

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 520**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2015** **E 15157474 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016** **EP 2916470**

54 Título: **Procedimiento de detección de un desbalance y de calibración de un amplificador multipuerto de un satélite de telecomunicaciones**

30 Prioridad:

04.03.2014 FR 1451739

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

24.05.2017

73 Titular/es:

**EUTELSAT S.A. (100.0%)
70, rue Balard
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**ARCIDIACONO, ANTONIO;
FINOCCHIARO, DANIELE VITO;
LE PERA, ALESSANDRO y
BRAND, YAN**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 613 520 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

Procedimiento de detección de un desbalance y de calibración de un amplificador multipuerto de un satélite de telecomunicaciones

Campo

5 El campo de la invención se refiere a los métodos de detección del desbalance y de la calibración de un amplificador multipuerto de un satélite de telecomunicaciones.

10 El campo de la invención es de aplicación a las pruebas y a las calibraciones de un amplificador multipuerto que incluye una pluralidad de canales de amplificación que permiten descomponer, amplificar y recomponer señales entre al menos un puerto de entrada y un puerto de salida. El campo es de aplicación a las mediciones de desbalances y a las calibraciones de un amplificador multipuerto, referido como MPA, lo mismo cuando el satélite está en fase de pruebas que preceden a la puesta en órbita final, que en una fase operativa en cualquier momento de su vida útil.

15 Se refiere el campo de la invención a las pruebas que pueden ser efectuadas sin interrupción de servicios, minimizando al propio tiempo los efectos de interferencias de los sistemas vecinos o de las interferencias que pueden ser causadas por su propio sistema.

Estado de la técnica anterior

Cuando se lanza a su órbita operativa un satélite de telecomunicaciones, debe efectuarse un cierto número de pruebas para asegurarse de que, antes de su puesta en estado operativo, están validadas todas las funcionalidades.

20 Sucede asimismo que, durante la fase operativa del satélite, se tenga que realizar un cierto número de pruebas. Estas pruebas tienen que realizarse preferiblemente sin interrupción de servicio, especialmente de cara a los operadores que hacen uso de canales de difusión que transitan por el satélite.

Los satélites de telecomunicaciones generalmente desempeñan una función de repetidor, es decir, retransmiten en un área predefinida una señal enviada al satélite, por ejemplo, para una aplicación de difusión de TV.

25 El satélite comprende un conjunto de equipos que determinan, por ejemplo, un sistema de gobierno, de procesamiento, de amplificación, de direccionamiento y de difusión de señales.

30 Un equipo particularmente sensible es la cadena de amplificación, que puede comprender uno o varios canal(es) de amplificación correspondientes a una desmultiplicación de las capacidades del satélite. Estos canales se denominan "caminos" cuando permiten descomponer y recomponer señales que llegan a los puertos de entrada del MPA. El MPA comprende, especialmente, unos componentes de una matriz llamada "de Butler", que permite amplificar y desfasar unas componentes divididas por un bloque de entrada y recomponerlas mediante un bloque de salida en los puertos de salida. Cada canal de transmisión está atribuido a un puerto de entrada y un puerto de salida. Por lo tanto, las señales de un canal pueden, a la entrada del MPA, ser descompuestas en diferentes caminos, y recompuestas, previa amplificación, a la salida, para ser encaminadas hacia una antena de transmisión de dicho canal.

35 Actualmente, diferentes soluciones de repetidor llevan integrado un amplificador multipuerto a bordo de un satélite de telecomunicaciones. Un camino de amplificación de un repetidor de un satélite generalmente comprende un amplificador de tubo de ondas progresivas. Se trata de un amplificador de banda ancha con un bajo ruido de fondo. Generalmente, un satélite de telecomunicaciones incluye un MPA que permite tratar varios caminos que permiten amplificar componentes de señales provenientes de diferentes canales de una cierta anchura de banda de frecuencias. Cada canal puede ser "alquilado" o utilizado por distribuidores u operadores. Por lo tanto, es importante que cada camino que amplifica y desfasa las componentes de una señal de entrada del MPA esté calibrado al objeto de ofrecer una función de ortogonalidad entre las componentes divididas en los diferentes caminos del MPA.

45 Los amplificadores multipuerto son utilizados particularmente para misiones que precisan de la cobertura de una pluralidad de puntos, designando cada uno de ellos una estación terrestre. El satélite permite la emisión de una pluralidad de haces descendentes generados a partir de una gestión de potencias adaptada a cada canal y una gestión de atribución de puertos de entrada y de salida, y el encaminamiento de las señales a las antenas del satélite. Estas soluciones permiten una flexibilidad en lo que respecta a la asignación de la potencia necesaria en cada puerto de salida de un amplificador multipuerto.

50 Los amplificadores multipuerto se denominan comúnmente, en el estado de la técnica, un "MPA", cuyo acrónimo significa, en la terminología anglosajona, "Multi-Port Amplifier".

Generalmente, un MPA comprende, por cada uno de sus caminos, un tubo de ondas progresivas, más conocido bajo el acrónimo TWTA. Recordemos que el TWTA es un tubo de vacío utilizado en hiperfrecuencias para realizar amplificadores de pequeña, mediana o gran potencia. Permite realizar amplificadores de banda ancha y con muy pequeño ruido de fondo. Se adapta particularmente bien para los amplificadores de los satélites de comunicación.

Adicionalmente, un MPA comprende una red de conformación de haces que permite elaborar uno o varios haz(-ces) emitidos con una potencia, una fase y una dirección dadas. Un ejemplo de una red de este tipo comúnmente utilizada es una matriz de Butler que tiene N entradas y N salidas y una configuración específica de caminos que comprenden amplificadores y desfasadores y que permiten obtener una configuración de desfase y de amplificación de las componentes procedentes de señales a la entrada del MPA que son divididas para obtener una o unas señal(es) deseadas de salida del MPA.

En un funcionamiento nominal, si se define un canal entre el puerto de entrada n.º 1 y el puerto de salida n.º 1, entonces una señal encaminada al puerto de entrada n.º 1 únicamente se presenta en el puerto de salida n.º 1. La particularidad de un MPA está en que las señales de un mismo canal son desfasadas en cada uno de los caminos según un plan que define los desfases entre caminos. En cada camino, las señales desfasadas son amplificadas por un amplificador de tipo TWTA. En la práctica, un diseño elegido de una red de conformación y de recomposición de haces puede asumirlo una matriz de Butler. Esta última realiza una función llamada "función unitaria". La función unitaria contribuye a la conformación de un haz recompuesto en una salida de la matriz y, potencialmente, a la conformación de N haces recompuestos en cada una de las salidas.

Una ventaja es que cada TWTA activo contribuye a la amplificación de señales de diferentes canales. Si se encamina una pluralidad de señales, separadas en frecuencias, a las diferentes entradas de una matriz, cada TWTA amplifica las señales de cada canal.

Cuando un MPA está bien calibrado, las señales encaminadas a un primer puerto de entrada de un canal tan solo se presentan a la salida de un primer puerto de salida. Surge un problema cuando no está bien efectuada la calibración entre los diferentes caminos del MPA. En efecto, una deriva en fase y/o en amplitud de las componentes entre los diferentes caminos puede conducir a devolver resultantes de componentes de señales a la salida del MPA no nulas, mientras que una configuración del MPA prevé que estas últimas deberían ser sensiblemente nulas a la salida de los demás puertos de salida. Ello es resultado de una funcionalidad de una matriz de Butler, tal y como se detalla en la figura 2, que permite anular componentes de señales en contrafase a la salida del MPA. Este problema recibe generalmente el nombre de desbalance del MPA.

Un desbalance de un MPA puede provocar diferentes consecuencias, entre ellas:

- la reducción de la potencia de una señal principal presente a la salida de un puerto de la matriz, ya que la suma de las componentes en fase está ligeramente desfasada;
- la reducción de la potencia de una señal principal presente a la salida de un puerto de la matriz, causada por una diferencia de ganancia entre diferentes caminos de un MPA;
- la creación de niveles de señales no despreciables, denominados fugas, a la salida de ciertos puertos, a causa de una deriva del desfase que ya no devuelve una resultante de componentes sumadas entre sí en contrafase sensiblemente nula.

Es un límite comúnmente aceptado que la potencia de las fugas debe ser del orden de una potencia de 25 dB inferior a la potencia de la señal principal en el mismo canal.

Una manera de resolver a día de hoy el problema del desbalance de un MPA es parametrizar las fases y amplitudes de cada canal TWTA. Pero sigue habiendo presente un problema ligado a la descalibración o el desbalance de los canales con el envejecimiento de los módulos TWTA, o también el envejecimiento de las entradas y salidas de una matriz de Butler o de otros componentes.

Otro inconveniente de esta solución es que, cuando falla un TWTA y se elige un segundo TWTA para sustituirlo, este no está previamente calibrado en amplitud y en fase frente a los demás TWTA del MPA.

Por lo tanto, se impone medir los desbalances en amplitud y en fase de un camino del MPA frente a los demás caminos de amplificación para corregir la calibración dinámicamente. Finalmente, un problema capital de los que se afrontan es el de efectuar mediciones y una recalibración sin perturbar las comunicaciones en curso del MPA en cada uno de los demás canales.

Una primera solución conocida consiste en mediciones efectuadas a bordo del satélite y transmitidas a tierra en una arquitectura llamada de "lazo abierto". En esta solución, la calibración de un camino del MPA se realiza efectuando mediciones en las señales de salida de la matriz. Entonces, se utilizan detectores de RF a bordo, que están conectados por medio de uno o varios acoplador(es) a puertos no utilizados por las transmisiones retransmitidas en el satélite. Los detectores de RF permiten medir los niveles de potencia de las señales presentes a la salida de los puertos no utilizados. Las mediciones se efectúan en cada puerto de manera independiente entre sí. Las medidas se transmiten a continuación a una estación de tierra, por medio del enlace de telemetría. Por ejemplo, un aumento del nivel de RF, medido en la salida de uno de los puertos, frente al nivel inyectado refleja una degradación de la calibración del MPA.

Un problema de esta solución es que depende de la configuración operativa elegida, especialmente, sobre la

elección de los niveles de entrada de las señales de prueba emitidas. Las medidas enviadas a una estación en tierra pueden no ser utilizables o aprovechables para inferir de las mismas una recalibración que haya de efectuarse. El gran inconveniente de esta solución es la dependencia de la prueba con la configuración operativa elegida.

5 Una segunda solución consiste en mediciones efectuadas a bordo del satélite y transmitidas a tierra en una arquitectura llamada de "lazo cerrado". Una o unas señales de prueba es/son generada(s) a bordo, por medio de un DSP y es/son inyectada(s) en uno o varios puertos de entrada de la matriz. Las señales presentes a la salida de los puertos de salida se recogen por intermedio de uno o unos acoplador(es) calibrado(s). Las señales de entrada son inyectadas asimismo por medio de un acoplador calibrado en los puertos de entrada de la matriz. Las salidas de la matriz se pueden conectar en bucle al DSP de modo que este último ajuste los desfases y las diferencias de amplitud de la señal generada en la entrada de la matriz.

Tal sistema comporta el inconveniente de ser costoso. Por añadidura, es necesario embarcar una arquitectura compleja a bordo del satélite, especialmente previendo un DSP diseñado especialmente para efectuar estas pruebas de calibración. Por ende, los componentes introducen un peso suplementario a bordo del satélite.

