

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 463**

51 Int. Cl.:

**H04B 17/00** (2015.01)

**H01Q 1/28** (2006.01)

**H01Q 3/00** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.02.2013** **E 13155208 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015** **EP 2629439**

54 Título: **Procedimiento de generación de un diagrama de emisión o de recepción de una antena de un satélite**

30 Prioridad:

**16.02.2012 FR 1251439**

**17.04.2012 FR 1253528**

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

**22.06.2015**

73 Titular/es:

**EUTELSAT S.A. (100.0%)**

**70, rue Balard**

**75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**LE PERA, ALESSANDRO**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

ES 2 538 463 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 generación de un diagrama de emisión o de recepción de una antena de un satélite

### Campo

5 El campo de la invención concierne a los procedimientos de mediciones de potencia y de diagramas de emisión de una antena. En especial, el campo de la invención concierne a las pruebas de emisiones y recepciones de una antena de un satélite para el establecimiento de una cartografía que representa un área de cobertura terrestre para la difusión de datos. Más en particular, la invención se refiere a los procedimientos de pruebas de los niveles de amplificación de las antenas de satélites en orden a validar una calidad de servicio en un área de cobertura cuando el satélite está operativo.

### 10 Estado de la técnica anterior

En las pruebas de antenas de satélites, tales como las pruebas que permiten comprobar los diagramas de radiación y los niveles de emisión, se plantea una problemática a partir del momento en que las medidas deben llevarse a cabo en una configuración operativa, es decir, cuando el satélite está en órbita.

15 Cuando los satélites alcanzan una órbita operativa, es preciso evaluar sus prestaciones, especialmente tras las fases de lanzamiento, de vuelo y de inserción en órbita. Y es que estas últimas fases pueden inducir degradaciones de sistema y de prestaciones en los equipos que permiten cubrir las comunicaciones del satélite.

Por lo tanto, es importante llevar a cabo una serie de pruebas sobre los aspectos operativos y de prestaciones de los equipos de telecomunicaciones del satélite antes de su puesta en funcionamiento.

20 Una de las pruebas importantes consiste en validar el área de cobertura terrestre de las emisiones y recepciones vía satélite. En efecto, se propone un servicio a un conjunto de países y, consiguientemente, el satélite debe permitir asegurar la difusión y la recepción de datos dentro de esa cobertura con una adecuada calidad de servicio.

25 A día de hoy existen numerosos procedimientos. En cambio, algunos procedimientos comprenden pruebas que definen altos niveles de potencia que emitir en dirección al satélite, otras pruebas precisan de la emisión de altas potencias por parte del satélite. Las señales de pruebas recibidas por una estación terrestre permiten en especial calificar la calidad de las señales emitidas y/o recibidas por el satélite, la directividad de la antena, la cobertura de la antena, los niveles admisibles, las saturaciones, etc.

Las pruebas que permiten comprobar los diagramas de radiación de antenas se pueden realizar de diferentes maneras.

30 En general, para una orientación de antena dada, se efectúa una prueba de potencia en un punto fijo de la tierra. Seguidamente se modifica la orientación de la antena sometida a prueba y se vuelve a llevar a cabo una nueva prueba para esa nueva orientación de la antena. Así se realiza el diagrama de una antena. Por lo tanto, la prueba completa de la realización de un diagrama de antena puede prolongarse por espacio de tiempo relativamente importante para explorar la totalidad de un sector muestreado.

35 Algunos procedimientos permiten establecer en primera instancia el diagrama de la antena de recepción de un satélite y, en segunda instancia, el diagrama de la antena de transmisión del mismo satélite. Por lo tanto, las pruebas pueden prolongarse durante un tiempo bastante largo.

40 Se pasa a describir dos procedimientos de la técnica anterior, permitiendo cada uno de estos procedimientos calcular el diagrama de la antena de recepción y de emisión del satélite en un enlace de extremo a extremo en el que una señal emitida de una estación de tierra hacia el satélite es reemitida hacia la estación de tierra desde el satélite, desempeñando el satélite la función de un transpondedor o de un repetidor.

Consiste un primer procedimiento en definir una ganancia fija en la cadena de amplificación del satélite y en pilotar desde una estación terrestre la potencia de la señal emitida hacia el satélite.

En lo referente al camino ascendente, este procedimiento permite supeditar la ganancia del emisor de la estación de tierra en orden a mantener una potencia en saturación a la salida del emisor del satélite.

45 Este primer procedimiento utiliza un modo de la cadena de amplificación llamado "FGM", que significa "Fixed Gain Mode" en la terminología anglosajona.

Por cada orientación de la antena de recepción y la antena de emisión del satélite, se realiza una prueba de potencia. Desde una estación terrestre se emite una señal cuya amplificación está pilotada para obtener en el emisor del satélite una potencia de salida en saturación.

50 La figura 1 representa la potencia 23 de la señal a la salida del emisor del satélite en un referencial en el que: en ordenadas 20 se representa el nivel de potencia de la señal y en abscisas 21 se representa la ganancia de la

cadena de amplificación de la señal recibida por el satélite.

5 Este procedimiento permite definir como punto de referencia, en el enlace de extremo a extremo sometido a prueba, una señal en saturación a la salida de la antena de emisión del emisor. Una ventaja de este procedimiento está en que permite encontrar fácilmente el punto de saturación 22, toda vez que la pendiente 24 del nivel de potencia es positiva antes del punto de saturación y la pendiente 25 es negativa después. El punto de saturación puede ser calculado mediante la estimación de un valor mediano de sendos cálculos a uno y otro lado del punto de saturación cuando son hallados dos valores idénticos de potencia.

10 La potencia de la señal emitida por el emisor de una estación de tierra se pilota para obtener el punto de saturación a la salida del emisor del satélite. Para cada una de las orientaciones de la antena de recepción del satélite sometido a prueba, se adapta la potencia de la señal emitida del emisor de tierra para encontrar el punto de saturación a la salida de la cadena de amplificación del satélite.

El procedimiento permite deducir el diagrama de la antena de recepción para un conjunto de orientaciones predefinidas efectuando las medidas de la desviación de potencia en transmisión del enlace ascendente hacia el satélite.

15 La antena, al estar orientada en una primera orientación, emite una señal a su máximo nivel de potencia, esto es, para una PIRE máxima; la PIRE es denominada asimismo, en la terminología anglosajona, EIRP, reseñándose su definición a continuación.

20 En un sistema de comunicación vía radio, la potencia isotrópica radiada equivalente, denotada por PIRE, o EIRP en inglés, se define en la dirección de la antena donde es máxima la potencia emitida. Es la potencia que habría que aplicar a una antena isotrópica para obtener el mismo campo en esa dirección. Para una antena directamente conectada al emisor:

$PIRE [dBm] = \text{Potencia eléctrica aplicada a la antena } [dBm] + \text{Ganancia de la antena } [dBi]$

$PIRE [W] = \text{Potencia eléctrica aplicada a la antena } [W] * \text{Ganancia de la antena.}$

25 Por lo tanto, la cadena de amplificación es gobernada de tal modo que sea ajustada en saturación del nivel de amplificación por una ganancia fija.

