módulos de dichas unidades de transmisión de radiocomunicaciones y a una red de radiocomunicaciones que comprende dicha unidad de transmisión de radiocomunicaciones.

### Antecedentes de la invención

En los sistemas de radiocomunicaciones, se conoce la utilización de transmisores de estaciones base celulares que dan salida a señales con diferentes frecuencias portadoras. En dichos transmisores, resulta muy importante poder controlar de forma precisa a unos niveles predeterminados las ganancias de radiofrecuencia y por consiguiente las potencias de salida para cada portadora.

En los transmisores convencionales de estaciones base, los cuales comprenden un transmisor independiente para cada portadora, es posible determinar la ganancia de radiofrecuencia para cada portadora de forma independiente con respecto a la ganancia de las otras portadoras.

A título ilustrativo, la figura 1 muestra un diagrama de bloques de dicho transmisor convencional de una estación base fundamentado en moduladores IQ (en fase y en cuadratura) de RF (radiofrecuencia). El transmisor de la estación base comprende N transmisores de una sola portadora, de entre los cuales se muestran el primero y el último. Los símbolos de los componentes o de los valores de los transmisores que presentan un índice 1 o N indican que los mismos se han asignado al transmisor de una sola portadora 1<sup>ro</sup> o N<sup>ésimo</sup>.

Cada uno de los N transmisores de una sola portadora incluye un modulador 1 de banda base conectado por su entrada a elementos (no representados) de una red de comunicaciones que suministra símbolos de datos y por sus salidas a dos conversores digitales-a-analógicos 3, 4. Los conversores digitales-a-analógicos 3, 4 están conectados a las entradas de un modulador RF 5. Una entrada adicional del modulador RF 5 está conectada a un oscilador local (LO) 6, mientras que la salida del modulador RF 5 está conectada a una entrada de un amplificador RF 7 de ganancia variable. La salida del amplificador RF 7 está conectada a un amplificador 8 de potencia de una sola portadora (SCPA) y la salida del SCPA 8 de cada transmisor de una sola portadora está conectada a través de una unidad 10 de suma común a una antena 11 de transmisión. La salida del SCPA 8 está conectada además a una entrada de una unidad 9 de detección y control de potencia que pertenece al transmisor respectivo de una sola portadora.

Igualmente, el modulador 1 de banda base está conectado a través de una unidad 2 de detección de potencia de banda base a una entrada de la unidad 9 de detección y control de potencia. La salida de la unidad 9 de detección y control de potencia forma una entrada de control de ganancia del amplificador RF 7. En la práctica, se pueden incluir más fases de conversión en sentido ascendente y amplificadores, y asimismo se pueden incluir filtros.

Los moduladores 1 de banda base de los N transmisores de una sola portadora reciben símbolos de la red que deben ser transmitidos a través de la antena 11 de transmisión sobre la interfaz aérea. El modulador 1 de banda base del transmisor respectivo genera una trayectoria de señal digitalizada en el plano complejo en formato IQ y reenvía las señales a los dos conversores digitales-a-analógicos (DAC) 3, 4. Cada una de las señales IQ digitales se convierte en una señal analógica I, Q por medio de uno de los dos conversores digitales-a-analógicos 3, 4 y a continuación se alimenta hacia el modulador RF 5. En el modulador RF 5, ambas señales I, Q se modulan sobre una de entre N portadoras determinadas por el oscilador local 6 asociado al transmisor respectivo de una sola portadora. A continuación, la señal de salida del modulador RF 5 se amplifica por medio del amplificador RF 7 según la ganancia fijada de acuerdo con una señal de control de ganancia  $GC_1$ ,  $GC_N$  aplicada al amplificador RF respectivo 7, y se alimenta hacia el SCPA 8. Las potencias obtenidas a las salidas de los N transmisores de una sola portadora se combinan en la salida del SCPA 8 por medio de la unidad 10 de suma con el fin de su transmisión por parte de la antena 11 de transmisión.

La potencia  $REF_1$ ,  $REF_N$  de la señal de salida de cada modulador 1 de banda base se calcula en la unidad asociada 2 de detección de potencia de banda base y se reenvía a la unidad respectiva 9 de detección y control de potencia. Igualmente, la salida de cada uno de los SCPA 8 se alimenta adicionalmente hacia la unidad respectiva 9 de detección y control de potencia, en la que se mide la potencia de la portadora de salida y la misma se compara con la potencia de salida proporcionada por la unidad 2 de detección de potencia de banda base del transmisor correspondiente de una sola portadora. El cociente de estas potencias constituye la ganancia del camino RF respectivo,  $G_1$ ,  $G_N$ . Si la ganancia media  $G_1$ ,  $G_N$  en el camino RF de uno de los N transmisores de una sola portadora se desvía con respecto al valor deseado, la unidad responsable 9 de detección y control de potencia cambia la señal de control de ganancia  $GC_1$

$GC_N$  aplicada al amplificador RF respectivo 7 correspondiente a este camino para conducir la ganancia  $G_1$ ,  $G_N$  en la dirección de la ganancia deseada.

Igualmente, en otra forma de realización de un transmisor convencional de una estación base representado en la figura 2 es posible un control de potencia independiente de las portadoras diferentes. El transmisor de la estación base se corresponde con el de la figura 1, excepto en este caso cada modulador 1 de banda base está conectado al amplificador RF 7 respectivo a través de un conversor digital 12 de sentido ascendente y un único conversor digital-a-analógico 14. Además, una entrada del conversor digital 12 de sentido ascendente está conectada a un oscilador controlado numéricamente (NCO) 13. A los componentes de los transmisores de una sola portadora correspondientes a los componentes de los transmisores de una sola portadora de la figura 1 se le asignaron los mismos símbolos de referencia.

Por contraposición al ejemplo de la figura 1, en este caso la conversión de las señales IQ digitales obtenidas a la salida de uno de los moduladores 1 de banda base en una señal RF modulada se lleva a cabo en el dominio digital por medio del conversor digital respectivo 12 de sentido ascendente, cuya frecuencia es determinada por el NCO 13 asociado al conversor digital 12 de sentido ascendente. A continuación, la salida del conversor digital 12 de sentido ascendente se convierte en una señal analógica por medio del conversor-a-analógico 14 único. Actualmente, los conversores digitales-a-analógicos 14 no son capaces de generar señales de alta calidad a frecuencias de GHz. Por esta razón, en la práctica la arquitectura de la figura 2 tiene por lo menos una fase analógica adicional de conversión en sentido ascendente. No obstante, en el diagrama no se muestra la misma en aras de una mayor simplicidad.

Como la potencia de salida de los moduladores 1 de banda base y la salida de los SCPA 8 se corresponden con las salidas de los moduladores 1 de banda base y los SCPA 8 de la figura 1 y se alimentan hacia las unidades 9 de detección y control de potencia tal como en el ejemplo de la figura 1, la ganancia RF para cada portadora se puede determinar de forma independiente tal como se ha descrito en referencia a la figura 1. Nuevamente, las unidades 9 de detección y control de potencia proporcionan señales de control de ganancia  $GC_1$ ,  $GC_N$  según las ganancias determinadas  $G_1$ ,  $G_N$  y dichas señales se suministran al amplificador RF 7 respectivo para ajustar la ganancia correspondiente a cada portadora a un valor predeterminado.

Se requiere que la estación base controle de forma precisa, a un valor predeterminado, la potencia de salida usada para cada portadora. En la potencia de salida máxima, las normativas GSM (Sistema Global para comunicaciones Móviles) y WCDMA (Acceso Múltiple por División de Código de Banda Ancha) exigen una precisión mejor que  $\pm 2\text{dB}$  por portadora. Para alcanzar esta precisión de forma fiable, en la práctica la precisión de medición de la potencia debería ser incluso mejor que  $\pm 1\text{dB}$ .

Si se utiliza un amplificador de potencia de una sola portadora por cada portadora, esta precisión se puede alcanzar, por ejemplo, con una de las arquitecturas descritas haciendo referencia a las figuras 1 y 2, ya que se proporciona un acceso a las potencias de salida independientes de cada portadora. No obstante, la combinación de las portadoras únicamente en las salidas de los amplificadores de potencia de una sola portadora presenta varios inconvenientes. Se pierde potencia de salida y el cambio del número de portadoras en una estación base requiere mucho esfuerzo. Por esta razón, las estaciones base futuras combinarán las portadoras ya antes del amplificador de potencia o incluso en un momento anterior. A continuación, las portadoras se amplifican en potencia por medio de un único amplificador de potencia multiportadora. No obstante, esta opción genera problemas para el control de potencia, debido a que ya no se puede acceder a la potencia individual de las portadoras amplificadas en potencia sino únicamente a la señal multiportadora obtenida a la salida del amplificador único de potencia multiportadora. Por esta razón, resulta más complicada una estimación precisa de las ganancias RF de las portadoras individuales.

En uno de los planteamientos conocidos, simplemente se considera que la ganancia RF es igual para todas las portadoras. Por consiguiente, se mide la potencia de salida total y la misma se divide por la suma de las potencias de salida de los moduladores de banda base. Este cociente constituye la ganancia total. Si la ganancia medida se desvía con respecto al valor deseado, las señales de control de ganancia para cada amplificador RF se cambian equitativamente para ajustar la ganancia al valor correcto. El inconveniente de este método es que no existe ninguna manera de garantizar que las ganancias RF correspondientes a las diferentes portadoras son realmente todas ellas iguales y que seguirán siendo iguales para todos los valores de la señal de control de ganancia común, bajo todas las condiciones del entorno y durante todo el tiempo de vida de la estación base. La relación mutua de las ganancias se puede verificar únicamente durante el ensamblaje de la estación base y, después de su puesta en marcha, por medio de una visita al lugar para comprobarla.

En uno de los planteamientos alternativos, se propuso el uso de un canalizador para separar entre sí las portadoras individuales en la salida del amplificador único de potencia multiportadora. A continuación, se pueden medir las potencias de las portadoras separadas y las mismas se pueden comparar con las potencias de las señales de banda base. Mediante la división del par respectivo de valores para una portadora, se halla la ganancia correspondiente a las portadoras individuales. Si una de las ganancias se desvía con respecto a la ganancia predeterminada correspondiente a esta portadora, la ganancia se puede ajustar individualmente por medio de una señal de control de ganancia correspondiente. La desventaja de este método es que es necesario un canalizador. La selectividad requerida es tal que su implementación se debe realizar en una frecuencia intermedia o en banda base. Por esta razón, son necesarias una o dos fases de conversión en sentido descendente, lo cual hace que aumente la complejidad y añade incertidumbre a la medición. Por otra parte, en la práctica, la circuitería de medición de potencia requiere algún circuito de calibración

automático para mantener esta precisión. Por esta razón, el control de potencia resulta bastante caro y consume mucho espacio. Por otra parte, en el caso de que se usen transmisores de saltos de frecuencia, como, por ejemplo, en el GSM, también los canalizadores deben estar adecuados a los saltos de frecuencia, lo cual hace que la construcción resulte todavía más compleja.

El documento WO 01/05111 AI presenta un transmisor multiportadora, en el que cada una de entre un número de señales de datos de frecuencia de banda base N son reenviados a un modulador correspondiente. Las señales de banda base moduladas son a continuación reenviadas a módulos de control de potencia digital. Una Unidad de Control de Radio establece individualmente la ganancia de cada módulo de control de potencia digital, de manera que la potencia de salida total es igual al margen de escala total de un DAC. Las señales generadas por los módulos de control de potencia digital son enviados a multiplicadores, en los que las señales son convertidas en sentido ascendente a una frecuencia de portadora correspondiente. Las señales convertidas en sentido ascendente son a continuación sumadas mediante un sumador. La señal compuesta resultante se convierte de digital a analógica mediante el DAC. La señal analógica es reenviada a un módulo de control de potencia analógico que está controlado por una tabla de control de potencia analógico almacenada en la Unidad de Control de Radio. La Unidad de Control de Radio conoce el nivel de potencia requerido de cada portadora en la salida del transmisor. Basándose en estos valores y el margen de escala total preprogramado del DAC, la Unidad de Control de Radio calcula el nivel de potencia de portadora en la entrada del DAC y además la cantidad de ganancia requerida del módulo de control de potencia analógico y la ganancia de los módulos de control de potencia digital. Esto no permite, sin embargo, determinar las ganancias de radiofrecuencia independientes que se dan comúnmente para diferentes portadoras.