15 Consiste una tercera solución en recibir directamente, en una pluralidad de estaciones de tierra, las señales emitidas en los canales que han de someterse a prueba / calibrarse. La banda de frecuencias y la directividad de las antenas se eligen entonces al objeto de permitir estas transmisiones desde el satélite. Un ejemplo de implementación consiste, por ejemplo, en elegir una estación terrestre principal a la cual se emite una señal principal desde el satélite. La antena y el correspondiente canal del satélite se configuran para emitir esta señal principal a una estación predefinida. Por otro lado, se elige una pluralidad de puntos geográficamente diferenciados de la estación principal, correspondiendo cada uno de ellos a la emisión por un canal del MPA. Este procedimiento consiste en medir las pérdidas de línea del canal principal por al menos otro canal, midiendo, en cada uno de los puntos, la potencia recibida correspondiente a las señales del canal principal. Para ello, se miden en tierra, en cada punto, los niveles de RF en cada uno de los canales. Tras la reconstitución de las señales, dentro de los límites de atenuaciones de antena, es posible deducir las pérdidas de línea causadas por el MPA. Mediante comparaciones de las señales se pueden deducir y aislar las pérdidas causadas por un desbalance de uno o varios canales del MPA.

Un gran inconveniente de esta solución está en que perturba las telecomunicaciones en curso del satélite cuando está en una configuración de funcionamiento operativo.

30 Se describe un ejemplo de calibración de un MPA en el documento US 2010/0148860. En conclusión, las soluciones que a día de hoy permiten medir un desbalance del MPA y corregir estos desbalances son, bien costosas, o bien difíciles de llevar a la práctica y perturbadoras para las comunicaciones operativas en curso cuando el satélite está operativo.

Resumen de la invención

La invención permite solucionar los citados inconvenientes.

35 Concierno un objeto de la invención a un procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto MPA destinado a ser embarcado en un satélite, comprendiendo el amplificador multipuerto una pluralidad de caminos, siendo configurable cada camino en ganancia y en fase, comprendiendo el amplificador multipuerto MPA una pluralidad de puertos de entrada y una pluralidad de puertos de salida, estando asociado cada puerto de entrada a un puerto de salida para determinar un canal de transmisión denominado "canal", estando unido cada puerto de salida a una antena del satélite. Un primer canal está configurado en frecuencia dentro de un canal de transmisión que define una primera banda útil para recibir señales con origen en una estación transmisora en tierra y retransmitirlas, previa amplificación en el amplificador multipuerto MPA, hacia una primera estación terrestre de una primera área geográfica, estando configurado un segundo puerto de salida de un segundo canal para emitir, por intermedio de una segunda antena, hacia una segunda estación terrestre de una segunda área geográfica.

El procedimiento comprende:

- 45
- una transmisión de una primera señal de prueba modulada por ensanchamiento de espectro de la primera estación transmisora hacia el primer canal del amplificador multipuerto, siendo generada la primera señal de prueba en al menos la banda útil del primer canal;
 - una recepción por parte de la segunda estación receptora configurada en frecuencia para recibir señales emitidas por la segunda antena unida al segundo canal del amplificador multipuerto, siendo dichas señales susceptibles de comprender una réplica de la primera señal de prueba;
 - la detección y la medición de al menos una potencia de señales recibidas correspondientes a una réplica de la primera señal de prueba que ha causado fuga a la salida del segundo puerto de salida;
 - un cálculo de al menos un valor de desbalance del MPA a partir de la medición de la potencia de la réplica de la primera señal de prueba, recibida en la segunda estación terrestre.
- 50

Ventajosamente, el MPA comprende una matriz de Butler que comprende:

- un módulo de entrada que permite, a partir de la primera señal de prueba, generar una pluralidad de componentes desfasadas y de igual amplitud hacia una pluralidad de caminos que unen el módulo de entrada a un módulo de salida;
- 5
- una pluralidad de caminos que comprenden cada uno de ellos al menos un amplificador de señales;
 - un módulo de salida que permite dividir y recomponer las componentes entrantes desfasadas y amplificadas, al objeto de proporcionar:
 - en un puerto de salida dado, una señal no nula amplificada, correspondiente a la primera señal de entrada que ha de transmitirse a la primera estación terrestre; y
- 10
- en los demás puertos, unas resultantes de las componentes de la primera señal de prueba sensiblemente nulas, dentro de los límites de los errores de calibración.

Ventajosamente, la primera señal de prueba es una señal de radiofrecuencia modulada mediante una secuencia de bits de datos codificada mediante una secuencia de seudoruido PN en banda base, comprendiendo la secuencia PN un tamaño N de símbolos y una tasa de codificación T_{Symbol} .

- 15
- Ventajosamente, la secuencia de seudoruido PN se selecciona de entre una familia de códigos que tienen cada uno de ellos una propiedad de ortogonalidad.

Ventajosamente, la ortogonalidad de una secuencia se corresponde con el resultado de una autocorrelación de dos mismas secuencias, de las cuales una de ellas está desplazada temporalmente con la otra en al menos la duración de un símbolo, presentando el resultado de la autocorrelación un nivel sensiblemente obtenido en el nivel de ruido.

- 20
- Ventajosamente, la longitud N de la secuencia de seudoruido PN se calcula al objeto de obtener una ganancia de codificación superior a un umbral mínimo, definiéndose la ganancia de codificación por la relación entre la tasa de codificación de un símbolo de una secuencia de seudoruido PN y la tasa de codificación de un bit de datos de una secuencia de bits de datos.

- 25
- Ventajosamente, el pico de la autocorrelación de una secuencia de seudoruido es de un valor normalizado de 1 y, fuera del pico de correlación, el valor de la función de autocorrelación es del orden de $1/N$.

Ventajosamente, la secuencia de seudoruido PN se selecciona de entre la siguiente lista: {un código de tipo Gold codes, un código de tipo "Maximum Length Sequence", un código de tipo Walsh-Hadamard codes}.

- 30
- De acuerdo con una segunda forma de realización, se cumple un primer valor umbral de aislamiento entre la primera antena del primer canal y la segunda antena del segundo canal, de modo que la potencia recibida de las señales de la primera antena en la segunda estación de recepción se considere despreciable frente a la potencia de las señales recibidas por la segunda estación de recepción con origen en la segunda antena.

- 35
- En esta segunda forma de realización, se utilizan al menos dos estaciones receptoras para recibir las señales. Una ventaja de esta forma de realización es la de obviar la puesta en práctica de un retardador en uno de los canales del satélite. En cambio, es necesario asegurarse de un cierto nivel de aislamiento de las señales recibidas en una estación con origen en una antena del satélite frente a las señales emitidas de las demás antenas.

Ventajosamente, la desviación de potencia entre las señales recibidas por la segunda estación con origen en la primera antena y las señales recibidas por la segunda estación con origen en la segunda antena es superior a un umbral predefinido.

- 40
- Ventajosamente, el primer valor umbral de aislamiento se define comparando las potencias recibidas en un receptor de la segunda estación entre las señales provenientes, por una parte, de la primera antena y, por otra, de la segunda antena.

Ventajosamente, las señales presentes a la salida de al menos dos antenas (Tx_1 , Tx_2) del MPA son polarizadas con diferentes polarizaciones, al objeto de introducir, entre las dos correspondientes antenas, un aislamiento suplementario.

- 45
- De acuerdo con una segunda forma de realización:
- en la salida de uno de los canales del MPA se introduce un retardo al objeto de retardar las señales presentes a la salida del puerto de salida (P_{S1} , P_{S2}) del canal correspondiente;
 - una única estación terrestre permite recibir las señales presentes a la salida de cada puerto de salida, permitiendo la orientación de las primeras y segundas antenas la recepción de las señales de los primeros y segundos canales en la estación terrestre.
- 50

Una ventaja de esta segunda forma de realización es la de permitir recuperar las señales en una misma estación receptora.

Ventajosamente, la duración del retardo generado en las señales transmitidas es superior a una duración mínima correspondiente al periodo de un símbolo de la secuencia PN de la primera señal de prueba.

- 5 Ventajosamente, el retardo es introducido por un retardador a la salida de uno de los canales del MPA.

Ventajosamente, el retardador es una línea de retardo cuya longitud está dimensionada para introducir un retardo deseado.

Ventajosamente, uno de los canales del MPA está conexasionado con una antena de telemetría o una antena de bocina y, entre el canal y la antena de telemetría o de bocina, se establece al menos un retardador.

- 10 Ventajosamente, un retardo se genera por medio de una configuración de una red de conformación de haces acoplados con los puertos de salida del MPA, al objeto de atribuir para cada puerto de salida unas señales que incluyen un desfase predefinido.

- 15 Ventajosamente, el receptor de la primera estación terrestre procede a una función de autocorrelación de las señales recibidas de cada uno de los canales en una ventana de tiempo predefinida, al objeto de discriminar la presencia de cada una de las secuencias PN en recepción, resultando la discriminación de las dos secuencias de un aislamiento obtenido merced al retardo inyectado en uno de los canales del satélite.

Ventajosamente, la primera señal de prueba se transmite en un canal en la misma banda de frecuencia que unas señales útiles de telecomunicaciones.

Ventajosamente, las etapas se reiteran sucesivamente entre diferentes canales del MPA.

- 20 Concierno otro objeto de la invención a un procedimiento de calibración de un amplificador multipuerto MPA de un satélite. El procedimiento comprende:

- una medición de un nivel de potencia de la réplica de la primera señal de prueba en un receptor de una estación terrestre por medio del procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto MPA de la invención;
- 25 ▪ una generación de al menos una consigna de calibración deducida de las mediciones de potencias de la señal que comprende la réplica de la primera señal de prueba;
- una transmisión de dicha al menos una consigna de calibración al satélite.

Ventajosamente, al menos una consigna de calibración comprende al menos una consigna de desfase y/o una consigna de ganancia.

- 30 Ventajosamente, el receptor de la estación receptora, que mide la potencia de una señal correspondiente a una réplica de la primera señal de prueba presente a la salida de un segundo canal, transmite a una estación de control los datos de potencias recogidos, al objeto de que la estación de control transmita al satélite una señal de gobierno encaminada a reconfigurar el MPA con las consignas de ganancia y/o de desfase generadas.

- 35 Una ventaja de este procedimiento de calibración es que es compatible con un funcionamiento operativo del satélite. Las transmisiones de operadores pueden quedar ininterrumpidas durante el procedimiento de calibración. Una ventaja es que la emisión de la señal de prueba no perturba las transmisiones operativas.

La calibración se puede efectuar mediante la antena de telemetría, por lo que las transmisiones operativas no se ven perturbadas por la señal de calibración.

Breve descripción de las figuras

- 40 Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la lectura de la descripción detallada que sigue, con referencia a las figuras que se acompañan, las cuales ilustran:

figura 1: diferentes respuestas a funciones de autocorrelación basadas en diferentes longitudes de secuencias de pseudoruido;

figura 2: un ejemplo de una matriz de Butler utilizada para llevar a la práctica un MPA;

- 45 figura 3A: un esquema de principio de los medios que han de llevarse a la práctica para efectuar una transmisión de una señal de una primera estación transmisora hacia el satélite, en vistas a realizar el procedimiento de la invención;

figura 3B: un ejemplo de un MPA que comprende al menos dos canales principales;

figura 4: curvas de potencia de las señales recibidas por estaciones correspondientes al ejemplo de la figura 3B terrestres, según sus respectivas posiciones con relación al apuntamiento de las antenas de los diferentes canales; y

5 figura 5: una forma de realización de la invención que comprende un retardador de línea en uno de los canales de un MPA, por ejemplo, el representado en la figura 3A.

Descripción

En la presente descripción, se denominan “fugas de señales” de un canal a otro canal de un MPA a señales que, normalmente transmitidas por un canal principal por mediación de un primer puerto de entrada, aparecen amplificadas por otro canal y traen como consecuencia que se dirijan señales a otro puerto de salida del MPA distinto al que estaba destinado a recibirlas.

Las fugas están ligadas a un aislamiento defectuoso de los caminos de un MPA, lo cual significa que unas derivas de los amplificadores o de los desfases introducen desviaciones de desfases o desviaciones de amplificaciones incontroladas a la salida del MPA.

15 Se diferencia, pues, “un camino” de un MPA, que puede estar configurado mediante una ganancia variable y un desfaseador y que adquiere un significado desde el punto de vista de la señal procesada en dicho camino, de un “canal”, que comprende un puerto de entrada y un puerto de salida y que se asocia con una antena de recepción y una antena de transmisión.