En lo referente al camino descendente, por cada orientación de la antena del satélite, la estación terrestre recibe y analiza entonces las variaciones de la EIRP. El análisis de las variaciones de potencias en tierra permite establecer, para cada una de las orientaciones dadas de la antena de emisión del satélite, un diagrama de la antena en transmisión correspondiente a un área de cobertura.

30 Los movimientos de la antena, en balance y en guiñada, se pueden definir según un plan de pruebas correspondiente a un área que va a recibir cobertura.

Al llevarse a cabo los puntos de medición en una estación terrestre equipada con una antena adaptada, se pueden calcular entonces, en su totalidad, los niveles de potencias y los diagramas de las antenas de recepción y de emisión del satélite.

35 Los niveles de potencias a la salida de la cadena de amplificación en la zona próxima a la saturación se pueden controlar a partir de un enlace de telemando entre la estación de tierra y el satélite.

40 El nivel de amplificación de la señal emitida en tierra hacia el satélite para provocar la saturación a la salida de la cadena de amplificación del satélite da naturalmente una indicación de orientación de la antena de recepción del satélite por medición de la desviación entre un nivel de amplificación nominal de referencia y el medido para una orientación dada.

La medida de la señal amplificada en tierra para una ganancia fija en la cadena del satélite da el diagrama de antena en recepción del satélite mediante la restitución de los niveles de amplificación de la cadena del satélite para cada una de las orientaciones.

45 Cuando el satélite ha realizado una emisión para una orientación dada de la antena, el satélite modifica la consigna de orientación de la antena y reemite una señal en orden a establecer una nueva medida. Así, se puede medir el diagrama de radiación de la antena en un punto del planeta en orden a establecer una cartografía correspondiente al área de cobertura de las antenas de recepción y de emisión del satélite.

El diagrama de radiación de la antena puede:

- 50 - bien ser establecido a partir de un plan de pruebas predefinidas que establece las diferentes secuencias de pruebas en transmisión y la secuencia de los movimientos de las orientaciones de antena,
- o bien ser supeditado mediante mandos en tierra definitorios del plan de prueba.

- En un segundo procedimiento, la ganancia de la cadena de amplificación del satélite es variable. En especial, al menos un amplificador comprende una ganancia variable. Este amplificador se denota por ALC, y significa, en la terminología anglosajona, "Automatic Level Control". Este amplificador permite mantener una potencia de salida constante cualquiera que sea el nivel de la señal de entrada. Por lo tanto, la ganancia se ajusta automáticamente en orden a asegurar una potencia constante a la salida.
- En lo referente al camino ascendente, es decir de tierra hacia el satélite, y a las pruebas de diagrama de la antena de recepción del satélite, la medida de la amplificación necesaria de la señal recibida en la antena de recepción del satélite para obtener una potencia dada a la salida de la cadena de amplificación permite deducir un dato de radiación de la antena.
- La amplificación de las señales en el seno del satélite es pilotada dinámicamente. Las desviaciones de potencia recibida en la antena de recepción del satélite se compensan para mantener un nivel fijo de potencia a la salida de la cadena de amplificación.
- De este modo, es posible medir las variaciones de ganancia aplicada en la cadena de amplificación del satélite para inferir el diagrama de la antena en recepción, pudiendo realizarse la prueba para un conjunto de orientaciones de dicha antena.
- En este segundo procedimiento, la potencia a la salida de la cadena de amplificación del satélite no necesariamente se mantiene en un nivel de saturación, en cambio, debe ser fijada en un valor predefinido para toda la secuencia de pruebas.
- Es importante poder realizar estas pruebas en cualquier órbita y minimizando las imposiciones aplicadas en el satélite, las cuales son costosas y, en ocasiones, difíciles de realizar. Ahora bien, el satélite puede hallarse en una posición y una orientación que precisen tomar en consideración su entorno cercano. En particular, las emisiones y recepciones de los satélites vecinos son, en algunos casos, un dato impositivo en la elaboración de pruebas de telecomunicación realizadas sobre un satélite.
- Uno de los principales inconvenientes proviene de las interferencias con sistemas de transmisión terceros entre los enlaces ascendentes y/o descendentes en la realización de las pruebas de establecimiento de los diagramas de antenas.
- Se derivan unos primeros inconvenientes de las degradaciones causadas a otros sistemas de transmisión por las emisiones provenientes de tierra hacia el satélite.
- Un problema de las actuales soluciones radica en el hecho de que, en pruebas realizadas tras la inserción en órbita de un primer satélite, una estación terrestre emite una señal de alta potencia, especialmente en el primer procedimiento descrito, ya que la potencia está supeditada al nivel de potencia a la salida del emisor del satélite. Esta señal con alta potencia es susceptible de interferir con otros sistemas. Para realizar las pruebas de amplificación, en orden a asegurar el cumplimiento de las imposiciones de emisión y de recepción sobre un área de cobertura dada, se necesita una alta potencia.
- En lo referente a los enlaces ascendentes de una estación terrestre hacia un satélite, las emisiones pueden ser de altas potencias en canales predefinidos. Esos canales, en ocasiones, ya están utilizados, pues también son reservados por otros operadores que utilizan otros sistemas. En especial, esos últimos sistemas pueden concernir a otros satélites que pueden situarse en las proximidades del satélite sometido a prueba.
- Las transmisiones, entonces, son capaces de degradar la recepción y la calidad de servicio de las transmisiones de otros satélites próximos.
- Esas transmisiones pueden causar interferencias con otras señales recibidas por satélites terceros y vecinos, que pueden degradar sus recepciones. Esto puede producirse cuando un satélite tercero utiliza la misma banda de frecuencias, o utiliza una banda adyacente o un canal de un armónico. En especial, las interferencias perjudican las prestaciones generales de la calidad de servicio y deben ser evitadas.
- En los enlaces descendentes, la antena de emisión del satélite está configurada en orden a hallarse en un modo de emisión con potencia fija. En especial, según el primer procedimiento, la potencia se halla en saturación, por lo que las señales se emiten a alta potencia.
- En estas condiciones, las pruebas que permiten medir el diagrama de las antenas de emisión del satélite pueden provocar interferencias con sistemas vecinos, tales como otros satélites que utilizan el mismo canal o un canal adyacente. Esto puede perjudicar las transmisiones de sistemas terceros, pero asimismo puede causar perjuicio en la recuperación de las señales en recepción en una estación terrestre.
- Finalmente, unos enlaces ascendentes pueden interferir potencialmente con enlaces descendentes en el mismo canal de transmisión.

Se derivan unos segundos inconvenientes de las interferencias causadas por otros sistemas en las antenas sometidas a prueba para el establecimiento de los diagramas de radiación de las antenas.

5 En los enlaces ascendentes, cuando la antena del receptor de un satélite capta señales entrantes con altas potencias, la sensibilidad de sus filtros en recepción se ve "empujada" en orden a afinar la medida de las variaciones de amplitudes de las señales recibidas.

10 El receptor es susceptible entonces de recibir emisiones parásitas de sistemas de transmisión vecinos. Las emisiones parásitas pueden inducir cambios de niveles de potencia a la salida y degradar la precisión de las medidas en las pruebas de amplificación. En especial, las interferencias recibidas en la antena de recepción pueden inducir errores en el cálculo de las variaciones de ganancias dinámicas para el cálculo del diagrama de la antena de recepción del satélite.