### Sumario de la invención

Un objetivo de la invención consiste en proporcionar un método, una unidad de transmisión de radiocomunicaciones, un módulo para una unidad de transmisión de radiocomunicaciones y una red de radiocomunicaciones que comprenda dicha unidad de transmisión de radiocomunicaciones, los cuales permitan una determinación sencilla de las ganancias de radiofrecuencia independientes para diferentes portadoras en un transmisor multiportadora de una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones.

Este objetivo se consigue en una primera alternativa de la presente invención, por un lado, con un método para determinar las ganancias de radiofrecuencia independientes para diferentes portadoras en un transmisor multiportadora de una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones, comprendiendo el transmisor multiportadora medios para modular por lo menos dos portadoras diferentes con señales de modulación, medios para sumar las portadoras moduladas obtenidas a la salida de los medios de modulación y un amplificador de potencia multiportadora para amplificar las portadoras sumadas con el fin de su transmisión, en el que

- la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora se determina para por lo menos tantos conjuntos diferentes de potencias de señales moduladas sobre las diferentes portadoras como portadoras; y en el que
- la ganancia de radiofrecuencia entre la entrada de las señales a los medios de modulación y la salida del amplificador de potencia multiportadora se determina para cada portadora evaluando los conjuntos de potencias de las señales usadas para la modulación y las potencias correspondientes de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora matemáticamente.

Para una variante de este método de la primera alternativa de la presente invención, el transmisor multiportadora comprende para cada portadora un conversor digital-a-analógico para convertir los portadoras moduladas digitales en portadoras moduladas analógicas antes de introducirlas en los medios para sumar las portadoras moduladas. Dicho conversor puede asimismo estar comprendido en la multiportadora para el primer método presentado. Pero en la variante, la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora se determina para por lo menos tantos diferentes conjuntos de potencias de señales introducidas en los conversores digital-a-analógico como portadoras haya. La ganancia de radiofrecuencia entre la entrada del conversor digital-a-analógico y la salida del amplificador de potencia multiportadora es entonces determinado por cada portadora evaluando los conjuntos de potencias de las señales introducidas en los conversores digital-a-analógico y las potencias correspondientes de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora matemáticamente.

Por otro lado, el objetivo se consigue en la primera alternativa de la presente invención con una unidad de transmisión de radiocomunicaciones para una red de radiocomunicaciones con un transmisor multiportadora que comprende medios para modular por lo menos dos portadoras diferentes con señales de modulación, medios para sumar las portadoras moduladas obtenidas a la salida de los medios de modulación, y un amplificador de potencia multiportadora para amplificar las portadoras sumadas con el fin de su transmisión, y con medios de detección y control de potencia que reciben como entrada por lo menos tantos conjuntos de potencias de señales usadas para modular las portadoras como portadoras proporcionadas por los medios de modulación, y para cada conjunto la potencia correspondiente de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora, siendo adecuados los medios de detección y control de potencia para determinar de entre las potencias recibidas la ganancia de radiofrecuencia en el transmisor multiportadora para cada portadora matemáticamente.

En una variante de la unidad de transmisión de radiocomunicaciones que corresponde a la variante del método, el transmisor multiportadora de la unidad de transmisión de radiocomunicaciones comprende además conversores digital-a-analógico para convertir cada una de las portadoras moduladas, que son portadoras moduladas digitales, en portadoras moduladas analógicas, los medios para sumar las portadoras moduladas analógicas obtenidas a la salida de los conversores digital-a-analógico. Dichos conversores digital-a-analógico pueden asimismo estar comprendidos en la primera unidad de transmisión de radiocomunicaciones propuesta. En contraste con la primera unidad de transmisión de radiocomunicaciones propuesta, en la variante, los medios de control y de detección de potencia reciben como entrada por lo menos tantos conjuntos de potencias de las señales introducidas en la entrada de los conversores digital-a-analógico como portadoras haya, y para cada conjunto la potencia correspondiente de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora. Como en la primera unidad de transmisión de radiocomunicaciones presentada, los medios de control y de detección de potencia son adecuados para determinar fuera de las potencias recibidas la ganancia de radiofrecuencia en el transmisor multiportadora para cada portadora matemáticamente.

Por otra parte el objetivo de la invención se consigue en la primera alternativa con un módulo para una unidad de transmisión de radiocomunicaciones en un sistema de radiocomunicaciones que comprende la unidad de detección y control de potencia de una unidad de transmisión de radiocomunicaciones según una de las variantes presentadas.

Los métodos, las unidades de transmisión de radiocomunicaciones y los módulos de la primera alternativa de la invención se basan en la idea de que la potencia total de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora se puede describir matemáticamente con las potencias de señales predeterminadas en las unidades de una sola portadora como variable aunque coeficientes conocidos y la ganancia RF total para cada portadora como valores desconocidos. Las señales predeterminadas pueden ser bien señales introducidas en los medios de modulación de las diferentes portadoras, o bien señales introducidas en los conversores digitales-a-analógicos incluidos en las unidades de una sola portadora. Las potencias de las señales en las unidades de una sola portadora se pueden determinar fácilmente y cada variación de estas potencias conduce a una variación correspondiente de la potencia de salida total. Una pluralidad de conjuntos de potencias diferentes de las señales introducidas en los medios de modulación con los conversores digitales-a-analógicos respectivamente y la potencia de salida total correspondiente proporcionan una pluralidad de ecuaciones que se pueden resolver matemáticamente en el caso de que se suministren por lo menos tantos conjuntos como portadoras haya presentes. De este modo, los métodos, las unidades de transmisión de radiocomunicaciones y los módulos propuestos según el primer aspecto de la invención permiten determinar las ganancias de las portadoras individuales sin usar un canalizador, aunque sin embargo de forma precisa. La evitación de canalizadores significa que la implementación puede ser más sencilla y se producen menos problemas en los saltos de frecuencia.

El objetivo de la invención se consigue asimismo en una segunda alternativa de la invención mediante un método para determinar las ganancias de radiofrecuencia independientes para diferentes portadoras en un transmisor multiportadora de una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones, comprendiendo el transmisor multiportadora unos medios para modular por lo menos dos portadoras diferentes con señales de modulación, unos medios para sumar las portadoras moduladas obtenidas a la salida de los medios para modulación, y un amplificador de potencia multiportadora para amplificar las portadoras sumadas para transmisión, en el que la potencia de las portadoras moduladas introducida en los medios de suma se determina por separado para cada portadora, y en el que la distribución de las potencias de las portadoras moduladas introducidas en los medios de suma es evaluada con el fin de determinar la contribución de las diferentes portadoras a la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora para determinar las ganancias de radiofrecuencia para las diferentes portadoras.

En una segunda alternativa de la invención, el objetivo de la invención se consigue asimismo mediante una unidad de transmisión de radiocomunicaciones correspondiente para una red de radiocomunicaciones con un transmisor multiportadora que comprende unos medios para modular por lo menos dos portadoras diferentes con las señales de modulación, unos medios para sumar las portadoras moduladas obtenidas a la salida de los medios de modulación, y un amplificador de potencia multiportadora para amplificar las portadoras sumadas para transmisión, y con unos medios de control y cálculo de ganancia que reciben como valores de entrada la potencia total de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora, las potencias de las portadoras moduladas alimentadas por los medios de modulación a los medios de suma, y las potencias de las señales utilizadas para modular las portadoras, siendo los medios de control y cálculo de ganancia adecuados para evaluar la distribución de las potencias de las portadoras moduladas introducidas en los medios de suma para determinar la contribución de las diferentes portadoras a la potencia total de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora, para determinar las ganancias de radiofrecuencia para las diferentes portadoras.

En una variante de la unidad de transmisión de radiocomunicaciones para la segunda alternativa de la invención, el transmisor multiportadora de la unidad de transmisión de radiocomunicaciones comprende además unos conversores digital-a-analógico para convertir cada una de las portadoras moduladas, que son portadoras moduladas digitales, en portadoras moduladas analógicas, los medios para sumar las portadoras moduladas analógicas obtenidas a la salida de los conversores digital-a-analógico. Dichos conversores digital-a-analógico pueden estar asimismo comprendidos en la primera unidad de transmisión de radiocomunicaciones presentada y en la unidad de transmisión de radiocomunicaciones utilizadas para el método presentado de la segunda alternativa de la invención. Los medios de control y cálculo de ganancia reciben en la variante como valores de entrada la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida

del amplificador de potencia multiportadora, para cada portadora por separado la potencia de las portadoras moduladas alimentada por los conversores digital-a-analógico a los medios de suma, y las potencias de las señales introducidas en los conversores digital-a-analógico. Los medios de control y cálculo de ganancia resultan entonces adecuados para evaluar la distribución de las potencias de las señales introducidas en los medios de suma a lo largo de las diferentes portadoras para determinar la contribución de las diferentes portadoras a la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora para determinar las ganancias de radiofrecuencia para las diferentes portadoras.

De manera correspondiente a estas variantes de la unidad de transmisión de radiocomunicaciones, la ganancia puede ser determinada en el método presentado anteriormente sobre la base de la potencia de las señales utilizada para modular la portadora respectiva o sobre la base de las señales introducidas en el conversor digital-a-analógico respectivo.

Finalmente, el objetivo de la invención se consigue para la segunda alternativa de la presente invención con un módulo correspondiente para dichas unidades de transmisión de radiocomunicaciones que comprende tales medios de control y cálculo de ganancia y/o medios para detectar para cada portadora por separado las potencias de las portadoras moduladas alimentadas a los medios de suma.

El método, las unidades de transmisión de radiocomunicaciones y los módulos según la segunda alternativa de la presente invención están basados en el hecho de que los amplificadores de potencia multiportadora tienden a presentar intencionadamente una ganancia muy precisa.

Las potencias de entrada a un amplificador de potencia multiportadora son bastante reducidas, típicamente inferiores a 10 dBm rms (media cuadrática). En caso de que un transmisor no transmita al nivel de potencia máximo, la potencia puede ser incluso considerablemente más reducida, por ejemplo 0 a -10 dBm. Los detectores RF que funcionan a este tipo de niveles de entrada bajos no son especialmente precisos y estables térmicamente. Resulta por lo tanto difícil realizar una medición de la potencia de portadora precisa en la entrada de un amplificador de potencia multiportadora. En principio, debería resultar posible generar señales de entrada superiores para el amplificador de potencia multiportadora, pero en caso de por ejemplo WCDMA, esto exige linealidad extrema del amplificador excitador. Esto significa que no es aconsejable utilizar simplemente las potencias de entrada medidas para el amplificador de potencia multiportadora, multiplicadas con la ganancia respectiva en el amplificador de potencia multiportadora para cada portadora, para calcular la potencia de salida total para cada portadora.

Según la segunda alternativa propuesta de la presente invención, en contraste, las potencias de una sola portadora son determinadas antes de la suma de las portadoras moduladas a una señal multiportadora, pero utilizadas únicamente de manera relativa entre sí. Incluso si no resulta posible determinar las potencias de las portadoras moduladas introducidas en el amplificador de potencia multiportadora de manera precisa, resulta posible realizar un seguimiento mutuo de las potencias de manera precisa. Esto hace posible comparar las resistencias relativas de las potencias de la portadora individual en la salida de la parte de baja potencia del transmisor multiportadora. Las intensidades relativas determinadas pueden ser utilizadas para distribuir la potencia total o la ganancia total determinada para las portadoras sumadas a las portadoras individuales. Las ganancias para las diferentes portadoras en el amplificador de potencia multiportadora pueden considerarse para esta distribución. Por lo tanto, puede obtenerse un valor de ganancia individual preciso para cada portadora.

La segunda alternativa propuesta de la presente invención presenta diversas ventajas en comparación con la primera alternativa propuesta. No resulta necesario resolver un sistema de ecuaciones y la información de ganancia puede obtenerse directamente tras una única medición, de manera que no resulta necesaria la espera de una serie de mediciones. Posiblemente, resulta necesaria una precisión incluso inferior en la medición de la señal multiportadora. Finalmente, la segunda alternativa de la presente invención es asimismo adecuada para las potencias de portadora fijadas. La ventaja de la primera alternativa propuesta, en contraste, consiste en que resultan necesarios menos detectores de potencia RF. Además, en una segunda alternativa, la respuesta de frecuencia del MCPA, aparte de una constante, debe conocerse de manera fiable *a priori*.