Matriz de Butler / MPA

20 La figura 2 representa un MPA que comprende una matriz de Butler que comprende 8 caminos CH_i que unen un bloque de entrada, denominado IBM, que significa “Input Butler Matrix” en terminología anglosajona, con un bloque de salida, denominado OBM, que significa “Output Butler Matrix” en terminología anglosajona. El bloque de entrada IBM comprende puertos de entrada PE_i . Cada señal S_{E1} entrante a un puerto de entrada del bloque de entrada IBM es dividida en 8 componentes de amplitudes equivalentes.

25 De acuerdo con otras formas de realización, el número de puertos de entrada y de caminos de la matriz de Butler se puede adaptar según el caso de que se trate.

La división de la señal de entrada introduce un desfase $\Delta\phi_i$ entre cada componente de la señal dividida. Cada componente de la señal de entrada S_{E1} constituye una réplica de la señal entrante que está desfasada de las otras según un plan de desfase que está preestablecido.

30 La matriz de Butler comprende caminos CH_i que permiten unir el bloque de entrada IBM y el bloque de salida OBM, comprendiendo cada uno de los caminos CH_i un amplificador que permite amplificar cada componente con la misma ganancia. El bloque de salida OBM permite dividir nuevamente cada una de las componentes amplificadas entrantes en otras 8 subcomponentes de amplitudes equivalentes con un nuevo desfase. En total, se genera un total de 64 señales procedentes de la señal de entrada S_{E1} .

35 El bloque de salida OBM está parametrizado al objeto de obtener la resultante de cualquier combinación de las componentes anteriormente divididas en uno de sus puertos de salida del bloque de salida OBM. Por lo tanto, mediante suma, es posible obtener anulaciones de señales desfasadas, de modo que una resultante dada sea nula, o amplificaciones de señales de igual desfase.

40 La figura 2 representa 8 salidas 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y $BM(S_{E1})$ de la matriz de Butler. En este ejemplo, la matriz de Butler está configurada para que las resultantes sumadas de las componentes en las salidas 10, 11, 12, 13, 14, 15 y 16 sean nulas o prácticamente nulas.

A título de ejemplo, la salida 10 representa dos componentes sumadas que tienen un desfase opuesto, lo cual conduce matemáticamente a una resultante nula.

La salida $BM(S_{E1})$ corresponde a una suma de las componentes en fase, es decir, que comprenden el mismo desfase, luego la resultante de las componentes sumadas es no nula.

45 Se comprende, a la luz de la figura 2, que una deriva de un amplificador o de un desfaseador de uno de los caminos de la matriz de Butler puede conducir a sumas no nulas en ciertas salidas, mientras que la configuración de la matriz está parametrizada para obtener una anulación de la suma de las componentes. Estas derivas pueden surgir con un envejecimiento de los componentes de la matriz de Butler.

50 La invención permite, pues, una recalibración del MPA compensando las derivas de fases y/o de amplitudes que puedan surgir durante toda la vida útil del MPA. Estas compensaciones pueden aplicarse en los caminos del MPA y/o en los bloques de entrada y de salida de la matriz de Butler.

Por lo tanto, la invención se encamina a solucionar el problema ligado al aislamiento de los canales del MPA,

causado por una deriva de los desfases y de los amplificadores de la matriz de Butler.

En la presente solicitud, se denomina, pues, “un canal” al conjunto determinado por:

- el puerto de entrada de un MPA,
 - los diferentes caminos utilizados para desfasear y amplificar las señales entrantes; y
- 5 ▪ el puerto de salida en el que se recomponen las señales.

Se advierte una fuga cuando unas señales entrantes a un puerto de entrada dado aparecen en un puerto de salida que no pertenece al canal asociado al puerto de entrada.

Canal principal / canal secundario

10 A efectos de una mejor comprensión de la invención, se distingue uno de los canales del MPA, llamado “principal”, de un “canal secundario”. El “canal principal” se define como el canal que tiene la misión de transmitir y retransmitir señales de prueba para medir el desbalance del MPA. Las señales de prueba así transmitidas son recibidas en el puerto de entrada principal P_{E1} . En la presente descripción y los ejemplos descritos, el canal principal se corresponde con el primer canal V_1 , que relaciona el puerto de entrada P_{E1} con el puerto de salida P_{S1} . Se hace indistintamente mención de una primera señal de prueba S_{E1} o de primeras señales de prueba S_{E1} .

15 Se denomina un “canal secundario”, para las señales entrantes al puerto principal del canal principal, a un canal en el que se han amplificado y sumado componentes de las señales útiles con una desviación de fase o de amplitud que introduce fugas no despreciables en la salida de un puerto de un canal secundario.

20 Por convención, el canal V_1 es el canal principal que recibe las señales de prueba para la recalibración del MPA, y los demás canales son canales secundarios. El procedimiento de la invención permite medir las fugas presentes a la salida de estos canales secundarios, debidas a una calibración defectuosa o a una deriva de una calibración anterior. En la presente descripción, el canal V_2 es utilizado para describir en detalle los mecanismos de mediciones de los niveles de fugas según el procedimiento de la invención. El canal secundario se corresponde con el segundo canal V_2 , que relaciona el puerto de entrada P_{E2} con el puerto de salida P_{S2} .

25 Cuando un MPA está calibrado debidamente, las fugas de señales principales generadas en la salida de un puerto secundario tienen que estar minimizadas al máximo. En el caso de una calibración optimizada, las fugas pasan a ser despreciables, desde el punto de vista de la potencia generada que parasita las señales útiles que transitan por el canal secundario.

30 Cuando se ocasionan fugas por una deriva de la calibración inicial del MPA, desviaciones de fase y/o de amplitud en la matriz de Butler llevan consigo la formación de señales procedentes de las componentes de la señal principal a la salida de otro puerto distinto al puerto principal de salida.

Configuración operativa

35 El procedimiento de la invención comprende una primera etapa de transmisión de una primera señal S_{E1} modulada por ensanchamiento de espectro de una primera estación transmisora ST_{E1} en tierra hacia un primer puerto P_{E1} de un canal principal, denominado primer canal V_1 del amplificador multipuerto MPA del satélite. El primer canal V_1 se entiende como el canal que encamina la señal útil S_{E1} de un primer puerto de entrada P_{E1} hacia un primer puerto de salida P_{S1} . Una configuración del MPA permite encaminar las componentes de las señales útiles a la matriz de Butler, las cuales serán sumadas en fase en la salida del primer puerto de salida P_{S1} del MPA. Los demás canales están configurados teóricamente al objeto de producir una resultante nula en la salida de los demás puertos de salida P_{Sk} en lo que respecta al encaminamiento de la primera señal S_{E1} . La señal útil S_{E1} produce, a la entrada del MPA, diferentes componentes de la señal que son desfaseadas y amplificadas en diferentes caminos del MPA y que se recomponen en el puerto de salida P_{S1} .

45 El procedimiento de la invención permite, en especial, transmitir la señal de prueba S_{E1} en la banda útil del primer canal V_1 . De este modo, la señal S_{E1} modulada por ensanchamiento de espectro puede ser transmitida a efectos de pruebas de calibración al mismo tiempo que una señal útil de telecomunicaciones que transita en el mismo canal V_1 , por ejemplo, por otro emisor, sin perjudicar por ello esta última transmisión.

La primera señal de prueba S_{E1} puede comprender una secuencia de datos que codifica una información digital de identificación. Esta última está modulada, por ejemplo, mediante una secuencia de seudoruido PN según se detalla en lo sucesivo.

50 El emisor E_1 con base en una estación terrestre ST_{E1} emite una señal, denotada por S_{E1} , modulada mediante un modulador MOD por ensanchamiento de espectro por secuencia directa, conocido bajo el acrónimo DSSS, que en terminología anglosajona significa: “Direct Sequence Spread Spectrum”. Por lo tanto, la señal se emite a baja potencia y perturba escasamente las comunicaciones vecinas y las comunicaciones transmitidas en el mismo canal principal.

El procedimiento de la invención permite medir, a la salida de cada puerto secundario P_{Sk} , la parte de la señal S_{E1} que ha producido fugas en los demás canales.

5 La señal emitida S_{E1} permite, según el procedimiento de la invención, evaluar el desbalance entre dos canales y, por tanto, el desbalance del MPA, comparando en la salida de dos diferentes puertos de salida P_{S1} y P_{Sk} del MPA las amplitudes de las señales provenientes de las componentes sumadas de la primera señal S_{E1} . El nivel de las fugas de la señal S_{E1} en un puerto de salida P_{Sk} , de cuya señal de entrada S_{E1} las resultantes de las componentes deberían ser nulas, permite inferir parámetros de recalibración de los caminos del MPA.

10 El procedimiento de la invención permite, efectivamente, medir los desbalances entre los canales V_1 y V_2 , especialmente mediante la deducción de parámetros de desfase y de ganancia de los caminos del MPA. El procedimiento de la invención permite medir el nivel de las fugas en correspondencia con el enlace descendente del satélite hacia una o unas estaciones terrestres de recepción a partir de las cuales se efectúan las mediciones de niveles de señales.

15 Por lo tanto, el procedimiento de la invención permite medir y cuantificar la potencia de una señal SS_1 emitida por el satélite hacia una estación terrestre, y compararla con las potencias de las fugas igualmente emitidas por ese mismo satélite hacia una estación terrestre. De acuerdo con las diferentes formas de realización de la invención, las estaciones terrestres que reciben la señal de prueba SS_1 que ha sido retransmitida por el satélite y las fugas pueden ser los mismos receptores o receptores de diferentes estaciones terrestres.

20 Las medidas se pueden deducir a partir de las señales recibidas en estaciones terrestres de recepción, tales como las estaciones STS_1 y STS_2 representadas en la figura 3A. De acuerdo con las formas de realización de la invención, las estaciones pueden:

- ser diferentes y suficientemente alejadas para un adecuado aislamiento entre un canal principal y un canal secundario;
- ser idénticas cuando el procedimiento permite discriminar las señales provenientes de cada canal con independencia uno del otro.

25 Las mediciones se efectúan partiendo:

- por una parte, de datos de contexto tales como las posiciones de las estaciones terrestres y de modelo de atenuación de señales según la posición del satélite; y
- por otra, de datos propios de las señales recibidas, tales como su potencia y las correlaciones de la señal modulada por ensanchamiento de espectro.

30 Modulación por ensanchamiento de espectro

El procedimiento de la invención permite definir una modulación por ensanchamiento de espectro particularmente ventajosa por medio de secuencias de seudoruido PN. Las secuencias de seudoruido PN permiten generar una señal de prueba S_{E1} que puede ir embebida, en cuanto a la potencia, en una potencia recibida por el satélite de una señal útil emitida simultáneamente en el mismo canal V_1 . Las propiedades de una modulación de una señal mediante una secuencia de seudoruido PN permiten discriminar la señal S_{E1} en recepción mediante una demodulación conveniente.

35 En efecto, una de las ventajas de la utilización de señales moduladas por ensanchamiento de espectro por secuencia directa es que no perturban las transmisiones que están siendo efectuadas por el satélite, entre las que destacan las transmisiones de operadores y distribuidores de contenidos, que definen comunicaciones operativas. Por ende, las interferencias entre las señales útiles y las señales S_{E1} quedan limitadas por la naturaleza de las señales moduladas por ensanchamiento de espectro. Por lo tanto, no hay deterioro de la calidad de servicio de las comunicaciones en curso en una medición de un desbalance de un MPA según el procedimiento de la invención y en la práctica de calibración del MPA. Por lo tanto, el canal V_1 que se somete a prueba mediante el procedimiento de la invención puede ser utilizado conjuntamente por un operador que transmite señales de datos destinadas, por ejemplo, a la difusión de TV.