En los enlaces descendentes, las emisiones de sistemas de transmisión vecinos pueden interferir con las emisiones del sistema de transmisión bajo prueba y degradar la precisión de las medidas realizadas en tierra. De este modo, en tierra, el cálculo de la potencia de la señal emitida desde la antena de emisión del satélite puede verse falseado por la consideración de la potencia de las interferencias recibidas en tierra.

15 El documento US 5697050 da a conocer un procedimiento de corrección del diagrama de radiación de una antena de satélite.

### Sumario de la invención

La invención permite solucionar los citados inconvenientes, según el procedimiento definido por la reivindicación independiente 1.

20 El objeto de la invención concierne a un procedimiento de medida de ganancias de antena de un satélite para ayudar en la generación de al menos un diagrama de radiación. Ventajosamente, los niveles de señales de una antena en transmisión y una antena en recepción del satélite permiten obtener los diagramas de las dos antenas simultáneamente mediante un procedimiento común.

25 Ventajosamente, el procedimiento según la invención comprende una etapa de configuración y de parametrización de una comunicación, una etapa de establecimiento de la comunicación que comprende al menos una emisión, según un camino ascendente entre una estación de tierra y un satélite, y una recepción, según un camino descendente entre el satélite y una estación de tierra, de una señal de prueba. El procedimiento comprende además una etapa de medición que permite deducir un diagrama de antenas para la emisión según el camino ascendente y la recepción según el camino descendente que depende de las orientaciones de cada antena.

30 La configuración comprende:

- una definición de una señal útil Su de referencia;
- una definición de un primer canal de emisión para el establecimiento de comunicaciones:
  - por una parte, entre un primer emisor de una primera estación terrestre ST1 y una primera antena ANT1 de un primer receptor R1 de un primer satélite SAT; y
  - 35 ▪ por otra, entre una segunda antena ANT2 de un segundo emisor E2 del primer satélite SAT y un segundo receptor R2 de una segunda estación terrestre ST2;
- una definición de una primera modulación Mod1 de la primera señal útil mediante espectro ensanchado ocupando una banda de frecuencias adaptadas al primer canal;
- 40 ▪ la configuración de una primera orientación  $\theta_1$  de la primera antena ANT1 y de una segunda orientación  $\alpha_i$  de la segunda antena ANT2.

El establecimiento de una transmisión comprende:

- un enlace ascendente que comprende una emisión de la señal útil Su modulada según la primera modulación Mod1 mediante el primer emisor E1 que genera una señal útil modulada SMu hacia el primer receptor R1 que tiene una cadena de recepción que recibe una primera señal SM1, comprendiendo la primera señal SM1 interferencias J1 y la señal útil modulada SMu, estando acoplada dicha cadena de recepción a un segundo emisor E2;
- 45 ▪ una amplificación de la primera señal total SM1 mediante una cadena de amplificación (ALC, TWT) de ganancia variable Gx que permite mantener un nivel de una primera potencia  $P_0$  de una segunda señal SM2 a la salida del segundo emisor E2 en un valor predefinido y constante, siendo conocida en cada instante la potencia de entrada de la primera señal total SM1 o la ganancia variable Gx;

- un enlace descendente que comprende una emisión, por parte del segundo emisor E2, de la segunda señal SM2 hacia un segundo receptor R2 de una segunda estación terrestre ST2, comprendiendo el segundo receptor una cadena de recepción de una tercera señal SM3 que permite una primera demodulación correspondiente a un desensanche espectral que permite obtener una tercera señal demodulada S3;

5 Las medidas comprenden:

- medidas de potencias realizadas por un computador que comprenden:
  - una primera medida de la potencia de la señal ( $P_{R2}(SM3)$ ) recibida por la segunda antena (11) del segundo receptor (R2) antes de la demodulación por desensanche espectral;
  - una segunda medida de la potencia de la tercera señal útil demodulada ( $P_{R2}(S3)$ ) tras el desensanche del espectro de la tercera señal recibida (SM3);

10

El procedimiento comprende un cálculo de factores  $R_x(\theta_i)$ ,  $T_x(\alpha_i)$  de pérdidas de potencia, entre ellos:

- un primer factor  $R_x(\theta_i)$  que representa las pérdidas de potencia ligadas a la primera orientación  $\theta_i$  en el enlace ascendente, calculándose el primer factor a partir de una primera relación invariante K1 a partir de las medidas de potencias;
- un segundo factor  $T_x(\alpha_i)$  que representa las pérdidas de potencia ligadas a la primera orientación ( $\alpha_i$ ) en el enlace descendente.

15

El segundo factor se calcula antes que el primer factor, dado que sólo se necesitan los niveles de potencia en transmisión y en recepción.

20

Una ventaja de la invención está en permitir una medición de factores que representan las pérdidas de potencias ligadas a las orientaciones de las antenas de emisión y de recepción en un solo enlace de extremo a extremo.

Una ventaja del procedimiento de la invención está en obtener medidas precisas de esos factores al propio tiempo que minimiza:

- por una parte, los niveles de potencias emitidas y recibidas en orden a evitar trastornos en los sistemas vecinos; y
- por otra, la influencia de las interferencias que, pudiendo provenir de otros sistemas, falsean las medidas de pruebas.

25

Una ventaja de esta solución está en medir simplemente el nivel de potencia en un punto de la tierra y en inferir una cartografía del diagrama de la antena de emisión y de la antena de recepción de un satélite. Son las antenas las que efectúan movimientos (cambio de orientaciones de la antena, por ejemplo) y las que son sometidas a prueba para cada una de las orientaciones. La prueba es simple en su puesta en práctica por cuanto que las antenas son fácilmente pilotables desde una estación terrestre.

30

Ventajosamente, la emisión por parte del primer emisor E1 y la recepción por parte del segundo receptor R2 se efectúan en las mismas coordenadas geográficas en el seno de una misma estación terrestre.

35

Una ventaja de esta solución está en permitir someter a prueba la primera antena de recepción de un satélite del enlace ascendente y la antena de emisión del mismo satélite del enlace descendente en un mismo punto de la tierra. Una ventaja de esta solución permite llevar a la práctica las pruebas de manera más simple para enlazar en bucle los datos emitidos con los datos recibidos en ese punto.

40

Ventajosamente, el segundo factor  $T_x(\alpha_i)$  se obtiene calculando la relación entre la potencia emitida  $P_0$  fija por el segundo emisor E2 de la antena de emisión ANT2 del satélite SAT y la potencia total  $P_{R2}(SM2)$  de la señal emitida SM2 por el satélite SAT y recibida en el segundo receptor (R2) de la segunda estación terrestre ST2.

Ventajosamente, el primer factor  $R_x(\theta_i)$  se calcula en función de una primera relación K1, siendo dicha primera relación la relación entre la potencia de la señal útil  $P_{R1}(SMu)$  y la potencia de las interferencias  $P_{R1}(J1)$  recibidas en la primera antena ANT1 del primer receptor R1 del satélite SAT.

45

Ventajosamente, la primera relación K1 es invariante durante un tiempo predeterminado y la primera relación K1 es igual a la relación entre la potencia de la señal útil  $P_{R2}(SMu)$  calculada en el segundo receptor R2 y la potencia de las interferencias ( $P_{R2}(J1)$ ) recibidas en la segunda antena (11) del segundo receptor (R2) de la segunda estación terrestre (ST2).