Las dos alternativas según la invención utilizan evaluaciones matemáticas de potencias determinadas para permitir una determinación sencilla y precisa de la ganancia RF individual de diferentes portadoras en una unidad de transmisión de radiocomunicaciones multiportadora.

Debe apreciarse que en la variante respectiva de ambas alternativas, en la que la ganancia se determina basándose en la potencia de las señales introducidas en los conversores digital-a-analógico, la expresión "introducidas en los conversores digital-a-analógico" no hace necesariamente referencia a una entrada directa a estos conversores. Además, la entrada a cualquier componente de las diferentes unidades de una sola portadora puede constituir esta entrada a los conversores digital-a-analógico siendo las portadoras alimentadas a dicha entrada mientras están ya moduladas pero aún en el dominio digital.

Las unidades de transmisión de radiocomunicaciones de la invención pueden ser en particular estaciones base, aunque también otras unidades de transmisión cualesquiera que utilicen señales multiportadora para la transmisión.

El objetivo de la invención se consigue asimismo con una red de radiocomunicaciones que comprende una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de cualquiera de las alternativas de la invención.

5 A partir de las reivindicaciones subordinadas se ponen de manifiesto las formas de realización preferidas de la invención.

En la mayoría de las unidades de transmisión de radiocomunicaciones, la potencia de las señales proporcionadas para la modulación RF se puede variar en intervalos de tiempo con el fin de adaptar la potencia transmitida a las necesidades del móvil. Más específicamente, en los sistemas TDMA, la potencia de cada portadora se puede variar  
10 en intervalos de tiempo. Por contraposición, en los sistemas CDMA, la potencia de los códigos de usuario se puede variar en intervalos de tiempo específicos del usuario, no estando sincronizados mutuamente los intervalos de tiempo de usuarios diferente y prestando servicio cada portadora a una pluralidad de usuarios. Por consiguiente, en la potencia portadora de una señal CDMA, ya no se pueden reconocer los intervalos de tiempo. La posibilidad de variar la potencia de transmisión reduce la interferencia dentro de la red y con otras redes.

15 Para la primera alternativa de la invención utilizada en un sistema TDMA, se propone que la potencia de las señales introducidas en los medios de modulación o en los conversores digitales-a-analógicos se corresponde con la potencia de señales de un intervalo de tiempo de portadora, en particular el valor medio de la potencia de un intervalo de tiempo de portadora. Esto significa que los intervalos de tiempo de medición utilizados se sincronizan de forma ventajosa con los intervalos de tiempo de la portadora. No obstante, también en los sistemas TDMA, un intervalo de tiempo correspondiente a la medición no debe coincidir necesariamente con un intervalo de tiempo correspondiente al control de potencia. El único requisito para los intervalos de tiempo de medición es que los mismos deben ser suficientemente largos como para permitir una medición de la potencia suficientemente precisa y una atenuación de los efectos de las posibles pequeñas desalineaciones entre los intervalos para la potencia de señales introducidas en  
25 los medios de modulación y los intervalos para la potencia de la señal de salida RF del amplificador de potencia multiportadora.

Como en un sistema CDMA la potencia parece variar de una forma aleatoria, no existe la necesidad de sincronización en dicho sistema, incluso aunque las mediciones se lleven a cabo también preferentemente en intervalos de tiempo.  
30

Los valores de potencia de varios intervalos de tiempo de medición se pueden almacenar en la primera alternativa con ambos sistemas en registros y se pueden usar como entrada para un algoritmo matemático.

35 Por un lado, las variaciones en la potencia utilizada durante el tráfico regular se pueden usar en la primera alternativa propuesta para formar continuamente conjuntos de potencias y para determinar la ganancia de radiofrecuencia basada en dichos conjuntos continuamente. Por otro lado, la potencia de las señales se puede variar intencionadamente, en particular durante periodos de tiempo de tráfico reducido. En este último caso, las ganancias RF deberían ser tan estables que no cambien significativamente durante un espacio de tiempo de varias horas. Durante las horas tranquilas, las potencias de las portadoras se pueden manipular, por ejemplo, de las siguientes formas: en un sistema CDMA es posible aumentar temporalmente la potencia de una portadora mediante la adición de canales de tráfico de relleno. En un sistema TDMA, es posible disponer el tráfico de tal manera que todas las portadoras tendrán sucesivamente intervalos de tiempo vacíos. De esa forma, se crea una variación entre la potencia cero (o mínima) y la potencia de funcionamiento típica. En el sistema GSM, la portadora BCCH presenta un problema, ya que todos sus intervalos de tiempo deberían estar con la misma potencia. No obstante, si los transmisores disponen de capacidad de saltos de frecuencia, es posible redireccionar la portadora BCCH a otro camino RF. De esta manera, también es posible disponer una potencia de transmisión cero o mínima en el transmisor que transmite normalmente el BCCH.  
45

Para poder determinar las ganancias de N portadoras diferentes, en principio, son suficientes N ecuaciones lineales con las N ganancias como N incógnitas en la primera alternativa de la invención. No obstante, en la práctica, especialmente si las potencias de las portadoras se varían de forma aleatoria según las necesidades de la red de radiocomunicaciones, no existe ninguna garantía de que el sistema de ecuaciones esté acondicionado adecuadamente. Además la potencia de salida medida puede contener algunos errores, aunque esto puede que no genere grandes errores en las ganancias RF calculadas. Por esta razón, en una forma de realización preferida de la primera alternativa de la invención, se determina un número superior a N conjuntos y se utiliza un método de máxima probabilidad para hallar las ganancias que proporcionan el mejor ajuste a las ecuaciones.  
50 55

En la segunda alternativa de la invención, la medición de las potencias de las portadoras únicas antes de su suma se realiza mejor mediante uno o más componentes activos especializados. Si cada portadora es procesada por su(s) propios componente(s) activo(s), los componentes para las diferentes portadoras deberían ser ajustados. Con este fin, los componentes correspondientes pueden por ejemplo proceder de una misma zona de la misma matriz de manera que presenten propiedades eléctricas iguales, y deberían estar en contacto térmico próximo, con el fin de asegurar una precisión correcta en relación a las potencias determinadas. Dicho por lo menos un componente activo especializado puede ser en particular un circuito integrado RF único. Además, otros componentes activos, como los diodos, pueden utilizarse asimismo para realizar un detector. En otra forma de realización preferida, están previstos unos medios para detectar la potencia de todas las portadoras en un circuito integrado de radiofrecuencia único.  
60 65

En la segunda alternativa de la invención, la ganancia para las diferentes portadoras puede determinarse distribuyendo primero la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora a las diferentes portadoras según la relación mutua de las potencias de las diferentes portadoras introducidas en el amplificador de potencia multiportadora. Las ganancias individuales pueden resultar entonces determinadas por la división de la parte determinada de la potencia de salida asignada a una portadora por la potencia de la señal respectiva introducida en los medios para modular esta portadora o introducida en el conversor digital-a-analógico de esta unidad de portadora, respectivamente. Debería considerarse que la ganancia en el MCPA puede ser diferente para las diferentes portadoras.

En ambas alternativas de la invención, el algoritmo usado para determinar las ganancias RF de las diferentes portadoras se puede precisar adicionalmente de varias formas. Por ejemplo, la señal de salida de un detector de potencia RF utilizado para detectar la potencia obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora puede ser alguna función no lineal, que constituye la característica del detector, de la potencia de salida real del amplificador de potencia multiportadora. Esta característica del detector se puede linealizar con respecto a algún punto de funcionamiento con vistas a conseguir que el conjunto de ecuaciones sea nuevamente lineal. Incluso aunque la linealización puede tener lugar en el propio detector, la misma se lleva a cabo preferentemente en algoritmos numéricos.

En una forma de realización preferida o ambas alternativas de la invención en la que las ganancias de radiofrecuencia de las diferentes portadoras se determinan basándose en señales utilizadas para modular las portadoras, se suministran señales de banda base proporcionadas por un modulador de banda base a los medios de modulación de las portadoras como tales señales utilizadas para la modulación. En este caso, las potencias de banda base se pueden calcular numéricamente dentro del modulador de banda base o por medio de un procesador independiente que actúe sobre la salida de banda base digital del modulador de banda base.

Cuando se determina en cualquiera de las dos alternativas de la invención la ganancia de radiofrecuencia de las diferentes portadoras sobre la base de la potencia de las señales introducidas en los conversores digital-a-analógico, la potencia respectiva no debe necesariamente ser medida en la entrada del conversor digital-a-analógico respectivo. En las arquitecturas de modulador NCO, como la descrita haciendo referencia a la figura 2, es posible medir las potencias de las señales introducidas en los conversores digital-a-analógico en los conversores de sentido ascendente digitales que preceden a los conversores digital-a-analógico, o en la salida de dichos conversores de sentido ascendente digitales. La potencia de una señal introducida en un conversor digital-a-analógico puede asimismo calcularse como la potencia de una señal de modulación compleja que multiplica un factor de multiplicación en la salida de dicho conversor de sentido ascendente digital.

La medición de la potencia de salida del amplificador de potencia multiportadora se puede llevar a cabo en ambas alternativas de la invención por medio de un circuito integrado RF, aunque esta opción puede que no dé como resultado mediciones muy precisas. En su lugar, en primer lugar la señal de radiofrecuencia obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora preferentemente se convierte en sentido descendente. A continuación, la señal convertida en sentido descendente se convierte al dominio digital, en el cual se determina la potencia. La mayoría de amplificadores MCPA ya disponen de un bloque de conversión en sentido descendente y ADC en su interior con el fin de monitorizar y controlar la eficacia de la linealización. Este bloque se puede usar de forma ventajosa como base para añadir una detección rms digital al MCPA que se puede utilizar para detectar la potencia de la señal obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora.

En otra forma de realización preferida o ambas alternativas de la invención, la estimación de ganancia RF se implementa en software. Adicionalmente, el control de ganancia y, en la primera alternativa, el almacenamiento de valores medidos se pueden implementar en software.

En ambas alternativas de la invención, las ganancias RF determinadas se comparan preferentemente con valores de ganancia predeterminados para cada portadora, de manera que la ganancia correspondiente a cada portadora se puede ajustar de forma correspondiente.

Las unidades de transmisión de radiocomunicaciones o ambas alternativas se puede utilizar con varias arquitecturas de estaciones base. Por ejemplo, los medios de modulación se pueden realizar con caminos independientes de modulación RF IQ o NCO para cada portadora tal como se ha descrito haciendo referencia a la figura 1 y 2 respectivamente desde la salida del modulador de banda base a la salida del amplificador RF, siendo proporcionadas las señales utilizadas para modular las portadoras por un modulador de banda base tal como se ha descrito haciendo referencia a la figura 1 y 2. En ambas alternativas se pueden disponer componentes adicionales entre los medios de modulación, suma y los medios de detección y control de potencia o los medios de estimación y control de ganancia.

Es posible combinar uno de los métodos propuestos con el método mencionado en los antecedentes de la invención, en el cual la ganancia se ajusta siempre equitativamente para todas las portadoras. Durante el funcionamiento normal, el control de potencia funciona según dicha forma convencional descrita anteriormente. Tal como ya se ha mencionado, este control de potencia presenta la desventaja de que se basa en la igualdad de las ganancias RF individuales lo cual no puede ser garantizado. Por esta razón, en ciertos momentos, preferentemente durante las horas de tráfico reducido, las ganancias de las portadoras se determinan con uno de los métodos de la invención con un error muy pequeño. Estas ganancias se usan para comprobar si las ganancias RF correspondientes a las portadoras individuales siguen siendo iguales. Si no es así, se pueden realizar algunos ajustes automáticos e individuales en las ganancias de las portadoras.



Los métodos, las unidades de transmisión de radiocomunicaciones y los módulos según la invención se pueden utilizar en particular, aunque no de forma exclusiva, con el GSM y el WCDMA.