45 De acuerdo con lo expuesto anteriormente, un ejemplo de señal generada por ensanchamiento de espectro por secuencia directa que presenta un particular interés en el método de la invención es una señal de tipo secuencia PN, cuyo acrónimo anglosajón significa "Pseudo Noise", el cual, en la terminología española, puede entenderse como una secuencia de seudoruido.

50 Una primera ventaja de la secuencia PN es que puede ser detectada por un receptor que demodula la señal recibida del canal principal V_1 o del canal secundario V_2 . Aplicando la decodificación de la secuencia de datos recibidos en un lapso de tiempo dado, conociéndose la secuencia PN, una función de autocorrelación permite detectar la presencia o no de una secuencia contenida en la señal.

Uno de los problemas que soluciona la invención es, especialmente, el de discriminar una secuencia PN en

recepción, proveniente de un canal principal, de la contenida en las señales de fuga provenientes de un canal secundario.

Introducción de las dos formas de realización

5 De acuerdo con las formas de realización, la secuencia PN en recepción en una estación terrestre se puede detectar de diferentes maneras para solucionar este problema. La invención propone dos principales formas de realización del procedimiento de la invención que se fundan en el mismo concepto inventivo, utilizando:

- en una primera realización, el procedimiento permite introducir un retardo generado en uno de los canales secundarios en orden a discriminar, en tierra:
 - una secuencia PN recibida, proveniente del canal principal V_1 , que no está retardada;
 - 10 ○ una réplica de una secuencia PN comprendida dentro de unas señales de fuga en la salida de un puerto secundario.
- En una segunda realización, encargándose de un aislamiento suficiente entre un canal principal y un canal secundario y, más en particular, de las antenas conectadas a estos canales, permitiendo el aislamiento discriminar en tierra:
 - 15 ○ una secuencia PN recibida, proveniente del canal principal, que no está retardada;
 - una réplica de una secuencia PN comprendida dentro de unas señales de fuga en la salida de un puerto secundario.

20 En la presente descripción, se entiende por discriminación de una secuencia PN, una secuencia PN modulada mediante los bits de datos. Claro está que una operación de demodulación permite, a partir de una portadora o de portadoras de señales, extraer los datos modulados en banda base.

Primera realización: retardador

Consideremos, en primer lugar, la primera forma de realización. Cuando el procedimiento de la invención comprende la generación de un retardo en un canal secundario, el procedimiento permite dimensionar este retardo adaptando la relación entre

- 25 ▪ el tamaño de la secuencia PN;
- el retardador en el satélite.

Secuencia PN / codificación, PG

Estudiamos, en primer lugar, la elección de la secuencia PN, de su tamaño y de su tipo de código. El tamaño de la secuencia PN viene definido por una tasa de codificación, denotada por T_{symbol} .

30 La tasa de codificación T_{symbol} se puede expresar:

- bien en número de símbolos generados por segundo con posibilidad de ser codificados y transmitidos; o
- bien en número de símbolos que codifican un bit de datos, transmitiéndose los bits de datos a una tasa de bits por segundo, denotada por T_{bit} .

Se introduce la ganancia de codificación de un bit por una secuencia PN mediante la función PG:

35
$$PG = 10 \log (T_{\text{symbol}} / T_{\text{bit}})$$

Si, por ejemplo, la secuencia PN incluye 10 símbolos para la codificación de un bit, entonces $PG = 10 \text{ dB}$.

La figura 1 representa diferentes secuencias PN de diferentes tamaños, se trata de un código llamado "Gold code".

40 Una ventaja de la utilización de las secuencias PN es la ortogonalidad de las secuencias generadas. En efecto, el producto / la correlación de una secuencia PN con una secuencia cualquiera es cercano a cero, en el sentido de que el valor medio obtenido es cercano a cero, mientras que la autocorrelación de una secuencia PN consigo misma da un máximo, tal y como se ilustra en la figura 1, mediante diferentes resultados de la función de autocorrelación de una función PN.

45 Se comprueba que, cuanto más larga sea la secuencia PN, más importante será el criterio de ortogonalidad de las secuencias. El máximo del pico de la función de autocorrelación permite obtener picos elevados. Esto constituye una primera ventaja en el ámbito de la detección de la secuencia PN que se puede encontrar más fácilmente en la señal recibida.

Otra ventaja puede ser obtenida a la luz de la figura 1, que muestra que un desplazamiento de al menos un símbolo entre dos mismas secuencias autocorreladas entre sí permite obtener un nivel del producto de autocorrelación dentro del nivel del ruido.

- 5 La utilización de una secuencia PN larga, es decir, que tiene una tasa de codificación T_{symbol} elevada, permite obtener un producto prácticamente nulo de la función de autocorrelación de dos secuencias PN que están desplazadas al menos una duración de símbolo D_{symbol} o más.

De este modo, la introducción de un retardo en un canal secundario de una duración al menos igual o superior a la de un símbolo D_{symbol} permite, en recepción, disociar las dos secuencias PN provenientes del canal principal y de un canal secundario cuando se comprueban fugas de señales.

- 10 Por lo tanto, el procedimiento de la invención permite adaptar una secuencia PN que tiene una tasa de codificación T_{symbol} elevada, al objeto de disminuir la restricción sobre el retardador en el satélite.

En efecto, cuando el retardador es una línea de retardo, su longitud es proporcional al retardo que se desea introducir.

Consideremos un caso de ejemplo en el que se da la siguiente configuración:

- 15
- un canal de 72 MHz en la banda Ku;
 - una frecuencia portadora descendente de 11 GHz;
 - la longitud de onda es, entonces, de $(3 \cdot 10^9) / (11 \cdot 10^8) = 2,72$ cm;
 - una secuencia SSSD con una tasa de codificación de 50 Mchip/s;
 - un factor de roll-off de $\sigma = 0,4$.

- 20 Se asume $PG = 60$ dB en la cadena de amplificación, que corresponde a una tasa de codificación de bit de 50 bits/s.

Por lo tanto, en este ejemplo, el periodo de un símbolo es de 20 ns. Lo que nos deja, para una tecnología de línea de retardo, una longitud de la línea del orden 6 metros para una longitud de onda de 220 λ .

Se comprende pues que, cuanto más elevada sea la PG, menos larga será la longitud de la línea de retardo, lo cual permite reducir el espacio ocupado en el satélite.

- 25 Secuencia PN / Tipo de código

Con el procedimiento de la invención, se pueden utilizar numerosas secuencias de código, tales como las siguientes secuencias conocidas: Gold codes, "Maximum Length Sequences", Walsh-Hadamard codes y otras secuencias más.

- 30 En la forma de realización consistente en inyectar un retardo en uno de los canales secundarios, el procedimiento de la invención permite, por tanto, limitar el retardo a una duración de símbolo D_{symbol} o más, beneficiándose de las propiedades de ortogonalidad de las secuencias PN. Estas propiedades permiten, en recepción, discriminar una secuencia PN proveniente de un canal principal de una misma secuencia PN proveniente de un canal secundario.

Por lo tanto, el procedimiento de la invención puede comprender una optimización del valor de la ganancia de codificación PG mediante la disminución de la velocidad de transmisión de un bit de datos.

- 35 El procedimiento de la invención utiliza la generación de una secuencia PN de este tipo dentro de una señal emitida S_{E1} desde una estación transmisora STE_1 que transmite la señal a un satélite SAT. En la forma de realización que conlleva la generación de un retardo, este último se introducirá, por convención, a la salida del puerto de salida P_{S2} del MPA, con relación al ejemplo ilustrado en la figura 3A.

- 40 En los receptores situados en cada estación terrestre, las señales son detectadas, demoduladas, ocasionalmente etiquetadas con marca temporal. Se calculan las amplitudes de las señales y potencias. Se designa por señal principal aquella que sigue el canal de transmisión previsto al efecto, es decir, el canal V_1 que relaciona el puerto de entrada P_{E1} con el puerto de salida P_{S1} , siguiendo los diferentes caminos del MPA tras las descomposiciones y recomposición de la señal recibida en el puerto de entrada P_{E1} . Se designa por réplicas contenidas en las fugas presentes en al menos otro puerto las señales procedentes de la señal principal, pero cuyas recomposiciones a la salida de otro puerto no han generado señales nulas o sensiblemente nulas de manera acorde con la calibración del MPA.
- 45

En la forma de realización que genera un retardo en la salida del canal V_2 , la secuencia PN presente a la salida de un puerto secundario está desplazada al menos una duración de símbolo D_{symbol} para discriminar esta secuencia, en recepción, de la secuencia PN del canal principal. El hecho de desplazar temporalmente la réplica de la secuencia principal inyectando un retardo permite detectar la réplica, sin ambigüedad, en el receptor de la estación terrestre,

cuando las dos secuencias son recibidas, por ejemplo, por el mismo receptor.

- 5 Otra manera de proceder es utilizar un algoritmo de decodificación de la secuencia PN principal y de los datos útiles del canal principal V_1 . Una vez demodulados estos datos, se pueden utilizar para deducir la presencia de la misma secuencia PN proveniente de un canal secundario en la señal recibida, correlando la señal recibida con la secuencia PN modulada mediante los bits de datos. Pero este método precisa de una implementación en soporte lógico específico para la decodificación.

Puesta en práctica del retardo

Detallemos esta primera forma de realización con la lectura de la figura 5, que representa un retardador 22 en un canal secundario.

- 10 En esta primera forma de realización, consiste una primera variante en ubicar, en el canal V_2 o en la salida de un canal secundario del MPA, un retardador que permite introducir un retardo de línea. Este último permite retardar las señales en la salida del puerto de salida P_{S2} .

- 15 A título de ejemplo, cada puerto de salida del MPA podría estar equipado con líneas de retardo, que son filtros, capaces de suministrar el retardo de fase contemplado. Un medio práctico consiste en utilizar una tecnología de guía de ondas. Es necesario, entonces, que los deterioros asociados a estos filtros tengan que ser inferiores a 0,1 dB. Esto permite no degradar en demasía la potencia de salida.

A tal efecto, se puede establecer un retardador 22 en la salida del puerto de salida P_{S2} del MPA, tal como se ilustra en la figura 5.

Varios retardadores

- 20 De acuerdo con otras variantes de realización, hay retardadores presentes en la salida de cada canal. Estos últimos, según se ha detallado anteriormente, permiten, en recepción, efectuar mediciones de potencias de las fugas de señales a un canal secundario del MPA. En este caso, cada retardador puede tener un retardo propio que permite, en recepción, aislar una réplica de la secuencia transmitida originalmente en el canal principal y que causa fuga hacia otros canales.

- 25 Una ventaja de definir un retardo diferente en cada canal es la de permitir ajustar de manera única cada canal frente a un canal de referencia. Esto permite efectuar las pruebas que se desean sin perturbar los enlaces de datos útiles que transitan mientras que se realiza el procedimiento de la invención. Por lo tanto, durante la fase de calibración, no hay interrupción de servicio del MPA, y permitiendo la fase preliminar deducir los valores de calibración del MPA.

- 30 En consecuencia, la parte de las componentes de la señal principal que se constituyen en fugas en un puerto de salida secundario, por ejemplo del canal V_2 , se retardan un retardo definido entre el canal V_1 y el canal V_2 : $\Delta T_{V2/V1}$.

Un solo retardador

De acuerdo con otra variante, solo un canal está equipado con un retardador, y todas las mediciones de calibración se efectúan comparando las mediciones de un canal con la de aquel equipado con el retardador. En este caso, es preferible poner el retardador en un canal principal, para retardar las señales principales y no retardar las fugas.

- 35 De acuerdo con esta primera forma de realización, el receptor STS_2 recibe dos señales provenientes del satélite, cuyas potencias pueden aislarse merced a la consideración del retardo.

La potencia medida relativa a la parte de la señal recibida correspondiente a las fugas permite deducir valores de consigna de calibración en fase y en amplitud que han de aplicarse al MPA.