50

Ventajosamente, el primer factor  $R_x(\theta_i)$  se calcula en función de la primera relación K1, de la primera potencia  $P_0$  y de la potencia de la señal útil emitida  $P_{E1}(SMu)$  calculada en el primer emisor E1 de la antena de emisión 10 de la segunda estación de tierra ST2.

Ventajosamente, la primera relación K1 se calcula a partir de las siguientes medidas:

- una primera medida de la potencia de la señal  $P_{R2}(SM3)$  recibida por la segunda antena 11 del segundo receptor R2 antes de la demodulación por desensanche espectral;
- una segunda medida de la potencia de la tercera señal útil demodulada  $P_{R2}(S3)$  tras el desensanche del espectro de la tercera señal recibida SM3;
- una tercera medida de la potencia de las interferencias  $P_{R2}(J1)$  recibidas por la segunda antena 11 del segundo receptor R2 tras la recepción de la tercera señal SM3;
- una cuarta medida del primer factor K1 correspondiente a la cuantificación de la relación entre la potencia de la señal útil modulada  $P_{R1}(SMu)$  y la potencia de las interferencias  $P_{R1}(J1)$  recibidas por el primer receptor R1 del satélite.

Ventajosamente, la emisión por parte del primer emisor E1 y la recepción por parte del segundo receptor R2 se efectúan en las mismas coordenadas geográficas en el seno de una misma estación terrestre ST1, ST2.

Ventajosamente, la señal útil de referencia es un tren de bits transmitidos a una velocidad entre 200 bps y 10 kbps.

Ventajosamente, los canales de emisión primero y segundo tienen un ancho de banda comprendido entre 20 y 120 MHz y la frecuencia central de los canales primero y segundo está comprendida entre 1 GHz y 40 GHz.

Ventajosamente, la primera modulación por espectro ensanchado comprende una velocidad de codificación comprendida entre 10 y 60 MHz.

Ventajosamente, la modulación por espectro ensanchado se realiza mediante la utilización de secuencia de seudoruido.

El objeto de la invención concierne además a un procedimiento de generación de un conjunto de medidas para el establecimiento de la cartografía de un diagrama de emisión de la segunda antena de emisión E2 del satélite, cuya configuración comprende:

- una definición de un área de cobertura Z de una antena que define una superficie terrestre;
- la definición de una secuencia de orientaciones  $\{\alpha_i\}_{i \in [1; N]}$  de la antena ANT2 que define un muestreo de puntos del área de cobertura Z, estando definida cada orientación  $\alpha_i$  mediante una consigna de balance y una consigna de guiñada respecto a una orientación de referencia;
- la medida del segundo factor  $Tx(\alpha_i)$  se reitera para cada orientación  $\alpha_i$  de la secuencia.

El objeto de la invención concierne a un procedimiento de generación de un conjunto de medidas para el establecimiento de la cartografía de un diagrama de recepción de la primera antena de recepción R1 del satélite, cuya:

- configuración comprende:
  - una definición de un área de cobertura Z de la antena de recepción que define una superficie terrestre;
  - la definición de una secuencia de orientaciones  $\{\theta_i\}_{i \in [1; N]}$  de la antena ANT1 del primer receptor R1 del satélite que define un muestreo de puntos del área de cobertura Z, estando definida cada orientación  $\alpha_i$  mediante una consigna de balance y una consigna de guiñada respecto a una orientación de referencia;
- la medida del segundo factor  $Rx(\theta_i)$  se reitera para cada orientación  $\theta_i$  de la secuencia.

#### Breve descripción de las figuras

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: una curva que representa la potencia en la proximidad del punto de saturación a la salida de la cadena de amplificación del satélite;

figura 2: una representación de una cartografía terrestre y de un área de cobertura de una antena sometida a prueba, por ejemplo a partir de un procedimiento de la invención;

figura 3: un diagrama que incluye las principales etapas del procedimiento; y

figura 4: un sistema que permite la puesta en práctica del procedimiento de la invención.

### Descripción

Un satélite se halla en órbita, por ejemplo, a una altitud geoestacionaria en orden a iluminar la misma superficie aparente de una porción del planeta 5. La figura 2 representa precisamente un área de cobertura 4 supuesta cubierta por el diagrama de radiación de la antena de recepción y/o de emisión del satélite cuando una de estas últimas está orientada según una dirección dada.

En orden a someter a prueba el diagrama de la antena de recepción y/o de emisión en cada uno de los puntos de la supuesta área de cobertura, el procedimiento de la invención permite llevar a cabo unas pruebas de emisión y recepción cambiando regularmente la orientación de las antenas y efectuando mediciones en un punto del área, en una estación terrestre. Para ello, un plan de pruebas comprende una secuencia de orientaciones de las antenas de recepción y de emisión del satélite para las cuales se efectuarán pruebas por cada uno de los puntos de la secuencia.

De este modo, es posible cartografiar el diagrama de la antena de emisión y de recepción efectuando mediciones a lo largo de un plano predefinido. El plano 3 representa líneas horizontales proyectadas sobre el área de cobertura de las antenas del satélite. Estas últimas dibujan un muestreo del área de cobertura mediante una cuadrícula que incluye principalmente líneas horizontales.

El procedimiento de la invención permite la medida en recepción y en transmisión de los niveles de potencias de un diagrama de antena que se supone cubrir un área dada.

La figura 3 representa un diagrama que permite representar las principales etapas del procedimiento de prueba de la invención en un enlace de extremo a extremo. La figura 3 ilustra las etapas de una puesta en práctica de la figura 4 del procedimiento de la invención.

El enlace de extremo a extremo está representado en este caso por una primera entidad que representa una primera estación terrestre ST1, una segunda entidad que representa un satélite SAT y una tercera entidad que representa una segunda estación terrestre ST2.

La forma de realización descrita no se restringe a esta única configuración. El procedimiento de la invención se refiere, por lo tanto, a otras posibles configuraciones, por ejemplo:

- una configuración en la que las tres entidades son estaciones terrestres;
- una configuración en la que las entidades primera y segunda son la misma, es decir, están situadas en la misma posición geográfica.

En el ejemplo de la figura 3, el procedimiento incluye una primera etapa de generación de una señal útil Su de referencia por medio de un generador de señal, denotado por DSP en la figura 3. La señal útil Su es preferentemente de forma simple y regular. Define un tren de bits que incluye, por ejemplo, paquetes de bits emitidos según una velocidad constante.

La señal útil Su es modulada a continuación por medio de un modulador MOD de espectro ensanchado que permite generar una señal útil modulada SMu, por lo que la potencia de la señal emitida se difunde sobre una banda de un canal predefinido.

La señal útil modulada es emitida por medio de un emisor E1 que incluye una antena 10. La señal útil modulada SMu es emitida en dirección al satélite SAT. Se señala con  $P_{E1}(SMu)$  la potencia de la señal SMu en la antena 10 del emisor E1 de la estación de tierra ST1 a lo largo de un período dado.