## Breve descripción de las figuras

A continuación, se explica con mayor detalle la invención haciendo referencia a los dibujos, en los cuales

la Fig. 1 muestra un diagrama de bloques de un transmisor convencional de una estación base basado en la modulación IQ RF;

la Fig. 2 muestra un diagrama de bloques de un transmisor convencional de una estación base basado en la modulación NCO;

la Fig. 3 muestra un diagrama de bloques de un transmisor multiportadora de una estación base basado en la modulación IQ RF, utilizado para primera alternativa de la invención;

la Fig. 4 muestra un diagrama de bloques de un transmisor multiportadora de una estación base basado en la modulación NCO, utilizado para la primera alternativa de la invención;

la Fig. 5 ilustra el primer método según la invención, utilizado en el transmisor de una estación base de la figura 4 ó 5;

la Fig. 6 muestra un diagrama de bloques de una parte de un transmisor multiportadora alternativo de una estación base, basado en la modulación NCO, utilizado para la primera alternativa de la invención;

la Fig. 7 muestra un diagrama de bloques de un transmisor de estación base multiportadora basado en la modulación NCO según la segunda alternativa de la invención; y

la Fig. 8 muestra esquemáticamente una unidad de suma y detección en detalle del transmisor de estación base de la figura 7.

## Descripción detallada de la invención

Las figuras 1 y 2 ya se han descrito haciendo referencia a los antecedentes de la invención.

Las figuras 3 y 4 muestran cada una de ellas un diagrama de bloques de una forma de realización diferente de transmisores multiportadora de estaciones base en los cuales se puede utilizar ventajosamente la primera alternativa de la invención.

La figura 3 es un transmisor multiportadora de estación base basado en la modulación IQ RF tal como el transmisor convencional de estación base representado en las figuras 1. El mismo comprende igualmente, para cada una de las N portadoras, un modulador 1 de banda base conectado a través de dos conversores digitales-a-analógicos 3, 4 y un modulador RF 5 a un amplificador 7 de radiocomunicaciones de ganancia variable. Por otra parte cada modulador 1 de banda base está conectado a una unidad 2 de detección de potencia de banda base y cada modulador RF 5 a un oscilador local (LO) 6. No obstante, en contraposición a la figura 1, la salida de cada amplificador RF 7 no está conectada a un SCPA especializado sino que a través de una unidad 10 de suma a un único amplificador de potencia multiportadora (MCPA) 15. La salida del MCPA 15 está conectada a una antena 11 de transmisión y a una unidad 16 de detección y de control de potencia común. La unidad 16 de detección y control de potencia está conectada por unas entradas adicionales a las salidas de las unidades 2 de detección de potencia de banda base y por las salidas a las entradas de control de ganancia de los amplificadores RF 7.

La figura 4 es un transmisor de estación base multiportadora basado en la modulación NCO tal como el transmisor convencional de estación base mostrado en las figuras 2. El mismo comprende igualmente, para cada una de las N portadoras, un modulador 1 de banda base conectado a través de un conversor digital 12 de sentido ascendente y un conversor digital-a-analógico 14 a un amplificador RF 7. Por otra parte, cada modulador 1 de banda base está conectado a una unidad 2 de detección de potencia de banda base y cada conversor digital 12 de sentido ascendente a un NCO 13. Por contraposición a la figura 2 y de la misma forma de que la figura 3, la salida de cada amplificador RF 7 está conectada a través de una unidad 10 de suma a un MCPA 15 común. La salida del MCPA 15 está conectada a la antena 11 de transmisión y a una unidad 16 de detección y control de potencia común. Unas entradas y salidas adicionales de la unidad 16 de detección y control de potencia están conectadas a las unidades 2 de detección de potencia de banda base y los amplificadores RF 7 tal como en el transmisor de estación base de la figura 3 respectivamente.

En los transmisores multiportadora de estación base de las figuras 3 y 4, los símbolos alimentados hacia los moduladores 1 de banda base se procesan tal como se ha descrito haciendo referencia a las figuras 1 y 2 respectivamente, hasta que abandonan los amplificadores RF 7. En ambos ejemplos, a continuación las señales de salida de los amplificadores RF 7 se suman en la unidad 10 de suma y se alimentan en forma de una señal multiportadora al MCPA 15, que amplifica la señal recibida.

La unidad 16 de detección y control de potencia dispuesta en la salida del MCPA 15 recibe como entrada la salida de potencia total del MCPA 15 y las potencias de salida de los moduladores digitales 1 de banda base a través de la unidad 2 de detección de potencia de banda base. Con este fin, la señal RF sumada se reenvía, por un lado, después de la amplificación de potencia hacia la antena 11 de transmisión con vistas a su transmisión y, por otro lado, se convierte en sentido descendente y se convierte al dominio digital en el interior del MCPA 15, para permitir una detección rms digital de la potencia de salida. Alternativamente, podría disponerse de un detector RF o un camino de conversión de sentido descendente y una digitalización fuera del MCPA. Cada unidad 2 de detección de potencia de banda base forma un procesador que actúa sobre la salida de banda base digital del modulador 1 de banda base con el cual está conectada y calcula las potencias de banda base numéricamente para poder proporcionar a la unidad 16 de detección y control de potencia el valor de potencia obtenido a la salida del modulador 1 de banda base respectivo. Según el primer método de la invención, la unidad 16 de detección y control de potencia puede fijar la señal de control de ganancia  $GC_1$  a  $GC_N$  para cada portadora individualmente basándose en esta información de potencia tal como se explica a continuación haciendo referencia a la figura 5.

La figura 5 ilustra el principio básico del procesado en la unidad 16 de detección y control de potencia según el primer método de la invención utilizado para un transmisor multiportadora de estación base tal como se representa en la figura 3 ó 4.

Un detector 20 de potencia rms está conectado por un lado a la salida del MCPA 15 del transmisor de estación base utilizado y por otro lado a través de un muestreador 21 a un primer registro 22. Igualmente, la salida de cada unidad 2 de detección de potencia de banda base del transmisor de la estación base está conectada a través de un muestreador especializado 23 a otro registro especializado 24 que proporciona espacio de almacenamiento para una pluralidad de valores. Cada registro 22, 24 tiene para cada valor almacenado una salida independiente a un dispositivo 25 que puede resolver ecuaciones matriciales. El dispositivo 25 tiene N salidas, cada una de ellas conectada a través de un elemento 26 de suma independiente a un controlador independiente 27. Cada elemento 26 de suma tiene una entrada adicional a la que se le proporciona un valor de ganancia predeterminado. La salida de cada controlador 26 está conectada a la entrada de control de ganancia de uno de los amplificadores RF 7. Aunque se ha presentado como un diagrama de bloques de hardware, la mayor parte de la implementación se realiza de forma ventajosa en software en la unidad 16 de detección y control de potencia.

Los símbolos que deben ser transmitidos por el transmisor de la estación base a través de la interfaz aérea se alimentan hacia los moduladores 1 de banda base. Las potencias de salida de los moduladores 1 de banda base se varían en varios intervalos de tiempo de medición, determinándose el valor de potencia rms respectivo  $REF_1$  a  $REF_N$  en la unidad 2 de detección de potencia de banda base y reenviándose al muestreador respectivo 23 de la unidad 16 de detección y control de potencia. Cada muestreador 23 promedia la potencia de banda base recibida durante un intervalo de tiempo de medición y reenvía un valor de potencia promediado por intervalo de tiempo de medición hacia el registro 24 de banda base conectado, hasta que se almacenan los valores correspondientes a N intervalos de tiempo de medición para la portadora respectiva. De este modo, para cada intervalo de tiempo de medición, se almacena un conjunto de valores de potencia de banda base  $REF_1$  a  $REF_N$  distribuidos sobre los N registros 24 de banda base.

Por otra parte, las señales obtenidas a la salida de los moduladores 1 de banda base son procesadas bien por conversores digitales-a-analógicos 3, 4 y un modulador RF 5, o bien por un conversor digital 12 de sentido ascendente y un conversor digital-a-analógico 14, dependiendo del transmisor de estación base utilizado, y, en ambos casos, por el amplificador RF 7, la unidad 10 de suma y el MCPA 15, tal como se ha descrito anteriormente.

El valor rms de la potencia de las señales obtenidas a la salida del MCPA 15 es detectado por el detector 20 de potencia y reenviado al muestreador asociado 21. El muestreador 21 promedia la potencia recibida durante un intervalo de tiempo de medición y almacena en el registro 22 un valor de potencia promediado de salida del MCPA 15 para cada intervalo de tiempo de medición para lo cual en los registros 24 de potencia de banda base se almacena un conjunto de valores de potencia de banda base promediados. Cuando en los registros 24, 22 se han almacenado por lo menos N conjuntos de valores de potencia de banda base y los correspondientes valores de potencia de salida del MCPA 15, el contenido de los registros 22, 24 se alimenta hacia el dispositivo 25, el cual puede resolver un sistema de N ecuaciones con N incógnitas. En el caso de que el transmisor de la estación base se utilice en un sistema TDMA, los intervalos de tiempo de medición se sincronizan de forma ventajosa con los intervalos de tiempo de la portadora.

Cada potencia  $P_0^{<m>}$  de una señal RF obtenida a la salida del MCPA 15 durante un intervalo de tiempo de medición m determinado es la suma de las potencias de referencia de banda base amplificadas durante dicho intervalo de tiempo, según expresa la ecuación siguiente:

$$P_0^{<m>} = REF_1^{<m>} \cdot G_1 + REF_2^{<m>} \cdot G_2 + \dots + REF_N^{<m>} \cdot G_N,$$

siendo  $REF_i^{<m>}$  la potencia de la portadora  $i^{ésima}$  ( $i=1..N$ ) de entre N portadoras promediada durante el intervalo de tiempo de medición m en la salida del modulador de banda base, y siendo  $G_i$  ( $i=1..N$ ) la ganancia de potencia RF a estimar para la portadora  $i^{ésima}$ . Una vez proporcionados N conjuntos de potencias de banda base y N potencias de salida MCPA correspondientes almacenadas en los registros, se obtiene un sistema de N ecuaciones con N incógnitas,

a partir del cual se puede calcular la ganancia RF  $G_i$  desconocida para cada portadora. El dispositivo 25 que pueda resolver ecuaciones matriciales se usa para resolver este sistema de ecuaciones, proporcionando como solución del sistema de ecuaciones una ganancia estimada  $G_i$  del camino de radiofrecuencia para cada portadora.

La ganancia estimada  $G_i$  se compara con una ganancia predeterminada para cada portadora por parte de un elemento 26 de suma especializado, en el cual la ganancia estimada  $G_i$  se resta de la ganancia predeterminada. Un controlador 27 conectado al elemento 26 de suma respectivo usa la diferencia resultante para controlar la ganancia correspondiente a la portadora respectiva ajustando de forma correspondiente la señal de control de ganancia  $GC_i$  ( $i = 1$  a  $N$ ) alimentada a la entrada de control de ganancia del amplificador RF 7 respectivo.

En una de las formas de realización preferidas, el procedimiento descrito se aplica regularmente, para fijar la ganancia correspondiente a cada portadora de forma precisa. Entre tanto, la ganancia total se determina simplemente dividiendo la potencia de salida total por la suma de las potencias de entrada. La ganancia total se compara con una ganancia total deseada y la diferencia se usa para cambiar equitativamente la ganancia de todos los amplificadores RF 7, tal como se describe como una posibilidad conocida a partir del estado de la técnica. La fijación de la ganancia según el primer método de la invención se lleva a cabo durante horas de tráfico reducido variando sistemáticamente las potencias de las portadoras. Si se añaden canales de código de relleno durante los cuales se varían las potencias de las portadoras de tal manera que la ecuación matricial queda bien acondicionada, las ganancias RF individuales se pueden resolver con un error pequeño, mientras que al mismo tiempo la transmisión de datos no se ve afectada.

En una de las variantes de la forma de realización de la figura 4, no es la potencia de las señales de banda base la que se alimenta a la unidad 16 de detección y control de potencia, sino más bien la potencia de las señales introducida en los conversores digitales-a-analógicos 14. La potencia de estas señales se puede determinar bien una vez dentro del conversor digital 12 de sentido ascendente o bien en su salida. La determinación de las ganancias RF de las diferentes portadoras se corresponde con la determinación descrita haciendo referencia a las figuras 4 y 5. No obstante, en este caso, la ganancia determinada no incluye la ganancia en el conversor digital 12 de sentido ascendente.

La figura 6 ilustra una variante adicional de dicho transmisor multiportadora de estación base que se puede utilizar como transmisor multiportadora de estación base GSM, mientras que las formas de realización anteriores se pueden utilizar en particular para el WCDMA. El transmisor multiportadora de estación base se corresponde con el transmisor de la figura 4, excepto por las modificaciones en la parte respectiva entre la unidad 2 de detección de potencia de banda base y el conversor digital-a-analógico 14 en cada unidad de una sola portadora. Por esta razón, se muestra solamente esta parte, y únicamente para la primera portadora.