Retardo con red de haces

- 40 De acuerdo con una segunda forma de realización que no utiliza retardador en los canales, es posible beneficiarse de una configuración que permite generar retardos en cada canal del MPA utilizando una red de conformación de haces atribuidos a una configuración específica de los puertos de salida del MPA. Por ejemplo, cuando una red de conformación de haces está acoplada ventajosamente con los puertos de salida del MPA y diferentes coberturas de cada antena según una configuración dada de desfase de las señales transmitidas en cada canal del MPA. Esta configuración permite desfasar en cada canal las señales de un retardo dado, para que cada estación terrestre de interés reciba una señal desfasada, por ejemplo, un múltiplo de un retardo T_0 .

Si se introduce un retardo de T_0 entre el primer canal V_1 y el segundo canal V_2 , cada retardo introducido en los demás canales de un MPA puede ser, por ejemplo, un múltiplo del retardo T_0 . Entonces tenemos, para el canal V_3 , un retardo de $2 \cdot T_0$, para el canal V_4 , un retardo de $3 \cdot T_0$.

- 50 Retardo con puerto de salida no utilizado por el MPA

Finalmente, una tercera variante que permite generar retardos en cada uno de los canales del MPA consiste en la utilización de un puerto de salida no utilizado por las comunicaciones del MPA. Entonces, este puerto de salida puede estar configurado con una línea de retardo de baja potencia que está conectada a una antena de bocina que se utiliza, por ejemplo, para el enlace de telemetría o la transmisión de una señal Beacon.

- 5 La réplica de la secuencia que se retarda es recibida en una estación terrestre que se encarga del enlace de telemetría.

En esta solución, cada medición de desviación de potencias de las fugas de señales se efectúa entre el canal principal sometido a prueba y el canal conectado al puerto conectado a la línea de retardo y la antena de bocina. Se deducen entonces valores de calibración del MPA. Se puede, entonces, calibrar cada canal con relación al mismo canal de prueba que utiliza la antena de bocina. Esta solución presenta la ventaja de no precisar más que escasas modificaciones de soporte físico, excluyendo la línea de retardo que ha de integrarse en el puerto no utilizado.

Dependiendo de los escenarios, una configuración de activación de un retardo a la salida de un puerto de salida P_{S2} de un canal secundario V_2 se puede desencadenar según las prácticas de pruebas emprendidas en periodos dados y a espacios de tiempo predefinidos. De este modo, no es necesario, por ejemplo en la última variante que utiliza la bocina, que la línea de retardo genere permanentemente un retardo en todas las señales que transitan por ese canal.

La solución que permite utilizar un puerto de salida no utilizado del MPA a efectos de introducción de un retardo ofrece una solución eficaz. Este puerto de salida puede ser el segundo puerto P_{S2} . En este caso, la antena Tx_2 es, en este ejemplo, una antena de bocina.

20 De esta manera, la señal correspondiente a las fugas amplificada y emitida por la antena de bocina Tx_2 , por intermedio del puerto no utilizado P_{S2} , se denota por SS_2 . La réplica de secuencia principal está desplazada en el tiempo el espacio de tiempo necesario que se ha configurado en la función del retardador. La señal SS_2 se transmite a una estación terrestre destinada a recibir, por ejemplo, las señales de telemetría.

25 Si el MPA no está bien calibrado, entonces el receptor de la estación terrestre está en disposición de detectar una potencia de señales recibidas. Entonces, está en disposición de inferir la presencia de una réplica de la misma secuencia PN transmitida en el canal principal, merced a la introducción del retardo en el canal secundario y merced a la puesta en práctica de una función de autocorrelación.

30 Una de las soluciones utilizadas preferiblemente en el caso de comunicación que transita por el canal principal es aquella que consiste en introducir un retardo a la salida del puerto P_{S2} y utilizar un puerto de salida del MPA no utilizado por las comunicaciones operativas. Se utiliza entonces Tx_2 , que es una antena de bocina según se ha detallado en esta tercera variante.

35 La introducción del retardo nos permite obviar el nivel de aislamiento entre los canales. En efecto, se necesita, como mínimo, un aislamiento de al menos 40 dB entre la potencia recibida en tierra de cada canal. Esta restricción impone recibir las señales en dos estaciones diferentes y suficientemente alejadas para lograr las imposiciones de aislamiento necesarias.

40 El retardo puede ser generado, por ejemplo, por medio de una línea de retardo, tal como un cable coaxial de baja potencia a la salida del puerto de salida P_{S2} . La señal retardada se puede atenuar mediante el retardador y la ganancia de la antena de telemetría, también denominada "antena de bocina", que es menor que la ganancia de una antena de radiocomunicación conectada al MPA, tal como la antena Tx_1 . La ganancia de la antena de telemetría es inferior a la ganancia de la antena Tx_1 , aproximadamente de 20 a 30 db inferior. Por ende, la diferencia de potencia entre la secuencia principal emitida por Tx_1 y la réplica emitida por Tx_2 en recepción en la estación terrestre STS_2 puede ser de 20 dB + 20 dB = 40 dB.

45 Para que la función de autocorrelación no deje de ser eficiente en estas condiciones, es necesario entonces dimensionar el tamaño N de la secuencia deseudoruido PN al objeto de hacer máxima su detección por el receptor STS_2 .

Análisis de las señales en recepción

Una tercera ventaja del método que utiliza la introducción de un retardo es que permite no decodificar necesariamente las señales, permitiendo la función de autocorrelación aplicada a las señales recibidas en una ventana de tiempo dada:

- 50
- detectar la presencia de la secuencia PN recibida y emitida mediante el canal principal;
 - detectar la presencia de la misma secuencia PN replicada proveniente de un canal secundario cuando tienen lugar fugas en al menos un puerto secundario P_k .

Estas detecciones se pueden deducir del resultado de las funciones de autocorrelación, sin decodificación de las secuencias.

Por lo tanto, no hay necesidad de utilizar un algoritmo de decodificación, lo cual permite evitar una etapa de análisis de datos en recepción. Solo puede medirse la potencia de la señal recibida y los resultados de las funciones de autocorrelación.

5 El análisis de la potencia de la señal recibida que comprende una réplica de la secuencia procedente de un canal secundario permite deducir parámetros de reequilibrado del MPA.

El procedimiento de la invención puede aplicarse en cada canal secundario, comparando las señales recibidas entre un canal secundario y un canal principal.

10 Las deducciones de parámetros de desfase(s) y desviación(-ones) de ganancia de los amplificadores del MPA se obtienen mediante análisis de los niveles de potencia de las fugas presentes a la salida de cada canal y, por tanto, en tierra, tras la recepción de las señales emitidas por el satélite SAT.

Una etapa de cálculo permite deducir los parámetros de reequilibrado que se deben aplicar al MPA según un procedimiento de calibración.

Puede emprenderse entonces una calibración del MPA cuando el procedimiento de detección permite deducir valores de fugas a la salida de cada canal.

15 2ª realización

De acuerdo con otra forma de realización, no necesariamente se introduce un retardo en un canal secundario para discriminar la parte de la señal correspondiente a la señal principal de las fugas.

20 Según se ha avanzado ya anteriormente, un problema que en este caso se afronta es el aislamiento de las estaciones terrestres entre sí frente a las señales que no les están destinadas. El procedimiento de la invención permite, en esta segunda forma de realización, solucionar este problema.

Esta forma de realización requiere recibir las señales provenientes del canal principal y las señales de un canal secundario que comprenden fugas, en dos estaciones terrestres suficientemente aisladas entre sí en frecuencia. Por lo tanto, las señales recibidas en cada estación, incluyendo cada una de ellas la misma secuencia PN modulada mediante los bits de datos, pueden ser recibidas simultáneamente y analizadas *a posteriori*:

- 25
- bien efectuando una decodificación, una medición de nivel y una comparación de los datos demodulados;
 - o bien mediante una función de autocorrelación aplicada a las dos señales recibidas y etiquetadas con marca temporal y analizando el pico de correlación.

30 La figura 3A representa un emisor E_1 de una estación terrestre STE_1 . Una señal SE_1 es modulada mediante una secuencia PN_i de pseudoruido y transmitida al satélite por intermedio de un enlace ascendente. Se asume entonces un segundo canal V_2 , conectado a un puerto de salida PS_2 . El primer canal V_1 está conectado a un puerto de salida PS_1 .

35 Cada antena de salida TX_1 y TX_2 está orientada según una configuración de difusión. La figura 3B propone un ejemplo de configuración que permite comprender mejor esta segunda forma de realización, que se funda en un buen aislamiento del canal principal con un canal secundario. Por ejemplo, la antena de salida TX_1 conectada al primer puerto PS_1 está dirigida en orden a difundir en un área en Francia FR, mientras que la antena de salida TX_2 conectada al segundo puerto PS_2 está dirigida en orden a difundir en un área alemana DE. La señal de salida de la antena TX_1 se denota por SS_1 y la señal de salida de la antena TX_2 se denota por SS_2 .

40 Se tomará el ejemplo de la cobertura de áreas francesa y alemana para detallar un caso modelo que permite comprender mejor la invención, pero el procedimiento de la invención es de aplicación a partir del instante en que dos estaciones de recepción ofrecen un suficiente aislamiento entre sí.

45 El satélite SAT recibe la señal SE_1 en una antena ANT_{E1} de recepción. La antena entrega la señal recibida a un primer puerto PE_1 del MPA. Cuando el MPA no está calibrado, unas señales recompuestas a la salida de puertos secundarios pueden generar fugas que incluyen un rastro de la secuencia PN_i modulada mediante los bits de datos. Las fugas se generan según los principios explicados con relación a la figura 2, en la recomposición de componentes de señales sumadas, teóricamente en contrafase.

La medición de las potencias de fugas que comprenden la secuencia PN_i se puede realizar analizando la potencia recibida en la estación STS_2 . Este análisis permite inferir valores de desbalance y, por tanto, inferir consignas de calibración del MPA del mismo modo que en la primera forma de realización.

50 En el ejemplo ilustrado en la figura 3B, cuando nos situamos en un área de recepción en Alemania, la figura 3B ilustra que una parte SS_1' de las señales emitidas por la antena TX_1 de las señales SS_1 llega hasta el receptor STS_2 en el área en Alemania DE. Ello es debido a una ausencia de aislamiento al 100% entre áreas de cobertura que no se hallan totalmente desunidas, por la proximidad geográfica de las áreas. Por ejemplo, las ciudades fronterizas

entre Alemania y Francia se verán más sujetas a las consecuencias de un aislamiento insuficiente al recibir las señales de las dos antenas.

En Alemania, cuando no se inyecta ninguna señal en el puerto de entrada P_{E2} , el receptor STS_2 recibe, por tanto, la suma:

- 5 ▪ de las señales transmitidas por la primera antena Tx_1 y que han sido atenuadas por la distancia y la inclinación entre la antena Tx_1 del satélite y el receptor situado en Alemania;
- de las señales que han causado fuga del primer canal V_1 hacia el segundo canal V_2 .

La figura 4 permite ilustrar los niveles de señales recibidas en cada estación terrestre.

Por lo tanto, la potencia recibida en la estación terrestre STS_2 comprende:

- 10 ▪ una primera parte $SR_{STS2}(A)$ amplificada por la antena Tx_1 , pero parcialmente aislada geográficamente; y
- una segunda parte $SR_{STS2}(B)$ amplificada por la antena Tx_2 , procedente de las fugas del MPA causadas por un desbalance de este último.

15 La curva 41 representa la potencia de la señal proveniente de la antena Tx_1 , que está destinada a cubrir el área situada en Francia. Se comprueba que, efectivamente, la potencia es máxima en el área de cobertura FR, y que esta potencia disminuye en las áreas vecinas, entre ellas, el área DE situada en Alemania.