El satélite SAT incluye un primer receptor R1 que permite recibir la señal útil modulada SMu. Unas primeras interferencias J1 indeseables pueden superponerse a la señal útil modulada SMu en recepción. Las señales recibidas se amplifican a continuación mediante una cadena de amplificación que incluye un amplificador variable ALC y un tubo de ondas progresivas TWT. La ganancia variable total de la cadena se denota por Gx. La amplificación de la señal permite entregar una señal con alta potencia a un segundo emisor E2 del satélite.

Se señala con SM1 la suma de las señales útiles SMu y de las interferencias J1 que se reciben durante un tiempo dado en la antena de recepción ANT1 del primer receptor R1 del satélite.

Las interferencias J1 son susceptibles de ser originadas por sistemas vecinos, tales como satélites próximos.

Se señala con  $P_{R1}(SMu)$  la potencia de la señal útil SMu recibida en la antena de recepción R1 a lo largo de un período dado. El procedimiento de la invención permite determinar esta potencia para inferir una medida del diagrama de radiación de la antena de recepción para una orientación  $\theta$  dada de la antena de recepción ANT1.

En efecto, el factor  $R_x(\theta) = P_{E1}(SMu) / P_{R1}(SMu)$  representa las pérdidas de potencia ligadas a la orientación  $\theta$  de la



antena de recepción del satélite.

$P_{E1}(SMu)$  es conocida por definición, ya que se trata de la señal que es generada desde la estación de tierra hacia el satélite.

- 5 Se señala con  $P_{R1}(SM1)$  la potencia de la señal SM1, que es la potencia total recibida en la antena de recepción ANT1 del receptor R1 del satélite SAT a lo largo de un período dado. La señal SM1 representa la suma de las señales recibida en el receptor R1 del satélite.

Se puede escribir que:  $P_{R1}(SM1) = P_{R1}(SMu) + P_{R1}(J1)$ .

Donde  $P_{R1}(J1)$  es la potencia de las interferencias J1 provenientes de otros sistemas que alcanza la antena ANT1 del receptor R1 del satélite.

- 10 Las señales recibidas en la antena de recepción ANT1 del primer receptor R1 del satélite se amplifican dinámicamente a partir de una ganancia variable  $Gx$ , de tal modo que, a la salida de la antena de emisión ANT2 del segundo emisor E2 del satélite, se mantiene constante una potencia fija  $P_0$  predefinida.

- 15 Se señala con SM2 la señal amplificada que comprende la señal útil amplificada y las interferencias amplificadas. La señal SM2 es emitida para una dirección de la antena de emisión  $\alpha$  predefinida del satélite a una potencia  $P_0$ . Se puede escribir que  $P_{E2}(SM2) = P_0 = Gx \cdot P_{R1}(SM1)$ ;

Donde  $P_{E2}(SM2)$  es la potencia de la señal SM2 en la antena de emisión ANT2 del emisor E2.

Los cálculos de las potencias pueden efectuarse despreciando los ruidos de las cadenas de recepción, de amplificación y de emisión del satélite.

- 20 La segunda estación terrestre ST2 registra en recepción, a partir de un segundo receptor R2, una señal recibida SM3 en el mismo canal que la señal emitida SM2. SM3 es la suma de las señales útiles SM2 y de ocasionales interferencias J2 recibidas en la antena de recepción 11 en tierra.

Los canales del camino ascendente y del camino descendente son, preferiblemente, idénticos.

En el segundo receptor R2 son susceptibles de recibirse unas segundas interferencias J2. Los niveles de potencias en recepción pueden ser registrados.

- 25 Tenemos  $P_{R2}(SM3) = P_{R2}(SM2) + P_{R2}(J2)$

Se señala con  $P_{R2}(J2)$  la potencia de las interferencias que, provenientes de sistemas terceros, se reciben en la antena 11 del segundo receptor R2 de la estación terrestre ST2.

- 30 Se señala con  $P_{R2}(SM2)$  la potencia de la señal SM2 recibida en la antena de recepción R2 a lo largo de un período dado. Esta potencia permite deducir una medida del diagrama de radiación de la antena de emisión para una orientación  $\alpha$  de la antena de emisión.

En efecto, el factor  $Tx(\alpha) = P_{E2}(SM2) / P_{R2}(SM2) = P_0 / P_{R2}(SM2)$  representa las pérdidas de potencia ligadas a la orientación  $\alpha$  de la antena de emisión del satélite en el camino descendente.

En una primera variante del procedimiento de la invención, los cálculos se realizan despreciando las interferencias J2. Se asume que  $SM2 = SM3$ .

- 35 A la recepción de la señal total SM2, habiendo sido calculados los niveles de potencias recibidas, se demodula la señal SM2 por desensanche espectral por medio de un demodulador DEMOD. Se puede deducir entonces el nivel de potencia de la señal útil S2 tras el desensanche del espectro mediante la demodulación.

La potencia de la señal de las interferencias J1 se puede deducir mediante comparación de la potencia de la señal útil medida antes y después de la demodulación por desensanche espectral.

- 40 Por lo tanto, el procedimiento de la invención permite deducir  $P_{R2}(J1)$  mediante la medida de  $P_{R2}(SM2)$ , es decir, la potencia de la señal SM2 en la antena del receptor R2, y  $P_{R2}(S2)$ , es decir, la potencia de la señal S2 en la antena del receptor R2 tras el desensanche del espectro.

$$P_{R2}(J1) = P_{R2}(SM2) - P_{R2}(S2)$$

El procedimiento de la invención permite definir un factor denotado por K1, que responde a la siguiente relación:

- 45  $K1 = P_{R1}(SMu) / P_{R1}(J1)$

La relación K1 es invariante a todo lo largo del enlace de extremo a extremo. La relación de la señal útil SMu al nivel

de interferencia J1 en el receptor R1 no cambia cualquiera que sea el procesamiento de la señal aguas abajo del receptor R1.

Por lo tanto, nos queda:

$$K1 = P_{R2}(SMu) / P_{R2}(J1)$$

- 5 El cálculo de la relación K1 se realiza en tierra en la estación terrestre ST2 por medio de un computador. La relación K1, al ser calculada tras la recepción de la señal en su retransmisión por el enlace descendente del satélite hacia la estación terrestre ST2, se utiliza a continuación en el cálculo de los niveles de potencias del enlace ascendente de la estación ST1 hacia el satélite SAT. La relación K1 puede utilizarse en el cálculo de los niveles de potencias del enlace ascendente debido a su invariancia a todo lo largo del enlace.

- 10 Como quiera que la potencia  $P_{R2}(SM2)$  puede ser calculada en la antena de recepción 11 del receptor R2, la potencia  $P_{R2}(SMu)$  puede deducirse fácilmente, ya que:

$$P_{R2}(SMu) = P_{R2}(SM2) - P_{R2}(J1).$$

Por lo tanto, se puede inferir la relación K1 conociendo, por una parte  $P_{R2}(SMu)$  y, por otra,  $P_{R2}(J1)$ .

- 15 Una ventaja es que la relación K1 se puede utilizar asimismo, por su invariancia, en el receptor R1 del satélite para el cálculo de la potencia recibida de la señal útil.

Por lo tanto, el procedimiento de la invención permite utilizar ventajosamente la invariancia de la relación K1, en especial para el cálculo de  $R_x(\theta)$ .