En la unidad de una sola portadora representada, hay dispuestos dos multiplicadores 40, 41 entre el conversor digital 12 de sentido ascendente y el conversor digital-a-analógico 14, estando presentes también estos dos últimos en la figura 4. Por otra parte, la salida de la unidad 2 de detección de potencia de banda base está conectada a una entrada de un tercer multiplicador 42. Además, una fuente común de una señal de nivel de control de potencia está conectada a una entrada del segundo multiplicador 41 y una entrada del tercer multiplicador 42, lo que se indica en la figura 6 por medio de una flecha doble entre el segundo y el tercer multiplicador 41, 42.

Durante el funcionamiento, el primer multiplicador 40 multiplica la salida del conversor digital 12 de sentido ascendente por una señal 43 de perfil de rampa. El perfil de rampa se usa para separar entre sí los intervalos de tiempo de la señal portadora modulada. A continuación, la señal resultante se suministra a una entrada del segundo multiplicador 41. La señal de nivel de control de potencia, que es constante dentro de un intervalo de tiempo y que se corresponde con la potencia de salida del transmisor necesaria en cada intervalo de tiempo individual, se suministra como segunda señal de entrada al segundo multiplicador 41. Por consiguiente, el segundo multiplicador 41 multiplica la señal portadora en rampa y modulada, recibida del primer multiplicador 40, por el nivel de control de potencia recibido y reenvía el resultado al conversor digital-a-analógico 14. Por otro lado, el tercer multiplicador 42 recibe como primera señal de entrada la potencia de salida del modulador digital 1 de banda base a través de la unidad 2 de detección de potencia de banda base y como segunda señal de entrada también la señal de nivel de control de potencia. El tercer multiplicador 42 multiplica ambas señales recibidas y da salida como resultado a una potencia de referencia REF1.

Considerando que la ganancia del conversor digital de sentido ascendente por el valor de pico del perfil de rampa es la unidad, es decir, la ganancia del conversor digital de sentido ascendente se compensa con el valor de pico del perfil de rampa en la multiplicación, la potencia  $REF_1$  obtenida a la salida del tercer multiplicador 42 es igual a la potencia introducida en el conversor digital-a-analógico 14. A continuación, la potencia  $REF_1$  y las potencias correspondientes a las otras portadoras se alimentan a la unidad 16 de detección y control de potencia, en la que son usadas para determinar la ganancia RF para las diferentes portadoras tal como se ha descrito haciendo referencia a las figuras 3 a 5.

La figura 7 muestra un diagrama de bloques de una forma de realización de un transmisor de estación base multiportadora basado en la modulación NCO que puede utilizarse según la segunda alternativa de la presente invención.

El transmisor de estación base comprende como el presente en la figura 4 una parte de transmisor independiente para cada una de las portadoras  $N$ . Cada una de estas partes de transmisor independientes comprenden un modulador de banda base 1, un conversor de sentido ascendente digital 12, un conversor digital-a-analógico 14 y un amplificador RF

7. De nuevo, en la práctica, la arquitectura presentará más fases de conversión de sentido ascendente, amplificadores, filtros, etc. Las salidas de los amplificadores RF 7 están conectadas mediante una unidad de suma y de detección 17 y un MCPA 15 a una antena de transmisión 11. Las salidas adicionales de la unidad de detección y suma 17 están conectadas a las entradas de una unidad de control y cálculo de ganancia 18. Además, la salida del MCPA 15 está conectada a través de un detector de potencia rms 19 a una entrada de la unidad de control y cálculo de ganancia 18. Finalmente, una salida digital de cada modulador de base banda 1 está conectada a través de una unidad de detección de potencia de base banda 2 a una entrada de la unidad de control y cálculo de ganancia 18. Cada una de las salidas N de la unidad de control y cálculo de ganancia 18 está conectada a la entrada de control de ganancia de uno de los amplificadores RF 7 de la parte de transmisor independiente N.

La figura 8 muestra con mayor detalle la unidad de suma y detección 17 de la figura 7. La unidad de suma y detección 17 comprende un banco de detectores 30 en un circuito integrado único. Sin embargo, la utilización de un circuito integrado único para los detectores 30 es únicamente una implementación preferida. Como una alternativa, debiera resultar posible utilizar circuitos independientes para cada detector. La entrada de cada detector 30 está conectada a la salida de uno de los amplificadores RF 7. Las salidas de los detectores 30 están conectadas a las entradas de la unidad de control y cálculo de ganancia 18. Además, la unidad de suma y detección 17 comprende un elemento de suma 31 a través del cual la salida de cada amplificador RF 7 está conectada a la entrada del MCPA 15. El banco de detectores 30 de la unidad de suma y detección 17 podría estar dispuesto en cualquier lugar, pero con el fin de minimizar el cableado en el transmisor, los detectores están dispuestos en el lugar en el que las señales de una sola portadora se encuentran, a saber, próximos al elemento de suma 31 en la entrada del MCPA 15.

El procesamiento de los símbolos que deben transmitirse por el transmisor de estación base en los moduladores de base banda 1, los conversores de sentido ascendente digitales 12, los conversores digital-a-analógico 14 y los amplificadores RF 7 corresponde al procesamiento descrito haciendo referencia a la figura 4.

En contraste con la arquitectura en la figura 4, sin embargo, las potencias de las portadoras individuales son detectadas por separado en la unidad de suma y detección 17 antes de la suma de las portadoras moduladas por parte del elemento de suma 31. Los detectores N 30, cada uno de los cuales se utiliza para detectar la potencia  $P_1$  a  $P_N$  de una de las portadoras N, están bien ajustados entre sí con el fin de poder realizar un seguimiento de la potencia de cada portadora en relación a la potencia de las otras portadoras con exactitud. Las potencias detectadas  $P_1$  a  $P_N$  son alimentadas a la unidad de control y cálculo de ganancia 18 y la señal multiportadora sumada es enviada al MCPA 15 para una amplificación de potencia.

La señal multiportadora obtenida a la salida del MCPA 15 se reenvía por un lado a la antena de transmisión 11 para su transmisión.

Por otro lado, la potencia  $P_0$  de la señal multiportadora es determinada por el detector de potencia rms 19. La potencia detectada  $P_0$  es introducida a la unidad de control y cálculo de ganancia 18.

Además, las potencias  $REF_1$  a  $REF_N$  de las señales de base banda obtenidas a la salida de los moduladores de base banda 1 son determinadas en la unidad de detección de potencia de base banda 2 e introducidas en la unidad de control y cálculo de ganancia 18.

La unidad de control y cálculo de ganancia 18 comprende un algoritmo matemático para la estimación de las ganancias RF individuales de las diferentes portadoras de entre los diferentes valores de potencia  $P_0$ ,  $P_1$  a  $P_N$ ,  $REF_1$  a  $REF_N$  recibidos. Se realiza el promedio de todas las potencias a lo largo del mismo intervalo de tiempo de medición antes de su utilización por el algoritmo.

Debido a que las potencias  $P_1$  a  $P_N$  medidas determinadas por los detectores 30 presentan únicamente un error multiplicativo que es común para cada portadora, sus proporciones no presentan error. Haciendo referencia a las potencias detectadas de las señales de una sola portadora de manera arbitraria a la potencia  $P_1$  de la primera portadora, las potencias de salida normalizadas de la portadora son proporcionadas por

$$\frac{P_i}{P_1} = \frac{REF_i \cdot G_i}{REF_1 \cdot G_1},$$

En la que  $P_i(i=1...N)$  es la potencia de la portadora  $i^{\text{ésima}}$  determinada por el detector 30 respectivo,  $REF_i(i=1...N)$  la potencia de la señal obtenida a la salida del modulador de base banda  $i^{\text{ésimo}}$  1 para la modulación de la portadora  $i^{\text{ésima}}$ , y  $G_i(i=1...N)$  de la ganancia RF de la portadora  $i^{\text{ésima}}$  hasta la suma. A partir de la ecuación anterior, las ganancias normalizadas con la ganancia RF  $G_1$  de la primera portadora hasta la suma son:

$$\frac{G_i}{G_1} = \frac{REF_1 \cdot P_i}{REF_i \cdot P_1}$$

Además, la potencia de salida de la multiportadora en un intervalo de tiempo de medición determinado  $P_0$  es la suma de las potencias de base banda amplificadas y es proporcionada por la ecuación:

$$P_0 = REF_1 \cdot G_1 \cdot G_{01} + REF_2 \cdot G_2 \cdot G_{02} + \dots + REF_N \cdot G_N \cdot G_{0N}$$

La amplificación total de la portadora  $i$ ésima en esta ecuación es proporcionada por  $G_i \cdot G_{0i}$  ( $i=1 \dots N$ ), siendo  $G_{0i}$  la ganancia de potencia RF para la portadora  $i$ ésima en el elemento de suma 31 de la unidad de suma y detección 17 y en el MCPA 15. Se presupone que los valores de  $G_{0i}$  son conocidos previamente aparte de un factor común desconocido. La última ecuación puede redactarse de nuevo de la manera siguiente:

$$G_i \cdot G_{0i} = \frac{P_0}{REF_1 + REF_2 \cdot \frac{G_2}{G_1} \cdot \frac{G_{02}}{G_{01}} + \dots + REF_N \cdot \frac{G_N}{G_1} \cdot \frac{G_{0N}}{G_{01}}}$$

Como se muestra anteriormente, las proporciones  $G_i/G_1$  se derivan fácilmente de las potencias de una sola portadora RF  $P_i$  medidas y las potencias de banda base  $REF_i$ . Se supone el conocimiento *a priori* de las proporciones  $G_{0i}/G_{01}$  a partir de la respuesta de frecuencia del MCPA 15. Por lo tanto,  $G_1 \cdot G_{01}$ , que constituye la ganancia del 1<sup>er</sup> camino RF utilizado por la 1<sup>era</sup> portadora, puede resolverse fácilmente a partir de la ecuación anterior. La ganancia  $G_i \cdot G_{0i}$  del  $i$ ésimo camino RF puede calcularse a partir de la ganancia del 1<sup>er</sup> camino, ya que se conocen las proporciones de ganancia. Si las ganancias RF se desvían de los valores predeterminados para las ganancias, la unidad de control y cálculo de la ganancia 18 ajusta la entrada de señales de control de ganancia  $GC_i$  ( $i=1 \dots N$ ) a los amplificadores RF 7 con el fin de aproximar las ganancias estimadas a las ganancias deseadas.

El transmisor de estación base de la figura 7 está basado en la modulación NCO, que podría ser modificado para esta forma de realización de la segunda alternativa de la presente invención según la figura 6. El segundo método según la presente invención puede además ser igualmente utilizado por un transmisor de estación base basado en la modulación IQ RF como se representa en la figura 3.

Aun cuando las formas de realización de la invención descritas tienen su origen todas ellas en un transmisor convencional de estación base basado en la modulación IQ RF o en un transmisor convencional de estación base basado en la modulación NCO, las características de la invención se pueden combinar con cualquier arquitectura de estación base concebible. Además, cuando tengan su origen en un transmisor de estación base basado en la modulación IQ RF o en la modulación NCO, se pueden introducir varias modificaciones sin apartarse del alcance de la presente invención.

## REIVINDICACIONES

1. Método para determinar las ganancias de radiofrecuencia independientes para diferentes portadoras en un transmisor multiportadora de una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones, comprendiendo el método modular por lo menos dos portadoras diferentes con señales de modulación, sumar las portadoras moduladas, amplificar las portadoras sumadas mediante un amplificador de potencia multiportadora (15) para su transmisión, determinar la potencia ( $P_1$  a  $P_N$ ) de las portadoras moduladas antes la suma por separado para cada portadora, y evaluar la distribución de las potencias determinadas ( $P_1$  a  $P_N$ ) de las portadoras moduladas con el fin de determinar la contribución de las diferentes portadoras a la potencia total ( $P_0$ ) de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora (15) para determinar las ganancias de radiofrecuencia ( $G_1G_{01}$  a  $G_NG_{0N}$ ) para las diferentes portadoras.

2. Método según la reivindicación 1, en el que las ganancias de radiofrecuencia ( $G_1G_{01}$  a  $G_NG_{0N}$ ) para las diferentes portadoras se determinan mediante la división de la contribución de la portadora respectiva a la potencia total por la potencia de la señal utilizada para modular la portadora respectiva.