Idénticamente, la curva 42 representa la potencia de la señal proveniente de la antena Tx_2 , destinada a cubrir el área situada en Alemania. Se comprueba que, efectivamente, la potencia es máxima en el área de cobertura DE, y que esta potencia disminuye en las áreas vecinas, entre ellas, el área FR situada en Francia.

20 Desde el punto de vista de un receptor STS_2 , situado en Alemania en el área DE, este recibe la suma de la potencia de las señales provenientes de las dos antenas, incluyendo Tx_1 y Tx_2 .

Con objeto de comprender mejor las curvas de la figura 4, se denomina:

- la ganancia FR_{TX11} : la ganancia de las señales presentes a la salida de la antena Tx_1 y que llegan hasta el receptor STS_1 ; y
- 25 ▪ la ganancia FR_{TX12} : la ganancia de las señales presentes a la salida de la antena Tx_1 y que llegan hasta el receptor STS_2 , estas señales se denotan por SS_1' ; y
- la ganancia DE_{TX22} : la ganancia de la antena conectada al segundo canal V_2 que se encarga de la cobertura del área alemana y, por tanto, del receptor STS_2 ,
- la potencia recibida SR_{STS2} : la potencia de las señales recibidas en el receptor STS_2 ,
- 30 ▪ las fugas $SS_{V1 \rightarrow V2}$ presentes a la salida de la antena Tx_2 provenientes de la recomposición no nula de componentes de la señal S_{E1} en un canal secundario.

Se obtiene: $SR_{STS2} = SR_{STS2}(A) + SR_{STS2}(B)$,

siendo:

- $SR_{STS2}(A) = (SS_1 \cdot FR_{TX12})$
- $SR_{STS2}(B) = (SS_{V1 \rightarrow V2} \cdot DE_{TX22})$

35 Cuando el MPA está calibrado perfectamente, es decir, no hay fugas del canal V_1 al puerto de salida P_{S2} , debemos tener, teóricamente:

- $SS_{V1 \rightarrow V2} \approx 0$ y, por tanto, $SR_{STS2}(B) \approx 0$

40 En este caso, el receptor STS_2 situado en el área alemana, en el mismo ejemplo que anteriormente, únicamente recibe la señal SS_1' proveniente de la antena Tx_1 y, por tanto, la potencia referida como $SR_{STS2}(A)$. Se hace la aclaración de que las señales SS_1 y SS_1' son idénticas, solo difiere la ganancia en recepción de estas señales de una estación terrestre a otra, en función de la dirección de apuntamiento de la antena y del aislamiento de la antena.

45 Cuando el MPA está desbalance, aparecen, en la salida de un puerto secundario P_{S2} , señales transmitidas por un canal secundario que comprenden la secuencia PN modulada mediante los bits de datos. Las fugas, denotadas por $SS_{V1 \rightarrow V2}$, son no nulas y poseen una potencia que se pretende medir en una estación terrestre aislada de la estación terrestre que recibe las señales provenientes del canal principal V_1 .

En el mismo ejemplo que anteriormente, el receptor situado en el área en Alemania recibe una parte de la señal proveniente de la antena T_{X1} que se encarga de la cobertura del área en Francia y una parte de señales amplificadas por los amplificadores del canal V_2 provenientes del canal V_1 .

La figura 4 representa las dos partes de la potencia recibida de las señales SS_1' y SS_2 por el receptor STS_2 .

5 Cuando no se transmite ninguna señal útil en el canal V_2 , tenemos:

$$SS_2 = SS_{V_1 \rightarrow V_2}$$

En efecto, en este caso, solo son emitidas por la antena T_{X2} las fugas de las componentes desfasadas de la señal S_{E1} sumadas a la salida del MPA.

10 El procedimiento de la invención permite medir solo la parte de la señal recibida en el receptor STS_2 , procedente de las componentes de la señal principal del canal V_1 que se han recompuesto a la salida de un puerto secundario y que, por tanto, se constituyen en fugas en el puerto de salida P_{S2} . La medición de estas fugas permite inferir un valor de desbalance del MPA.

15 Las mismas mediciones se pueden aplicar en cada canal tomando, para cada medición, un canal principal de referencia, en nuestro caso, hemos tomado V_1 y el puerto P_{E1} como puerto que recibe la señal principal de prueba para la medición del desbalance del MPA.

Esta segunda forma de realización requiere elegir un umbral de aislamiento entre las dos antenas T_{X1} y T_{X2} y, por tanto, una configuración de las antenas T_{X1} y T_{X2} y su orientación apuntando a dos estaciones terrestres suficientemente alejadas.

20 Cuando el aislamiento de las señales emitidas entre los dos canales es suficiente, la potencia recibida de las señales amplificadas por el canal principal V_1 y recibidas en el receptor STS_2 es despreciable con relación a la potencia de las señales provenientes de las fugas de señales del canal V_1 en el puerto de salida P_{S2} .

De manera concreta, con relación a la figura 4 se puede apreciar la razón 43. Cuando la potencia de la señal recibida por la estación STS_2 es máxima, la potencia de la señal SS_1' proveniente de la antena T_{X1} es despreciable.

25 Esta segunda forma de realización centra su empeño en definir una solución que se encamina a controlar el aislamiento entre las antenas de transmisión T_{X1} y T_{X2} del satélite.

30 Eligiendo estaciones de cada área suficientemente alejadas, por ejemplo, "Brest" para Francia y "Berlín" para Alemania, las señales presentes a la salida del puerto P_{S1} con destino a Brest en el área Francia perturbarán muy poco las señales recibidas en una estación situada en Berlín en el área Alemania. La potencia de las señales recibida en Berlín por la antena T_{X2} será netamente superior a la potencia de las señales emitidas por T_{X1} y recibida en Berlín, que se considerarán de potencia despreciable.

Se considera que las atenuaciones son suficientemente acusadas y, por tanto, las coberturas en estas ciudades, suficientemente desunidas para considerar la potencia de la señal SS_1' como despreciable en la recepción del receptor STS_2 situado en Berlín.

35 El procedimiento de la invención permite medir un desbalance del MPA, especialmente comparando la potencia de las fugas de un canal a otro.

En nuestro caso de ejemplo, la potencia de las señales recibida en Berlín, esto es, la estación STS_2 , con origen en el canal V_1 y en el puerto P_{S1} y, por tanto, en la antena T_{X1} , tiene que ser despreciable frente a la potencia de las señales con origen en el canal V_2 y en el puerto P_{S2} , por tanto, en la antena T_{X2} , correspondiente a las fugas de las señales del canal V_1 hacia el canal V_2 .

40 En este ejemplo, se asume que no se inyecta ninguna señal en el puerto de entrada P_{E2} del canal V_2 destinado a emitir en la antena T_{X2} .

Las únicas señales presentes en el puerto de salida P_{S2} serán las fugas de señales inyectadas en la entrada del puerto de entrada P_{E1} , destinadas a ser transmitidas por intermedio de la antena T_{X1} .

Consideremos un caso de ejemplo en el que el desbalance del MPA es de 20 dB.

45 Si el aislamiento entre las antenas T_{X1} y T_{X2} permite tener una diferencia de más de 20 dB entre ellas, entonces la potencia de la señal SS_1' en recepción en la estación STS_2 será despreciable frente a la potencia recibida de las fugas debidas al desbalance del MPA. Por lo tanto, la elección de las estaciones terrestres STS_1 y STS_2 tomadas como suficientemente alejadas entre sí contribuye a aislar una de otra las dos antenas T_{X1} y T_{X2} .

En la estación terrestre STS_2 , pueden surgir dos casos:

50

- bien no se detecta ninguna señal y, entonces, el MPA está bien calibrado, es decir, el desbalance del MPA es inferior a un umbral aceptable;
- o bien se detecta una señal, y se recibe la secuencia de espectro ensanchado. La potencia de la señal recibida puede ser detectada y medida. En este caso, el conocimiento de la ganancia de la antena Tx_2 y el conocimiento del aislamiento permiten inferir el desbalance del MPA.

5 En una forma de realización, con la antena Tx_2 se pueden alcanzar varias áreas de cobertura. Entonces, las medidas de potencia recibida se pueden tomar en diferentes puntos geográficos, es decir, en diferentes estaciones. Los resultados se pueden consolidar entonces mediante comparación de las potencias recibidas en diferentes estaciones terrestres. Esto permite validar y verificar con más certeza los niveles de desbalance del MPA.

10 El aislamiento entre las dos antenas Tx_1 y Tx_2 se puede mejorar, igualmente, atribuyendo señales de una cierta polarización a la antena Tx_1 y otra polarización a la antena Tx_2 . Pueden ser, por ejemplo, polarizaciones inversas u ortogonales. Esta solución permite minimizar las potencias recibidas de las señales recibidas en la estación ST_2 con origen en la antena Tx_1 .

Una ventaja de este método es la de no precisar de modificación de soporte físico del satélite.

15 Una de las principales ventajas de la utilización de una señal de espectro ensanchado es que es compatible con un funcionamiento operativo que permite realizar estas pruebas, al propio tiempo que mantiene una continuidad de servicio para los operadores de telecomunicaciones. En efecto, las secuencias de espectro ensanchado no perturban las señales útiles que transitan por el MPA. Una ventaja es que, en el receptor de la estación terrestre STS_2 , las comunicaciones útiles pueden ser procesadas fácilmente, al objeto de conservar tan solo la secuencia recibida por espectro ensanchamiento de espectro.

20 Esta propiedad no impide que el procedimiento de la invención sea compatible con una realización en la que transitan comunicaciones útiles por el canal V_2 . En este caso, el MPA procesa señales entrantes al puerto de entrada P_{E2} y las encamina hacia el puerto de salida P_{S2} . Retomando el anterior ejemplo con un aislamiento de 20 dB entre las dos antenas en las estaciones de tierra, el valor del desbalance que es detectable en la estación STS_2 es de 20 dB.

Calibración del MPA

Diferentes métodos de la invención permiten medir la presencia o no de un desbalance del MPA. Cuando en una práctica de prueba se detecta un desbalance del MPA, se deduce un valor de calibración. Se puede efectuar, por ejemplo, la calibración de los diferentes caminos del MPA. Una calibración de un camino consiste, por ejemplo, en:

- 30 ▪ la introducción de un desfase de un desfasador variable al objeto de obtener un plan de fases predefinido entre cada camino; y
- el ajuste de una ganancia variable de un amplificador de cada camino del MPA.

Idénticamente, para la calibración de los módulos de entrada IBM y de salida OBM, pueden ser calibrados según los componentes de que se trate.

35 Por lo tanto, la fase y/o la amplitud de cada camino del MPA se pueden ajustar según una o unas consigna(s). El cambio de fase o de amplitud de un camino es capaz de incidir generalmente en todos los canales del MPA (enlace de un puerto de entrada con un puerto de salida).

40 Para efectuar la calibración del MPA, se tienen que transmitir al satélite consignas de calibración de fase y/o de amplitud. Una estación de control permite generar las consignas de calibración hacia el satélite a partir de las medidas de potencias tomadas en una estación STS_2 . Estas consignas se pueden remitir por medio de mandos de control, por ejemplo, merced al enlace de telemetría.

Las consignas de calibración se pueden aplicar para cada camino del MPA o los módulos de entrada IBM y de salida OBM. Cada camino se puede calibrar uno tras otro, según una iteración de los parámetros asignados a cada componente, entre los que destacan los desfasadores y los amplificadores.

45 La calibración permite corregir los desbalances del MPA. El desbalance del MPA puede haberlo causado la utilización redundante de un amplificador de tubo TWTA de un camino del MPA o, también, un cambio de tiempo de respuesta de un amplificador TWTA, o la deriva de ciertos componentes pasivos de los diferentes caminos del MPA.

50 Se puede realizar un plan de pruebas de medición de los desbalances del MPA, al objeto de generar un plan de calibración. A continuación, se puede someter nuevamente a prueba la calibración, según el mismo procedimiento, y reajustarse a conveniencia, mediante una iteración de la práctica de calibración.