Si se atiende en primera instancia al enlace descendente del satélite hacia la estación de tierra, el satélite emite a una potencia fija predefinida e igual a  $P_0$ .

- 20 Tenemos:

$$P_{R2}(SM2) = T_x(\alpha) \cdot P_0$$

Consiguientemente,  $T_x(\alpha)$  puede ser medido directamente mediante la medida de la potencia de la señal total recibida  $P_{R2}(SM2)$  en la antena R2 y mediante el conocimiento de  $P_0$  que es conocida por construcción.

Nos queda por tanto:  $T_x(\alpha) = P_{R2}(SM2) / P_0$

- 25 El procedimiento de la invención permite evaluar de manera simple el factor  $T_x(\alpha)$  en función del ángulo  $\alpha$  de la antena.

Esta medida permite deducir la ley  $T_x(\alpha)$  en función de las orientaciones  $\alpha$  de la antena de emisión del satélite.

La potencia  $P_{R2}(SM2)$  se mide mediante un equipo que permite la medición de potencia de una señal recibida en una antena dada.  $P_{R2}(SM2)$  comprende la potencia de la señal útil y de potenciales interferencias.

- 30 Por lo tanto, la relación  $T_x(\alpha)$  puede expresarse a continuación, ocasionalmente, en función de la potencia de la señal útil  $P_{R2}(SMu)$  y de K1, que es una relación invariante en un espacio de tiempo predefinido a todo lo largo del enlace de extremo a extremo de la señal SMu.

$$T_x(\alpha) = (P_{R2}(SMu) + P_{R2}(J1)) / P_0$$

$$T_x(\alpha) = (P_{R2}(SMu) + P_{R2}(SMu)/K1) / P_0$$

- 35  $T_x(\alpha) = (1 + K1) / K1 \cdot P_{R2}(SMu) / P_0$

Por lo tanto, se puede expresar K1 en función de  $P_{R2}(SMu)$

$$K1 = P_{R2}(SMu) / [T_x(\alpha) \cdot P_0 - P_{R2}(SMu)]$$

K1 puede calcularse, por tanto, en la estación ST2 a la recepción de la señal SM2.

Y a la inversa, tenemos igualmente:

- 40  $P_{R2}(SMu) = [K1 / (1 + K1)] \cdot T_x(\alpha) \cdot P_0$

K1 es un factor que puede ser calculado en tierra y que es invariante a todo lo largo del enlace en un período de tiempo relativamente corto y que está predefinido. Adicionalmente,  $P_0$  es la potencia de salida fija y conocida a la salida del emisor E2 del satélite.

Si atendemos en segunda instancia al enlace ascendente de la estación de tierra ST1 hacia el satélite SAT, la estación de tierra ST1 emite, en el emisor E1, a una potencia  $P_{E1}(SMu)$ .

Tenemos:

$$P_{R1}(SMu) = Rx(\theta) \cdot P_{E1}(SMu)$$

$$5 \quad Rx(\theta) = P_{R1}(SMu) / P_{E1}(SMu)$$

O:

$$P_0 = Gx \cdot P_{R1}(SM1) = Gx \cdot (P_{R1}(SMu) + P_{R1}(J1))$$

Siendo:

$$K1 = P_{R1}(SMu) / P_{R1}(J1)$$

10 Hallamos por tanto:

$$P_0 = Gx \cdot (P_{R1}(SMu) + P_{R1}(SMu)/K1)$$

$$P_0 = Gx \cdot P_{R1}(SMu) \cdot (1 + 1/K1)$$

Por lo que:

$$P_{R1}(SMu) = P_0/Gx \cdot 1/(1 + 1/K1)$$

15 La ganancia variable del amplificador ALC se conoce desde tierra, así como la ganancia total  $Gx$  de la cadena de amplificación. En efecto,  $Gx$  es la ganancia total de la cadena y es, por lo tanto, la suma de la ganancia variable del amplificador ALC y de la ganancia fija de un tubo TWT. En consecuencia, también es variable la ganancia total de la cadena, debido a que la ganancia del amplificador ALC es variable.

20 La ganancia de la cadena de amplificación corresponde a la relación de la potencia de la señal de salida fija  $P_0$  a la potencia de la señal de entrada  $P_{R1}(SM1)$  a la cadena en la antena R1. La potencia de entrada  $P_{R1}(SM1)$  o la ganancia  $Gx$  puede ser calculada u obtenida mediante la telemetría.

$$Rx(\theta) = (P_0/Gx \cdot 1/(1 + 1/K1)) / P_{E1}(SMu)$$

$$Rx(\theta) = K1 / (1 + K1) \cdot P_0 / (Gx \cdot P_{E1}(SMu))$$

25 Donde  $K1$  es un factor que puede ser calculado en tierra y que es invariante a todo lo largo del enlace. Adicionalmente,  $P_0$  es la potencia de salida fija y conocida a la salida del emisor E2 del satélite. Finalmente,  $P_{E1}(SMu)$ , la potencia de la señal útil emitida desde la estación de tierra ST1 cuyo valor es, por tanto, conocido.

Se infiere la ley  $Rx(\theta)$  en función de las orientaciones  $\theta$  de la antena de recepción del satélite.

30 De este modo, para una secuencia de pruebas  $\{\theta_i, \alpha_i\}_{i=1, N}$ , el procedimiento de la invención permite deducir el diagrama de radiación de la antena de recepción del receptor R1 del satélite mediante el conjunto de los valores  $\{Rx(\theta_i)\}_{i=1, N}$  y el diagrama de radiación de la antena de emisión del emisor E2 del satélite mediante el conjunto de los valores  $\{Tx(\alpha_i)\}_{i=1, N}$ .

35 En tierra, la estación está provista de equipos que permiten medir los niveles de potencias, tales como analizadores de espectro, e incluye asimismo al menos un computador D en orden a efectuar los cálculos sobre las señales recibidas, especialmente permite identificar y cuantificar los niveles de las interferencias J1 según el procedimiento de la invención.

Al poder calcularse las primeras interferencias J1 así como la relación  $K1$  invariante a lo largo de un período de tiempo limitado, el procedimiento de la invención permite entonces calcular la potencia útil de la señal recibida en la primera antena de recepción ANT1 del satélite R1:  $P_{R1}(SMu)$ .

40 Por lo tanto, el procedimiento de la invención permite determinar los niveles de potencias ligadas a las interferencias J1 con el fin de inferir las potencias de señal útil en las antenas de recepción ANT1 del receptor R1 y de emisión ANT2 del emisor E2 del satélite.

Cuando las interferencias J2 son no despreciables y perturban las mediciones de potencia en la recepción del segundo receptor de la estación de tierra ST2, cabe asimismo la posibilidad de determinar las leyes  $Rx(\theta_i)$  y  $Tx(\alpha_i)$ .

45 En una segunda variante, los cálculos se realizan teniendo en cuenta las interferencias J2. Se asume que  $SM3 = SM2 + J2$ .

En este escenario, el procedimiento de la invención, asumiendo el supuesto de que las interferencias J2 son constantes a lo largo de un período  $T_0$  de tiempo predefinido, permite calcular las leyes  $R_x(\theta_i)$  y  $T_x(\alpha_i)$ .