3. Método según la reivindicación 1, en el que el transmisor multiportadora comprende un conversor digital-a-analógico para convertir las portadoras moduladas en el dominio analógico antes de su suma, y en el que las ganancias de radiofrecuencia ( $G_1G_{01}$  a  $G_NG_{0N}$ ) para las diferentes portadoras se determinan mediante la división de la contribución de la portadora respectiva a la potencia total por la potencia de la señal introducida en el conversor digital-a-analógico (14) utilizada para la portadora respectiva.

4. Método según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la característica de un detector utilizado para determinar la potencia ( $P_0$ ) de salida del amplificador de potencia multiportadora (15) se linealiza con respecto a algún punto de funcionamiento.

5. Método según una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la potencia de salida ( $P_0$ ) del amplificador de potencia multiportadora (15) se determina convirtiendo en sentido descendente la señal de radiofrecuencia obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora (15) y convirtiéndola al dominio digital, en el que se determina la potencia.

6. Método según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que con el fin de la detección de la potencia ( $P_0$ ) de la señal obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora (15) se utilizan medios para la conversión en sentido descendente y un bloque de conversión analógica-a-digital integrado en el amplificador de potencia multiportadora (15) para monitorizar y controlar la eficacia de la linealización.

7. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además el control de las ganancias de radiofrecuencia de las diferentes portadoras comparando las ganancias de radiofrecuencia ( $G_1$  a  $G_N$ ) determinadas con valores de ganancia predeterminados para cada portadora, y ajustando de forma correspondiente las ganancias de radiofrecuencia para cada portadora.

8. Método según una de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además el control de las ganancias de radiofrecuencia de las diferentes portadoras, en el que ocasionalmente las ganancias ( $G_1$  a  $G_N$ ) de las diferentes portadoras se determinan según una de las reivindicaciones 1 a 6 y se utilizan para ajustes individuales de las ganancias de las diferentes portadoras, mientras que durante el resto del tiempo, se determina una ganancia total dividiendo la potencia de las portadoras sumadas obtenida a la salida del amplificador de potencia multiportadora (15) por la suma de las potencias de un único conjunto de potencias, en el que la ganancia de las portadoras se ajusta equitativamente para todas las portadoras según la ganancia total determinada.

9. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones para una red de radiocomunicaciones que presenta

- un transmisor multiportadora que comprende unos medios (7, 12-14) para modular por lo menos dos portadoras diferentes con señales de modulación, unos medios (17) para sumar las portadoras moduladas obtenidas a la salida de los medios (7, 12-14) de modulación, y un amplificador de potencia multiportadora (15) para amplificar las portadoras sumadas para su transmisión, y que presenta

- unos medios de control y cálculo (18) que reciben como valores de entrada la potencia ( $P_0$ ) de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora (15) y para cada portadora por separado la potencia ( $P_1$  a  $P_N$ ) de las portadoras moduladas alimentadas por los medios (7, 12-14) de modulación a los medios (17) de suma, siendo los medios de control y de cálculo de ganancia (18) adecuados para evaluar la distribución de las potencias de las señales introducidas en los medios (17) de suma a lo largo de las diferentes portadoras para determinar la contribución de las diferentes portadoras a la potencia ( $P_0$ ) de las portadoras sumadas obtenidas a la salida del amplificador de potencia multiportadora (15) para determinar las ganancias de radiofrecuencia ( $G_1G_{01}$  a  $G_NG_{0N}$ ) para las diferentes portadoras.

10. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según la reivindicación 9, en la que los medios de control y de cálculo de ganancia (18) reciben como valores de entrada adicionales las potencias ( $REF_1$  a  $REF_N$ ) de las señales utilizadas para modular las portadoras.

11. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según la reivindicación 10, en la que las señales introducidas en los medios de modulación son proporcionadas por un modulador de banda base independiente, para cada portadora que da salida a componentes en fase digitales y en cuadratura digitales correspondientes a símbolos de datos recibidos y que está conectado a los medios para la detección de potencia de banda base que proporcionan la potencia de las señales de salida a los medios de detección y control de potencia, en la que los medios de modulación comprenden para cada portadora dos conversores digitales-a-analógico para convertir componentes en fase y en cuadratura digitales recibidos del modulador de banda base, para la portadora respectiva, en componentes en fase y en cuadratura analógicos, un modulador de radiofrecuencia para modular una portadora recibida de un oscilador local con los componentes obtenidos a la salida de los conversores digitales-a-analógicos, y un amplificador de radiofrecuencia, cuya ganancia se puede controlar para por lo menos una portadora a través de los medios de control y estimación de ganancia, para amplificar la portadora modulada.

12. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según la reivindicación 10, en la que las señales introducidas en los medios de modulación son proporcionadas por un modulador de banda base independiente (1), para cada portadora, que da salida a componentes en fase digitales y en cuadratura digitales correspondientes a símbolos de datos recibidos y que está conectado a medios para la detección de potencia de banda base (2) que proporcionan la potencia ( $REF_1$  a  $REF_N$ ) de las señales de salida a los medios de control y estimación de ganancia (18), en la que los medios para modular portadoras comprenden para cada portadora por lo menos un conversor digital de sentido ascendente (12) conectado a un oscilador numérico (13) para convertir en sentido ascendente los componentes obtenidos a la salida del modulador de banda base (1) para la portadora respectiva a la frecuencia de la portadora respectiva proporcionada por el oscilador numérico (13), un conversor digital-a-analógico (14) para convertir la salida del conversor de sentido ascendente (12) en una señal analógica, y un amplificador de radiofrecuencia (7), cuya ganancia se puede controlar para por lo menos una portadora a través de los medios de control y de estimación de ganancia (18), con el fin de amplificar la señal obtenida a la salida del conversor digital-a-analógico (14).

13. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según la reivindicación 9, en la que los medios (12, 13) de modulación están dispuestos para modular dichas por lo menos dos portadoras diferentes con las señales de modulación en el dominio digital, en la que el transmisor multiportadora comprende además unos conversores digital-a-analógico (14) para convertir cada una de las portadoras moduladas digitales en portadoras moduladas analógicas, y en la que los medios (10) de suma están dispuestos para sumar las portadoras moduladas analógicas obtenidas a la salida de los conversores digital-a-analógico (14).

14. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según la reivindicación 13, en la que los medios de control y de cálculo de ganancia (18) reciben como valores de entrada adicionales las potencias de las señales introducidas en los conversores digital-a-analógico (14).

15. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según una de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende unos medios (17, 30) para detectar la potencia ( $P_1$  a  $P_N$ ) de las portadoras moduladas alimentadas a los medios (17, 31) de suma, estando dichos medios (17, 30) para detectar la potencia ( $P_1$  a  $P_N$ ) realizados como un circuito integrado de radiofrecuencia único.

16. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según una de las reivindicaciones 9 a 14, que comprende unos medios (17, 30) para detectar la potencia ( $P_1$  a  $P_N$ ) de las portadoras moduladas alimentadas a los medios (17, 31) de suma, comprendiendo dichos medios (17, 30) para detectar la potencia ( $P_1$  a  $P_N$ ) por lo menos un componente activo de radiofrecuencia especializado para cada portadora, siendo los componentes activos especializados correspondientes utilizados para diferentes portadoras componentes ajustados.

17. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según una de las reivindicaciones 9 a 16, en la que unos medios para la conversión en sentido descendente y un bloque de conversión analógica-a-digital están integrados en el amplificador de potencia multiportadora (15) para monitorizar y controlar la eficacia de la linealización, y en la que con el fin de detectar la potencia ( $P_0$ ) de las portadoras sumadas amplificada por el amplificador de potencia multiportadora (15) se utilizan dichos medios para la conversión en sentido descendente y dicho bloque de conversión analógica-a-digital.

18. Unidad de transmisión de radiocomunicaciones según una de las reivindicaciones 9 a 17, en la que se implementa en software la estimación de la ganancia de radiofrecuencia.

19. Módulo para una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones que comprende unos medios de control y de cálculo de ganancia (18) según una de las reivindicaciones 9 a 18.

20. Módulo para una unidad de transmisión de radiocomunicaciones de un sistema de radiocomunicaciones que comprende unos medios (17, 30) para detectar para cada portadora por separado la potencia de las portadoras moduladas alimentadas a los medios (17, 31) de suma según una de las reivindicaciones 9 a 18.

21. Red de radiocomunicaciones que comprende una unidad de transmisión de radiocomunicaciones según una de las reivindicaciones 9 a 18.