El procedimiento de la invención puede aplicarse en todos los MPA, especialmente aquellos presentes en los satélites de difusión y, entre ellos, los satélites geoestacionarios.

El procedimiento de la invención, no obstante, es de aplicación en todo tipo de satélite que comprende un MPA.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) destinado a ser embarcado en un satélite (SAT), comprendiendo el amplificador multipuerto una pluralidad de caminos, siendo configurable cada camino en ganancia y en fase, comprendiendo el amplificador multipuerto (MPA) una pluralidad de puertos de entrada (P_{E1} , P_{E2}) y una pluralidad de puertos de salida (P_{S1} , P_{S2}), estando asociado cada puerto de entrada a un puerto de salida para determinar un canal de transmisión denominado "canal", estando unido cada puerto de salida a una antena del satélite (T_{X1} , T_{X2}), estando un primer canal (V_1) configurado en frecuencia dentro de un canal de transmisión que define una primera banda útil para recibir señales con origen en una estación transmisora (ST_{E1}) en tierra y retransmitirlas, previa amplificación en el amplificador multipuerto (MPA), hacia una primera estación terrestre (ST_{S1}) de una primera área geográfica, estando configurado un segundo puerto de salida (P_{S2}) de un segundo canal (V_2) para emitir, por intermedio de una segunda antena (T_{X2}), hacia una segunda estación terrestre (ST_{S2}) de una segunda área geográfica, caracterizándose dicho procedimiento por:
- una transmisión de una primera señal de prueba (S_{E1}) modulada por ensanchamiento de espectro de la primera estación transmisora (ST_{E1}) hacia el primer canal (V_1) del amplificador multipuerto (MPA), siendo generada la primera señal de prueba en al menos la banda útil del primer canal (V_1);
 - una recepción por parte de la segunda estación receptora (ST_{S2}) configurada en frecuencia para recibir señales emitidas por la segunda antena (T_{X2}) unida al segundo canal (V_2) del amplificador multipuerto (MPA), siendo dichas señales susceptibles de comprender una réplica de la primera señal de prueba (S_{E1});
 - la detección y la medición de al menos una potencia de señales recibidas (SS_2) correspondientes a una réplica de la primera señal de prueba (S_{E1}) que ha causado fuga a la salida del segundo puerto de salida (P_{S2});
 - un cálculo de al menos un valor de desbalance del MPA a partir de la medición de la potencia de la réplica de la primera señal de prueba (S_{E1}), recibida en la segunda estación terrestre (ST_{S2}).
2. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según la reivindicación 1, caracterizado por que el MPA comprende una matriz de Butler que comprende:
- un módulo de entrada (IBM) que permite, a partir de la primera señal de prueba (S_{E1}), generar una pluralidad de componentes desfasadas y de igual amplitud hacia una pluralidad de caminos que unen el módulo de entrada (IBM) a un módulo de salida (OBM);
 - una pluralidad de caminos que comprenden cada uno de ellos al menos un amplificador de señales;
 - un módulo de salida (OBM) que permite dividir y recomponer las componentes entrantes desfasadas y amplificadas, al objeto de proporcionar:
 - en un puerto de salida (P_{E1}) dado, una señal ($BM(S_{E1})$) no nula amplificada, correspondiente a la primera señal de entrada (S_{E1}) que ha de transmitirse a la primera estación terrestre (ST_{S1}); y
 - en los demás puertos, unas resultantes de las componentes de la primera señal de prueba (S_{E1}) sensiblemente nulas, dentro de los límites de los errores de calibración.
3. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado por que la primera señal de prueba (S_{E1}) es una señal de radiofrecuencia modulada mediante una secuencia de bits de datos codificada mediante una secuencia de seudoruido PN en banda base, comprendiendo la secuencia PN un tamaño N de símbolos y una tasa de codificación T_{Symbol} , seleccionándose dicha secuencia de seudoruido PN de entre una familia de códigos que tienen cada uno de ellos una propiedad de ortogonalidad.
4. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según la reivindicación 3, caracterizado por que la ortogonalidad de una secuencia se corresponde con el resultado de una autocorrelación de dos mismas secuencias, de las cuales una de ellas está desplazada temporalmente con la otra en al menos la duración de un símbolo, presentando el resultado de la autocorrelación un nivel sensiblemente obtenido en el nivel de ruido.
5. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según la reivindicación 4, caracterizado por que la secuencia de seudoruido PN se selecciona:
- de manera que la longitud N de la secuencia de seudoruido PN se calcula al objeto de obtener una ganancia de codificación (PG) superior a un umbral mínimo, definiéndose la ganancia de codificación (PG) por la relación entre la tasa de codificación de un símbolo (T_{Symbol}) de una secuencia de seudoruido PN y la tasa de codificación (T_{bit}) de un bit de datos de una secuencia de bits de datos;

- de entre la siguiente lista: {un código de tipo Gold codes, un código de tipo “Maximum Length Sequences”, un código de tipo Walsh-Hadamard codes}.
6. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, caracterizado por que el pico de la autocorrelación de una secuencia de seudoruido es de un valor normalizado de 1 y, fuera del pico de correlación, el valor de la función de autocorrelación es del orden de $1/N$.
7. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que:
- se cumple un primer valor umbral de aislamiento entre la primera antena (T_{X1}) del primer canal (V_1) y la segunda antena (T_{X2}) del segundo canal (V_2), de modo que la potencia recibida de las señales de la primera antena (T_{X1}) en la segunda estación de recepción (STS_2) se considere despreciable frente a la potencia de las señales recibidas por la segunda estación (STS_2) de recepción (STS_2) con origen en la segunda antena (T_{X2});
 - la desviación de potencia entre las señales recibidas por la segunda estación (STS_2) con origen en la primera antena (T_{X1}) y las señales recibidas por la segunda estación (STS_2) con origen en la segunda antena (T_{X2}) es superior a un umbral predefinido;
 - el primer valor umbral de aislamiento se define comparando las potencias recibidas en un receptor de la segunda estación (STS_2) entre las señales provenientes, por una parte, de la primera antena (T_{X1}) y, por otra, de la segunda antena (T_{X2}).
8. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que las señales (SS_1 , SS_2) presentes a la salida de al menos dos antenas (T_{X1} , T_{X2}) del MPA son polarizadas con diferentes polarizaciones, al objeto de introducir, entre las dos correspondientes antenas, un aislamiento suplementario.
9. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que:
- en la salida de uno de los dos canales (V_1 , V_2) del MPA se introduce un retardo, al objeto de retardar las señales presentes a la salida del puerto de salida (P_{S1} , P_{S2}) del canal correspondiente (V_1 , V_2);
 - una única estación terrestre (STS_1 , STS_2) permite recibir las señales presentes a la salida de cada puerto de salida (P_{S1} , P_{S2}), permitiendo la orientación de las primeras y segundas antenas (T_{X1} , T_{X2}) la recepción de las señales (SS_1 , SS_2) de los primeros y segundos canales (V_1 , V_2) en la estación terrestre (STS_1 , STS_2),
- siendo la duración del retardo generado en las señales transmitidas superior a una duración mínima correspondiente al periodo de un símbolo (D_{symbol}) de la secuencia PN de la primera señal de prueba (S_{E1}).
10. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según la reivindicación 9, caracterizado por que el retardo es,
- bien introducido por un retardador (22) a la salida de uno de los canales (V_1 , V_2) del MPA;
 - bien introducido por una línea de retardo cuya longitud está dimensionada para introducir un retardo deseado;
 - o bien generado por medio de una configuración de una red de conformación de haces acoplados con los puertos de salida del MPA, al objeto de atribuir para cada puerto de salida unas señales que incluyen un desfase predefinido.
11. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10, caracterizado por que uno de los canales (V_1 , V_2) del MPA está conectado con una antena de telemetría o una antena de bocina y por que, entre el canal y la antena de telemetría o de bocina, se establece al menos un retardador.
12. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que el receptor de la primera estación terrestre (STS_1 , STS_2) procede a una función de autocorrelación de las señales recibidas de cada uno de los canales (SS_1 , SS_2) en una ventana de tiempo predefinida, al objeto de discriminar la presencia de cada una de las secuencias PN en recepción, resultando la discriminación de las dos secuencias de un aislamiento obtenido merced al retardo inyectado en uno de los canales del satélite.
13. Procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que la primera señal de prueba (S_{E1}) se transmite en un canal

(V₁) en la misma banda de frecuencia que unas señales útiles de telecomunicaciones.

14. Procedimiento de calibración de un amplificador multipuerto (MPA) de un satélite (SAT), caracterizado por comprender:

- 5 ▪ una medición de un nivel de potencia de la réplica de la primera señal de prueba en un receptor de una estación terrestre (STS₂) por medio del procedimiento de detección de un desbalance de un amplificador multipuerto (MPA) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13;
- una generación de al menos una consigna de calibración deducida de las mediciones de potencias de la señal que comprende la réplica de la primera señal de prueba (S_{E1});
- 10 ▪ una transmisión de dicha al menos una consigna de calibración al satélite, comprendiendo dicha consigna de calibración al menos una consigna de desfase y/o una consigna de ganancia.

15. Procedimiento de calibración de un amplificador multipuerto (MPA) de un satélite (SAT) según la reivindicación 14, caracterizado por que el receptor de la estación receptora (STS₂), que mide la potencia de una señal (SS₂) correspondiente a una réplica de la primera señal de prueba a la salida de un segundo canal (V₂), transmite a una estación de control los datos de potencias recogidos, al objeto de que la estación de control transmita al satélite (SAT) una señal de gobierno encaminada a reconfigurar el MPA con las consignas de ganancia y/o de desfase generadas.