Se asume que el período  $T_0$  es superior al tiempo de integración de la señal en el receptor R2 y al tiempo de cálculo. Sin embargo, se asume que el período  $T_0$  es suficientemente corto para tomar como constante el nivel de las interferencias.

Con este supuesto, el procedimiento de la invención permite medir solo las interferencias J2, por ejemplo cortando la emisión de la señal útil SMu durante un lapso de tiempo con el fin de recibir tan sólo las interferencias J2.

Una vez calculado el valor de la potencia a lo largo de un lapso de tiempo predefinido o la potencia media de las interferencias J2, se puede efectuar una estimación de la potencia total recibida.

Esta etapa permite sustraer entonces simplemente la potencia de las interferencias J2 de la potencia total recibida en el receptor R2 de la antena 11 del satélite.

El cálculo a continuación se mantiene idéntico al procedimiento anteriormente descrito.

- $P_{R2}(SM3) = P_{R2}(SM2) + P_{R2}(J2)$  cuando la señal útil SMu es emitida
- $P_{R2}(SM3) = P_{R2}(J2)$  cuando la señal útil SMu no es emitida.

Se infiere con ello el nivel de potencia de las interferencias J2:  $P_{R2}(J2)$ .

De acuerdo con lo expuesto anteriormente, una ventaja de la utilización del espectro ensanchado está en que, a la recepción de la señal en el segundo receptor R2, el desensanche espectral permite eliminar las interferencias J2 en el cálculo de la potencia útil tras el desensanche del espectro.

Una imposición de la utilización del espectro ensanchado es que las pruebas efectuadas sobre las señales se deben efectuar de extremo a extremo. Esto presta, con todo, una ventaja: la de realizar dos pruebas en una manipulación para cada una de las antenas. No obstante, el cúmulo de las interferencias en la entrada de cada receptor, entre ellos R1 y R2, que se superponen a la señal útil, se puede eliminar fácilmente mediante la modulación y la demodulación de la señal útil por ensanchamiento y desensanche espectral.

La figura 4 describe una posible puesta en práctica del procedimiento de la invención.

Un sistema que incluye una primera estación terrestre ST1 comprende una primera antena de emisión 10 que permite transmitir una señal útil Su modulada mediante una modulación de espectro ensanchado que genera una señal modulada SMu.

La señal útil Su se define en orden a facilitar la puesta en práctica de la prueba.

La señal útil puede ser un tren de bits definido mediante tramas de 1000 bits transmitidos en un segundo. El tren tiene una velocidad de 1 kbps.

Se define una modulación de ensanchamiento espectral. Para ello, se pueden escoger todos los procedimientos de ensanchamiento espectral. El procedimiento de la invención permite definir las características de la modulación por espectro ensanchado según el tipo de emisores, de las bandas de frecuencia utilizadas, de los niveles requeridos de potencia emitida.

En un ejemplo de realización, el procedimiento de modulación de espectro ensanchado mediante la generación de secuencias de seudoruido está adaptado a la solución de la invención. La tasa binaria de código escogida debe ser elevada con respecto al tren de datos que ha de transmitirse. A título de ejemplo, para modular una señal a 1 kbps, es adecuada una tasa binaria de código de 1 Mchip/s.

Se llama "tasa binaria de código", asimismo "chip rate", cuando la velocidad a la que los bits de señal de información son transmitidos como una secuencia pseudoaleatoria se corresponde con una modulación mediante una secuencia de seudoruido. Se trata de la velocidad de codificación de información útil por la secuencia de seudoruido.

Cuando tal señal útil es modulada mediante una secuencia de seudoruido, el receptor debe comprender asimismo la secuencia en orden a demodular la señal.

Una ventaja de los procedimientos de modulación por espectro ensanchado está en que estos limitan las interferencias que degradan las calidades de emisión / recepción obtenidas generalmente mediante modulaciones convencionales de señales.

Esta ventaja tiene su origen, especialmente, en las buenas propiedades de las secuencias de seudoruido frente a las funciones de espectro ensanchado que permiten, cuando se demodula la señal, reducir las interferencias a niveles muy bajos. Las interferencias que se superponen a la señal transmitida, por ejemplo en un enlace

descendente del satélite hacia la estación terrestre ST2, tienen una densidad espectral difundida por toda la banda cuando son demoduladas mediante una secuencia deseudoruido.

El procedimiento de la invención permite establecer una prueba de extremo a extremo, es decir, de la estación terrestre ST1 a la estación terrestre ST2, enviando una primera señal útil modulada SMu mediante una modulación de espectro ensanchado de la primera estación terrestre ST1. La primera señal útil modulada SMu se recibe en un primer receptor R1 de la antena ANT1, por ejemplo de un satélite SAT. Seguidamente, se amplifica con una ganancia Gx variable según se ha puntualizado anteriormente para entregar una potencia fija P<sub>0</sub> a la salida de la cadena de amplificación del satélite. El amplificador de ganancia variable se denota por ALC, está acoplado a un tubo cuya amplificación es fija y predefinida denotado por TWT. El satélite comprende un emisor, denotado por E2 en la figura 4, que emite una señal amplificada a potencia fija. La estación terrestre ST2 recibe la señal SM2 a una potencia más o menos alta según la orientación de la antena de emisión del satélite. El segundo receptor R2 incluye una antena 11.

En una variante de realización de la invención, las antenas de emisión y de recepción ANT1 y ANT2 del satélite pueden ser idénticas.

En una variante de realización que puede combinarse con todas las demás formas de realización, las estaciones terrestres primera y segunda pueden ser la misma estación terrestre según se ha puntualizado anteriormente.

Hay una doble ventaja en la utilización de una modulación por espectro ensanchado. En un primer aspecto, el primer emisor terrestre ST1 permite no emitir potencias demasiado elevadas para los sistemas vecinos, debido a la potencia difundida en el ancho de banda utilizado del canal. La señal, una vez emitida, alcanza el satélite con una potencia reducida, por lo que no perturba los sistemas vecinos del satélite.

Según un segundo aspecto, la potencia emitida por el satélite en un enlace de extremo a extremo se halla asimismo difundida debido a la modulación por espectro ensanchado que se conserva a todo lo largo de la transmisión. Los sistemas vecinos quedan preservados de cualquier perjuicio proveniente del satélite sometido a prueba mediante el procedimiento de la invención.

Entre cada medición en tierra, las medidas de potencias recibidas en tierra permiten definir un muestreo de valores recogidos para la cuadrícula de un área de cobertura tal y como está definida en la figura 2.

Después de cada prueba de una pareja de orientaciones {θ, α}<sub>i</sub><sub>i=1, N</sub>, de antenas respectivamente de recepción y de emisión del satélite, la señal útil se corta brevemente en orden a modificar las orientaciones de las antenas entre dos mediciones, para recorrer un muestreo de un área de cobertura.

Los cambios de orientaciones pueden estar definidos por un plan de pruebas que definen consignas de balance y de guiñada de la antena de recepción y de emisión para cada medida efectuada.

Un ejemplo de realización comprende la definición de canales de transmisión en los caminos ascendente y descendente.

En lo referente al camino ascendente, la frecuencia central alrededor de la cual está centrada la banda se puede escoger, por ejemplo, sensiblemente igual a 13,5 GHz, con un canal que tiene una banda de 54 MHz.