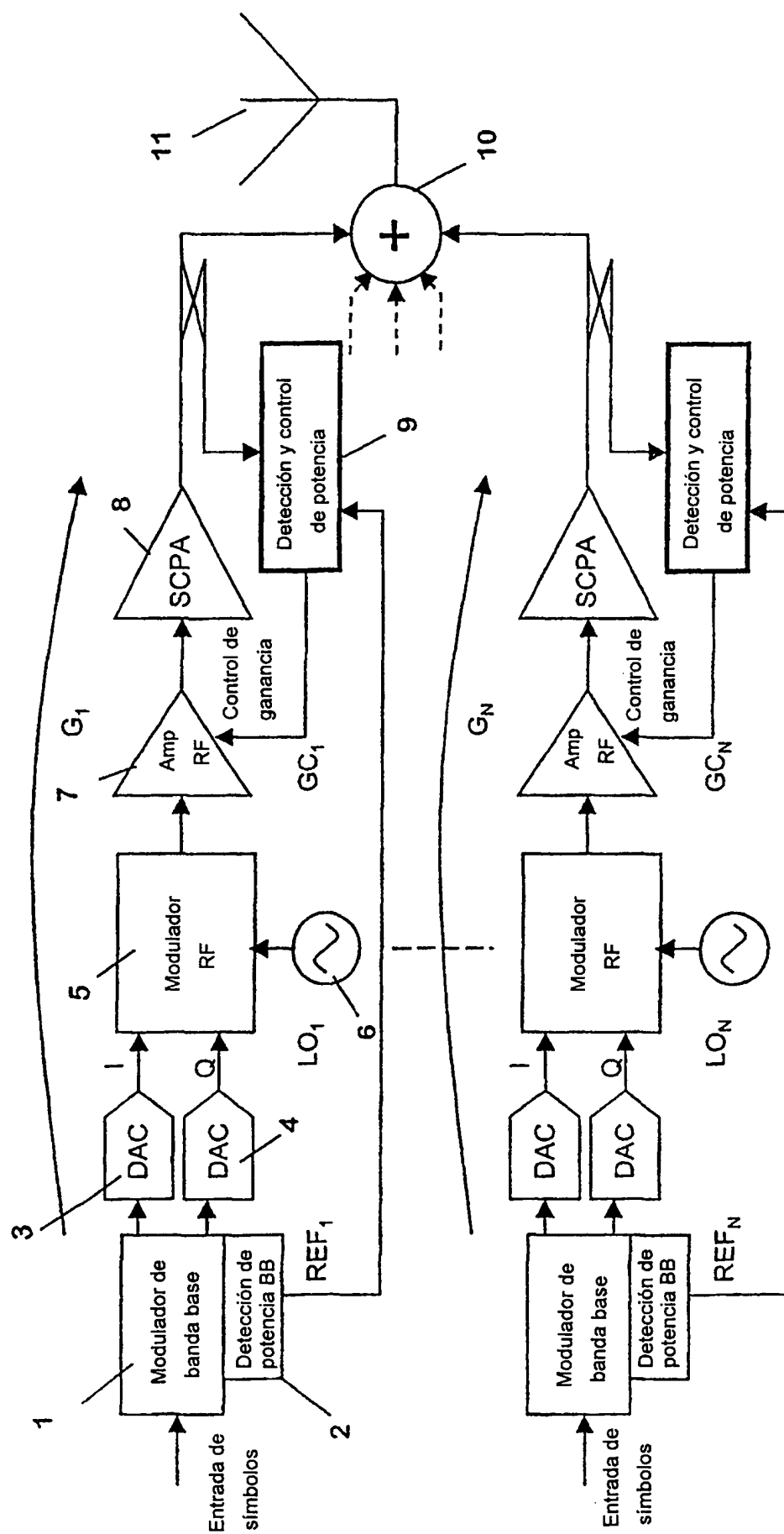


FIG. 1



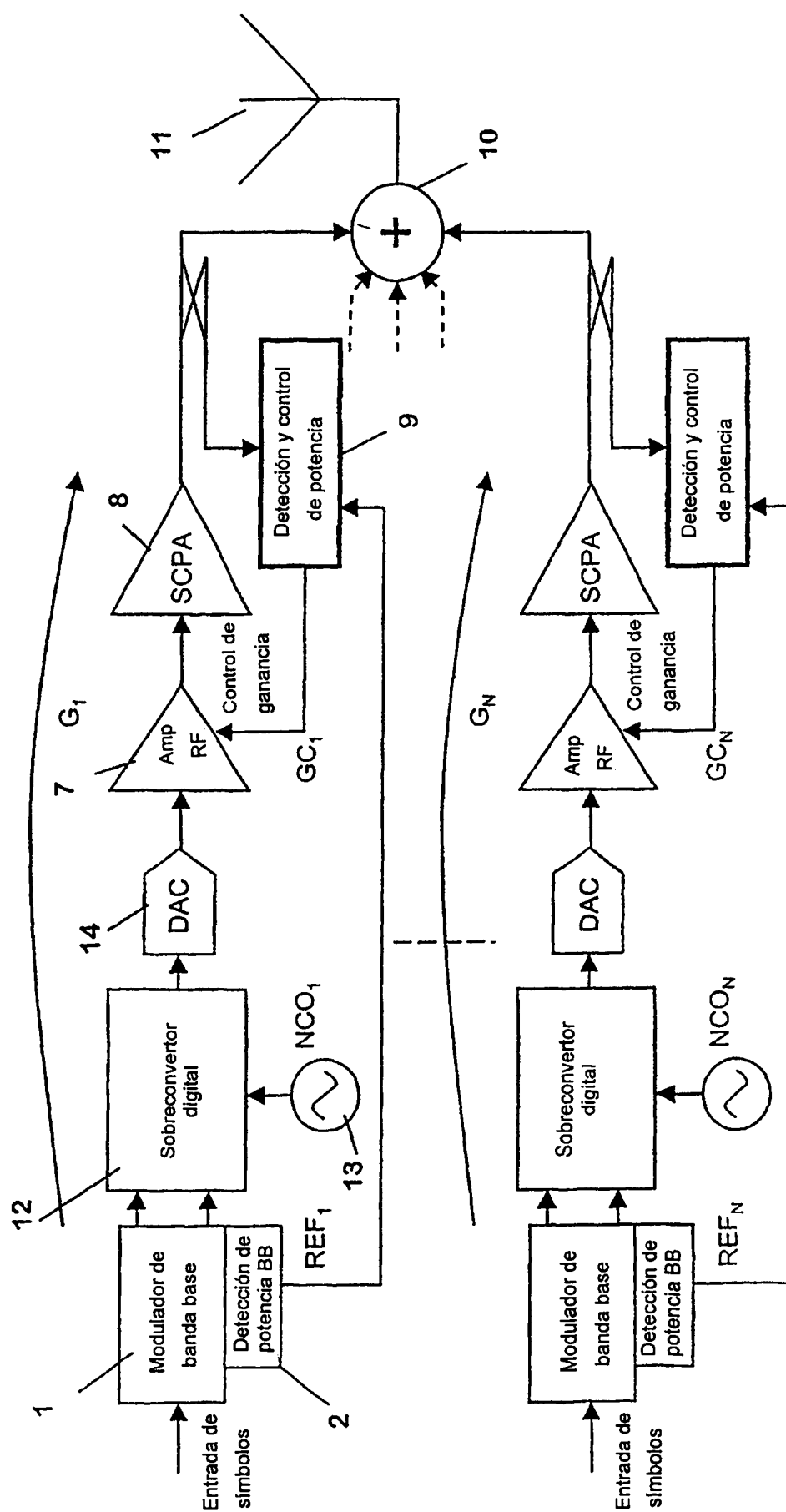


FIG. 2

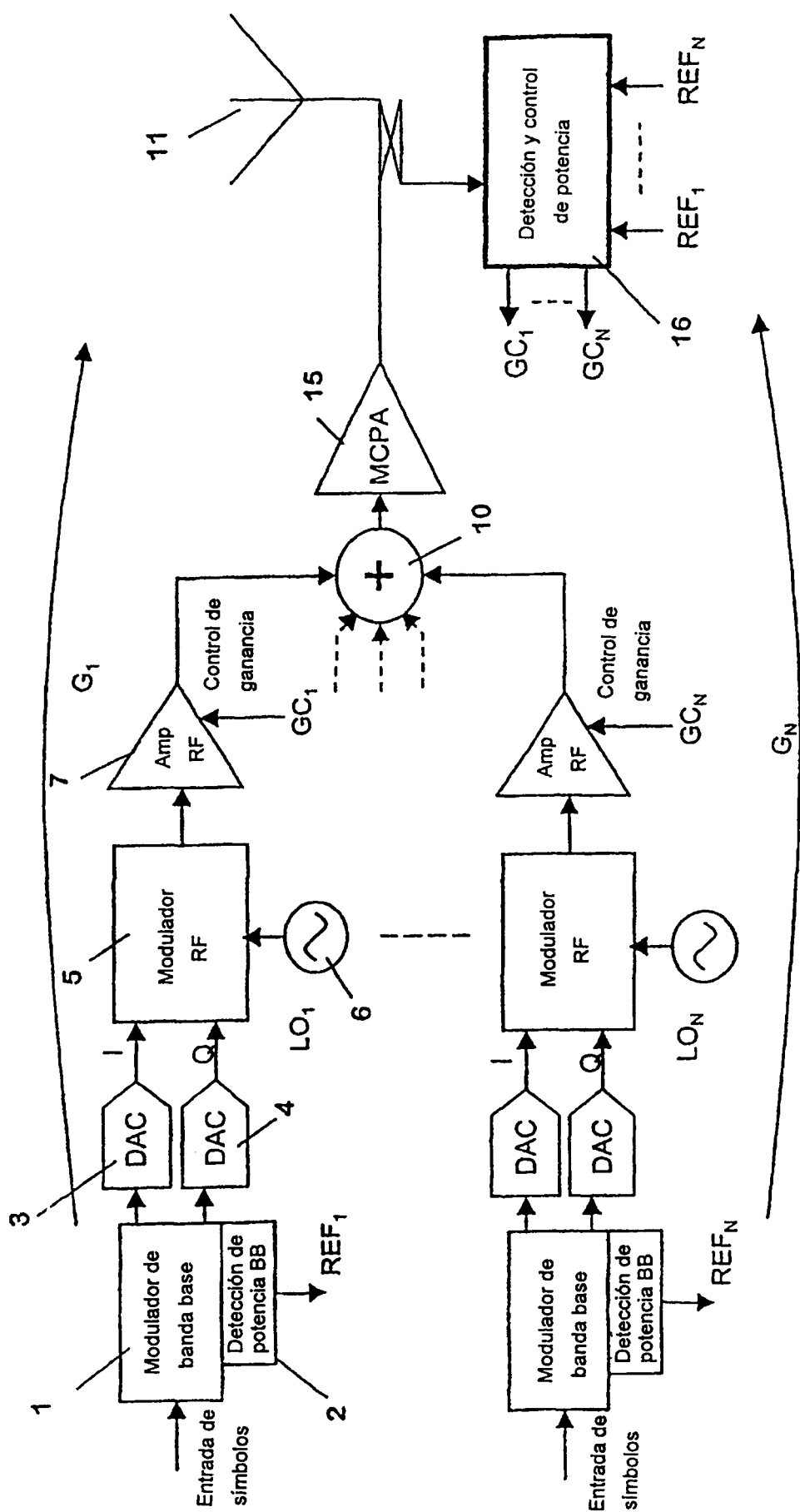


FIG. 3

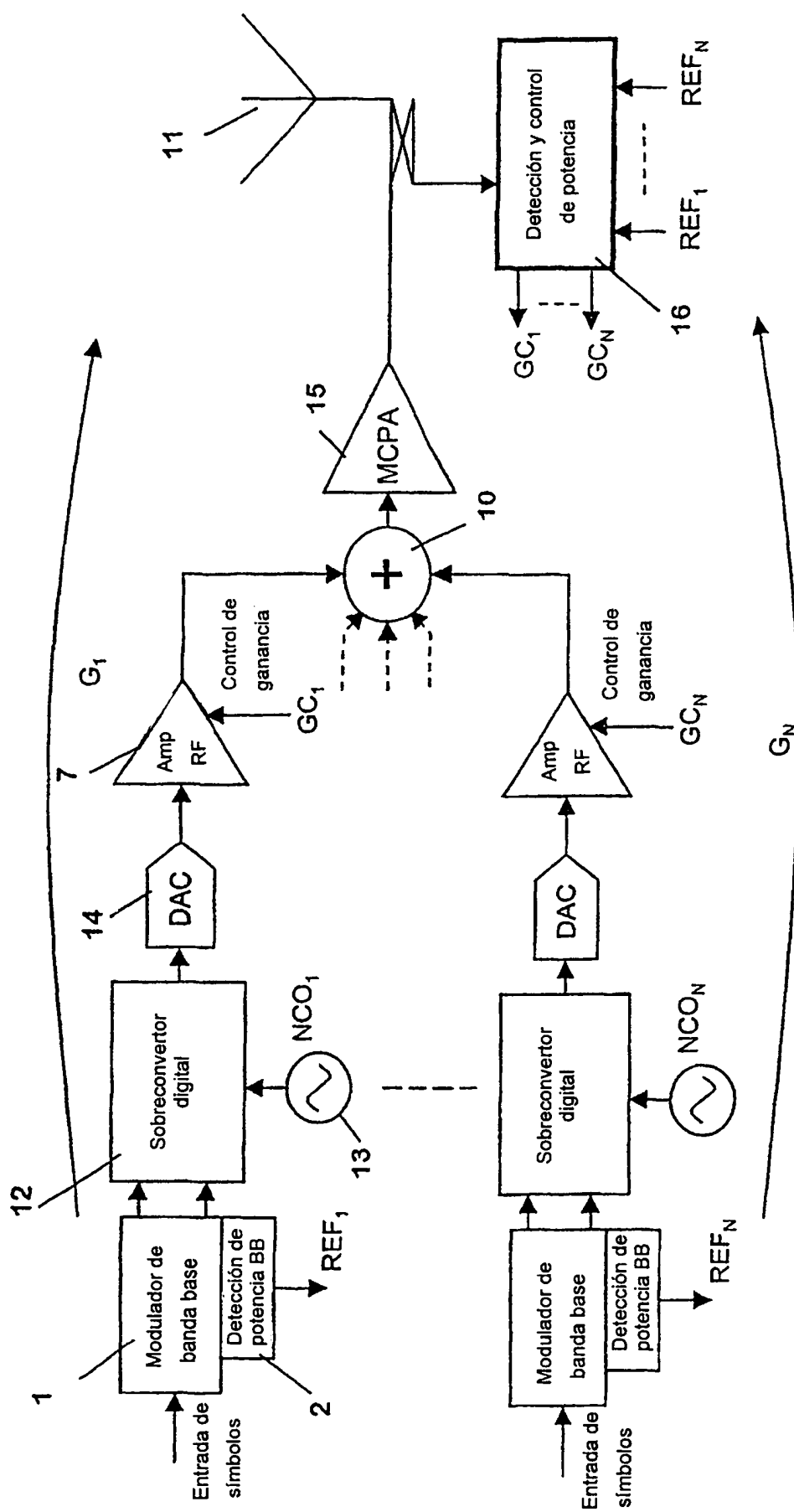


FIG. 4