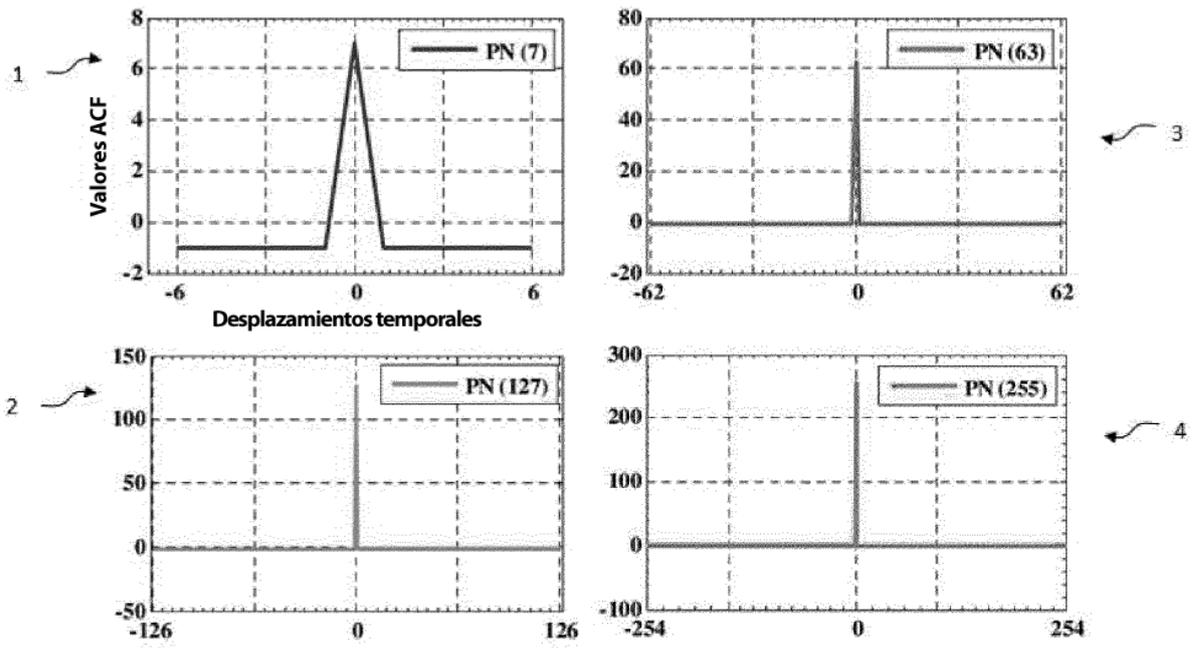


FIG. 1

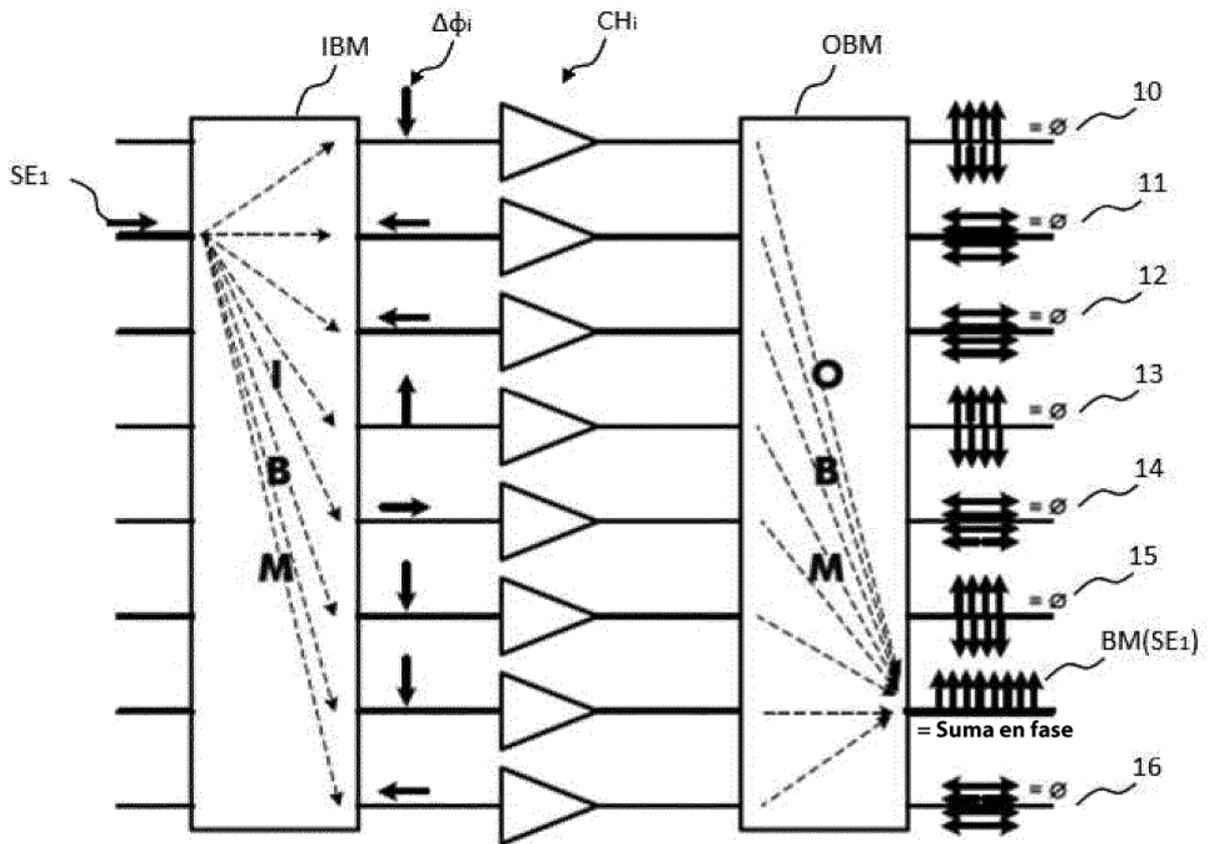


FIG. 2

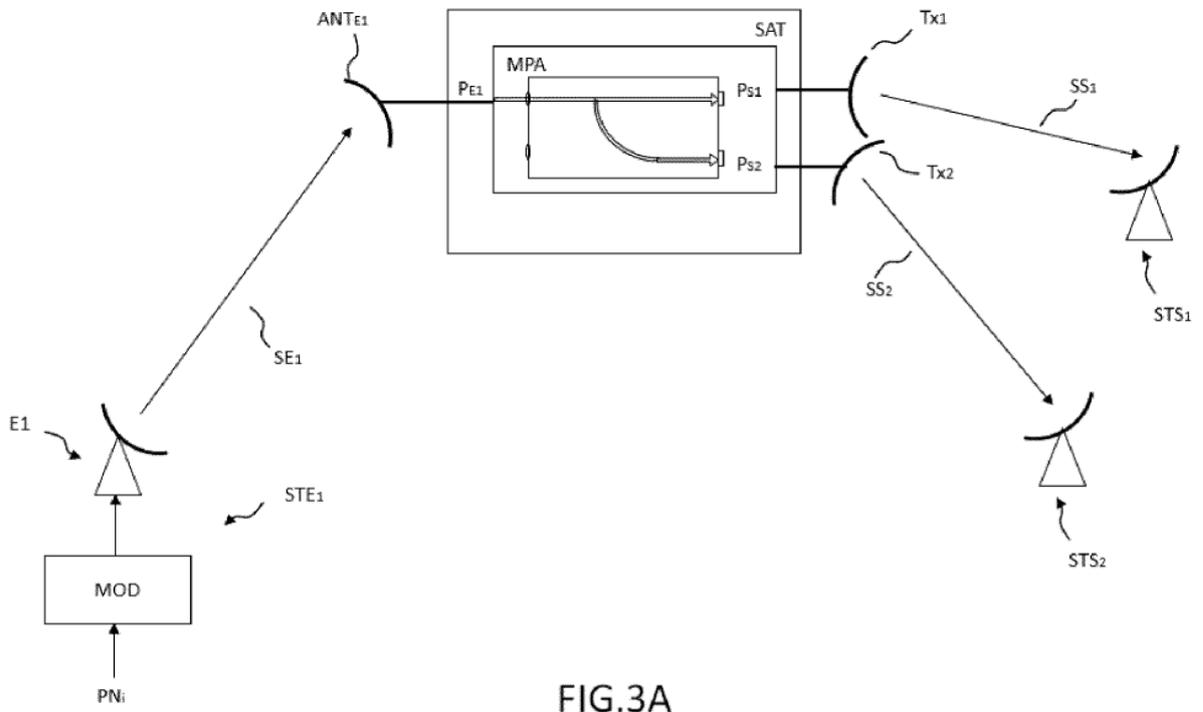


FIG.3A

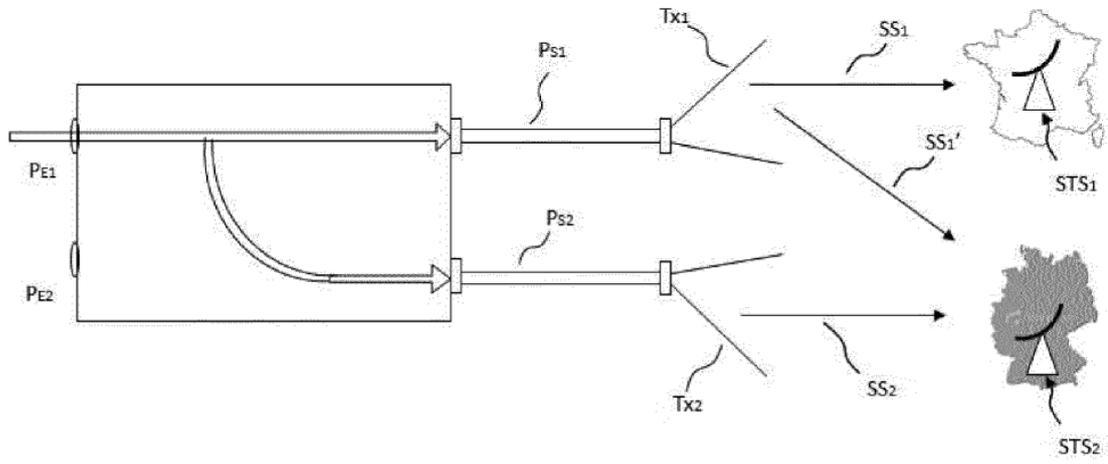


FIG. 3B

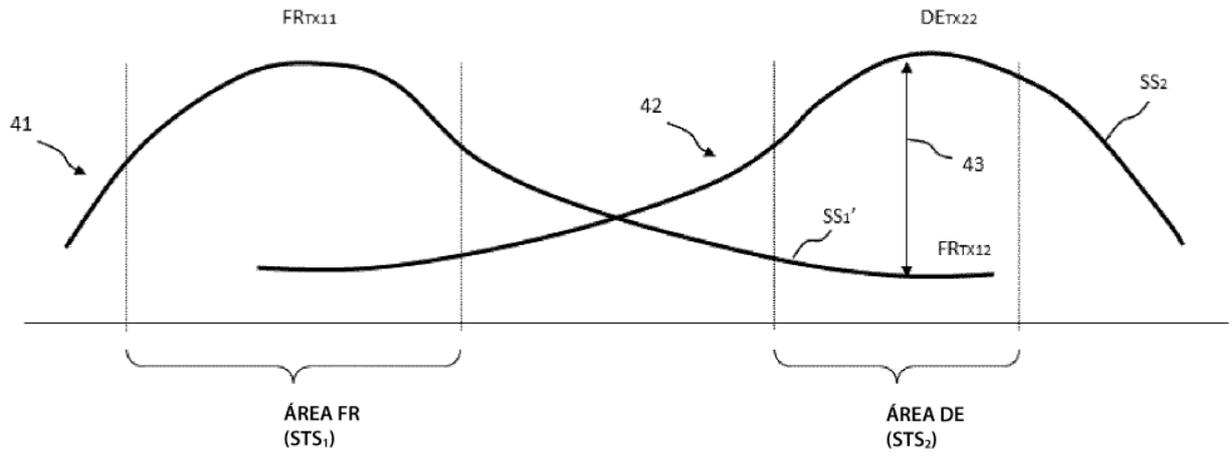


FIG. 4

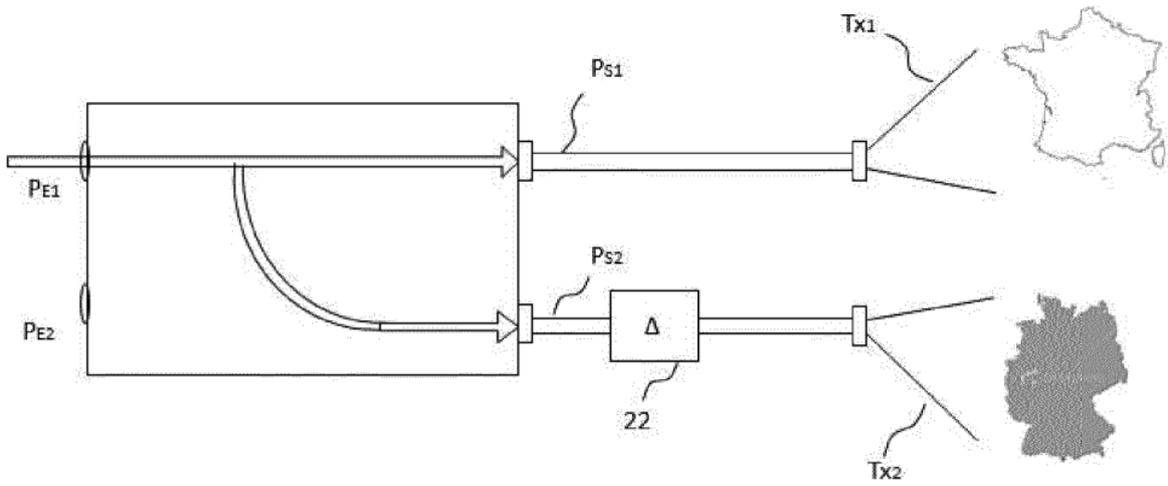


FIG. 5