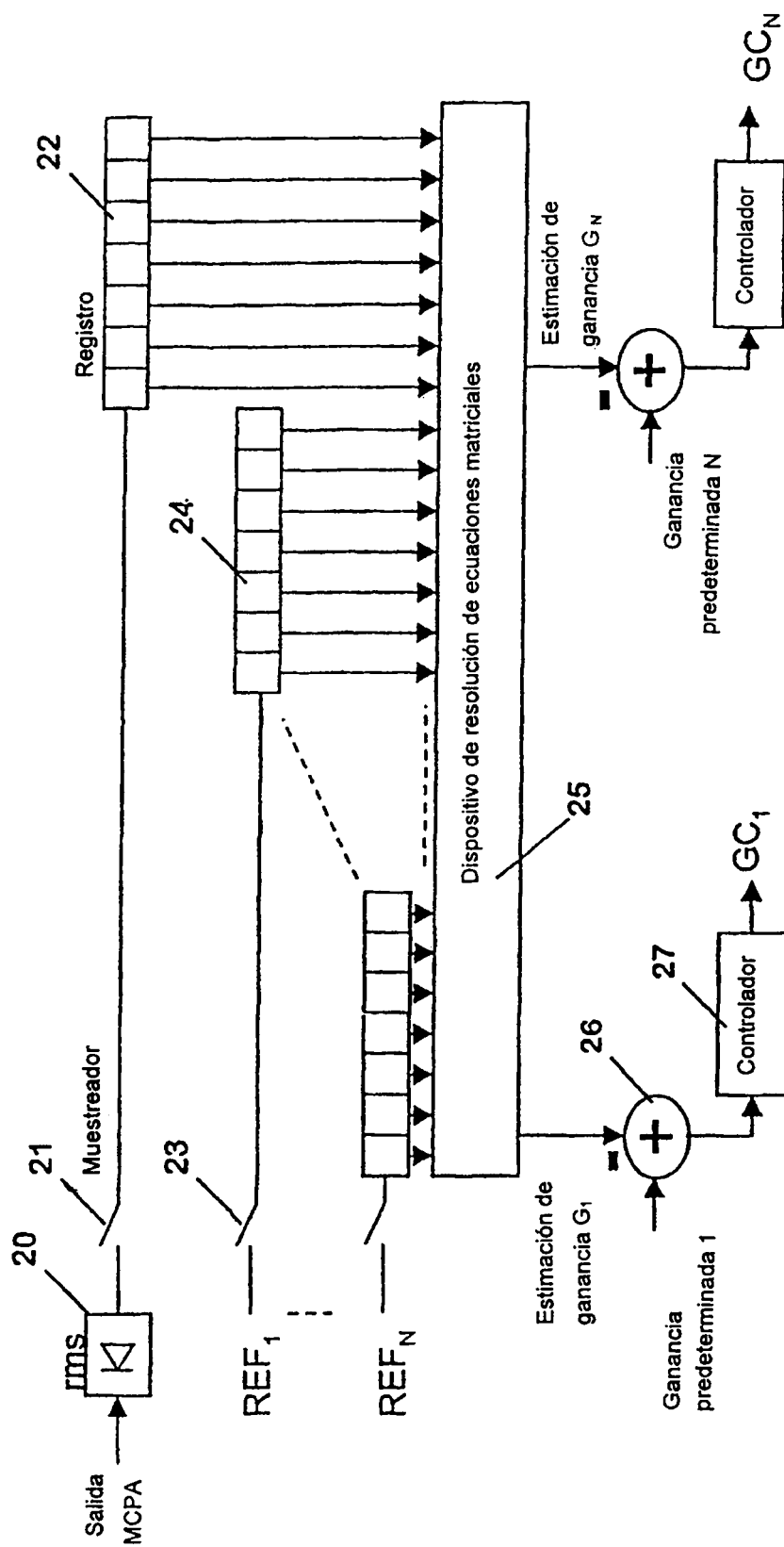


FIG. 5

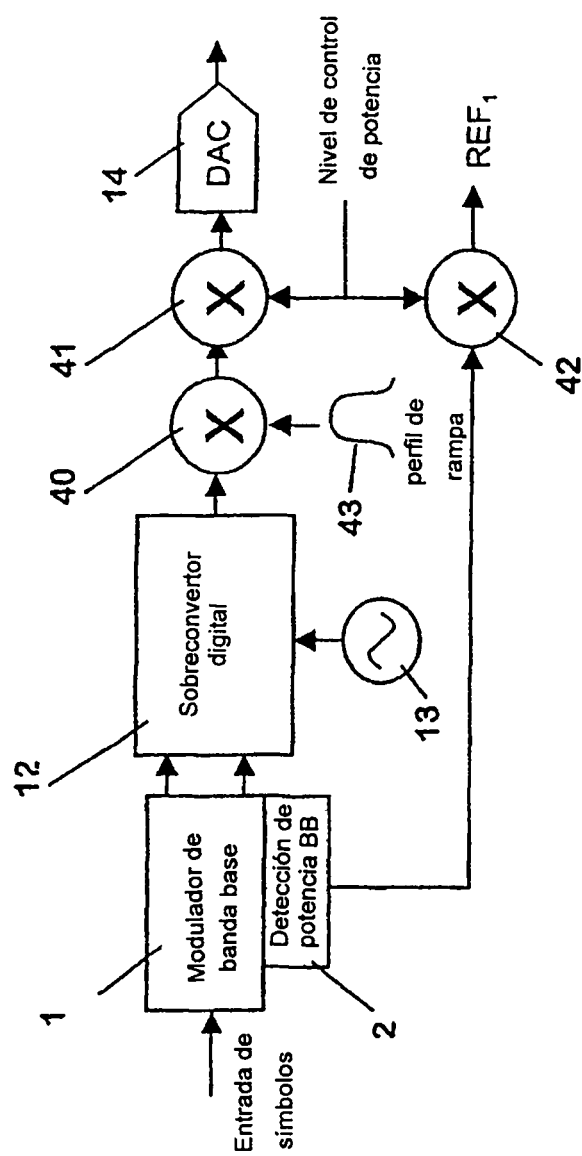


FIG. 6

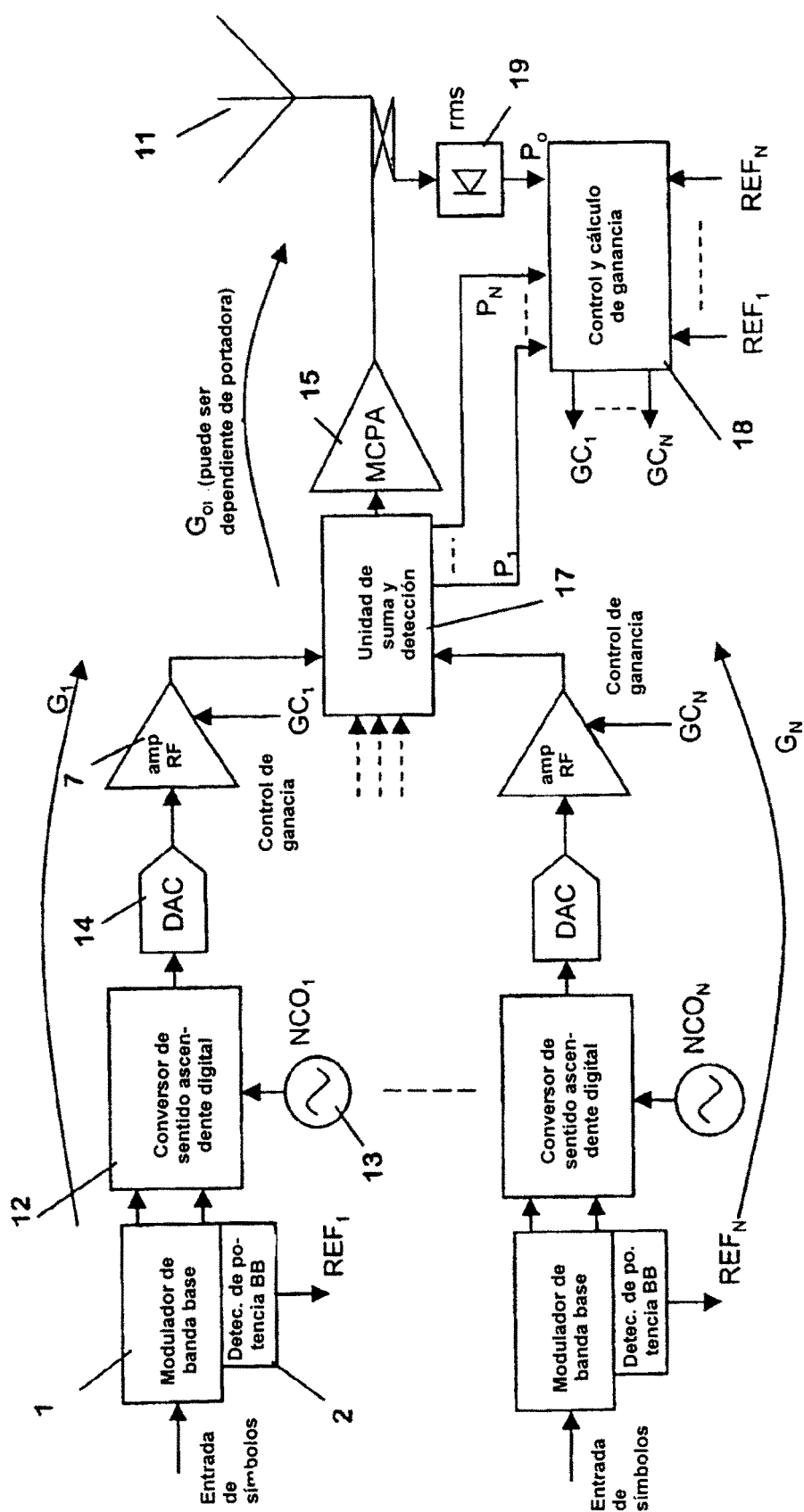


FIG. 7

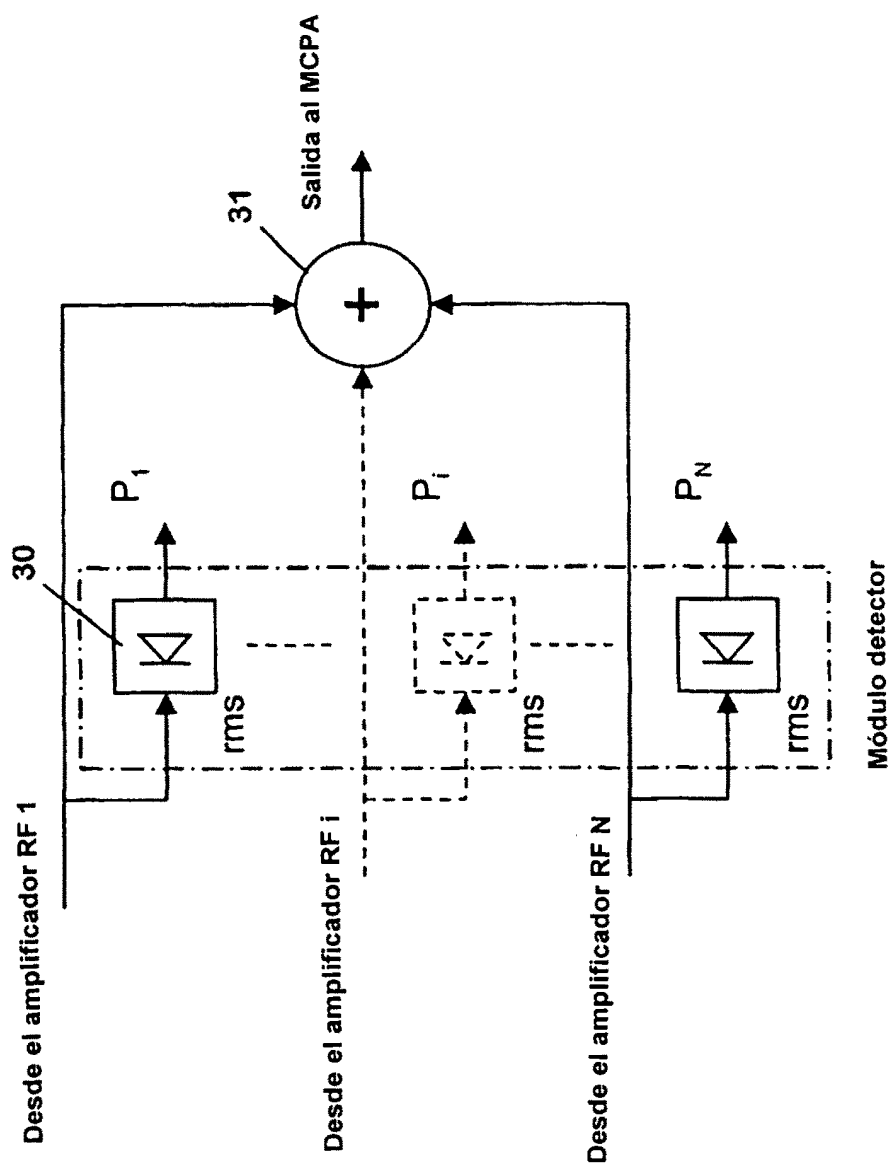


FIG. 8