En lo referente al camino descendente, se puede escoger otra frecuencia central sensiblemente igual a 11 GHz. En el enlace descendente, el mismo canal señalado se puede utilizar alrededor de dicha frecuencia. Los valores numéricos se dan a título de ejemplo de realización.

Se define una modulación por espectro ensanchado a partir de una secuencia deseudoruido y una velocidad binaria de 1 kbps, la tasa binaria de código escogida es de 25 Mchip/s en orden a ocupar el canal anteriormente definido de 54 MHz.

La ganancia ligada a la codificación de la modulación es de:

$$10 \cdot \log(\text{Chip rate} / \text{Bit rate}) = 44 \text{ dB.}$$

La potencia de la señal modulada emitida se calibra de manera que la antena en recepción del satélite procese una señal cuya potencia recibida es nominal. Esta calibración se efectúa sin tener en cuenta potenciales interferencias. Esto permite configurar el amplificador en una zona de funcionamiento nominal en orden a utilizar plenamente la amplitud de ganancia posible y la mejor dinámica posible. Por lo tanto, también se calibra el nivel de ganancia del amplificador variable ALC para un nivel de señal útil esperado. Este se ajusta preferiblemente a un nivel mínimo en orden a tener una gran capacidad de aumento de la ganancia de la señal recibida cuando esta última es de pequeño nivel. Este caso es especialmente útil para los niveles de señal correspondientes a los límites del área de cobertura.

La calibración se realiza tomando en cuenta diferentes factores, entre los que destacan la posición del satélite en órbita, la distancia entre la primera estación terrestre y el satélite y la orientación de la antena del satélite, por

ejemplo, para un punto característico del plan de pruebas predefinidas que permite muestrear valores para el área de cobertura que se somete a prueba.

La segunda antena de emisión del satélite se calibra para permitir un nivel de salida cercano a 40 dBW en un ejemplo de realización.

- 5 La ganancia de codificación de 44 dB permite, una vez efectuada la demodulación, reducir las interferencias en un nivel equivalente, esto es, de 44 dB en términos de densidad espectral. Se puede obtener, utilizando los valores numéricos del ejemplo, una precisión de estimación del nivel de la señal recibida de 0,1 dB.

10 En lo referente a las interferencias J1, que intervienen durante el enlace ascendente en la primera antena de recepción ANT1 del satélite, estas también se ven amplificadas en la cadena de amplificación del satélite según se ha descrito anteriormente. Se considera entonces la señal SM1 como la suma de la señal útil modulada recibida SMu y de las interferencias J1. Nuevamente se desprecian los niveles de ruidos internos a las cadenas de recepción y de amplificación al igual que anteriormente.

15 La cadena de amplificación amplifica la señal SM1 en orden a reemitir esa señal a partir de la segunda antena de emisión E2 del satélite SAT. La ganancia variable total de la cadena de amplificación Gx aplicada a la señal SM1 comprende la amplificación de las interferencias J1, ya que son amplificadas todas las señales del canal de recepción del receptor R1.

Cuando la estación de tierra demodula la señal SM3 a partir de un componente DEMOD de la figura 2, se recupera una señal demodulada S3.

20 La demodulación se efectúa con los valores numéricos anteriormente indicados a 44 dB de ganancia de codificación. Entonces se devuelven, de igual manera, las interferencias J1 a pequeños niveles mediante la dispersión de la potencia de la densidad espectral de estas últimas.

25 La potencia de la señal SM3 puede ser calculada antes de la demodulación mediante desensanche en la segunda antena de recepción 11 de la segunda estación terrestre ST2. La potencia de la señal recibida se puede medir efectuando un promedio temporal y mediante un analizador de la potencia de espectro, o también mediante la transformada discreta de Fourier y mediante aplicación del teorema de Parseval para los niveles digitales.

30 De esta manera, las medidas de la potencia recibida de la señal útil SMu en la antena de recepción R1 del satélite permiten generar el diagrama de antena de recepción  $\{Rx(\theta_i)\}_{i \in [1, N]}$  del primer receptor R1 del satélite, realizándose la prueba para cada una de las orientaciones del plan de pruebas previstas. Por otra parte, el análisis de la potencia de la señal recibida en el segundo receptor R2 en tierra permite deducir el diagrama  $\{Tx(\alpha_i)\}_{i \in [1, N]}$  de la antena de emisión E2 del satélite.

Ventajosamente, los diagramas de las antenas se calculan partiendo del supuesto de la invariancia de la relación K1 a todo lo largo del enlace.

Una ventaja de este procedimiento es una ganancia de precisión en las medidas, al propio tiempo que disminuye los efectos indeseables de perjuicios desde los otros sistemas y los efectos indeseables causados a los otros sistemas.

35 Otra ventaja de este procedimiento está en que los cálculos de los valores de la relación K1 son simples y pueden ser tomados en cuenta dinámicamente o *a posteriori* para cálculos efectuados después de la adquisición de todas las medidas.

En la segunda estación terrestre ST2, el procedimiento de la invención permite calcular los niveles de potencia a la entrada del receptor y después de la demodulación de las señales.

40

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de medida de ganancias de antenas ( $R_1$ ,  $E_2$ ) de un satélite para ayudar en la generación de al menos un diagrama de radiación, que comprende:

- una configuración que comprende:

- 5
  - una definición de una señal útil ( $S_u$ ) de referencia;
  - una definición de un primer canal de emisión para el establecimiento de comunicaciones:
    - por una parte, entre un primer emisor ( $E_1$ ) de una primera estación terrestre ( $ST_1$ ) y un primer receptor ( $R_1$ ) de un primer satélite ( $SAT$ ) y;
    - 10
      - por otra, entre un segundo emisor ( $E_2$ ) del primer satélite ( $SAT$ ) y un segundo receptor ( $R_2$ ) de una segunda estación terrestre ( $ST_2$ );
  - una definición de una primera modulación ( $Mod_1$ ) de la señal útil mediante espectro ensanchado ocupando una banda de frecuencias adaptadas al primer canal;
  - la configuración de una primera orientación ( $\theta_1$ ) de la primera antena ( $ANT_1$ ),

- un establecimiento de una transmisión que comprende:

- 15
  - un enlace ascendente que comprende una emisión de la señal útil ( $S_u$ ) modulada según la primera modulación ( $Mod_1$ ) mediante el primer emisor ( $E_1$ ) que genera una señal útil modulada ( $S_{Mu}$ ) hacia el primer receptor ( $R_1$ ) que tiene una cadena de recepción que recibe una primera señal ( $SM_1$ ), comprendiendo la primera señal ( $SM_1$ ) interferencias ( $J_1$ ) y la señal útil modulada ( $S_{Mu}$ ), estando acoplada dicha cadena de recepción al segundo emisor del primer satélite ( $E_2$ );
  - 20
    - una amplificación de la primera señal total ( $SM_1$ ) mediante una cadena de amplificación ( $ALC$ ,  $TWT$ ) de ganancia variable ( $G_x$ ) que permite mantener un nivel de una primera potencia ( $P_0$ ) de una segunda señal ( $SM_2$ ) a la salida del segundo emisor ( $E_2$ ) en un valor predefinido y constante, siendo conocida en cada instante la potencia de entrada de la primera señal total ( $SM_1$ ) o la ganancia variable ( $G_x$ );
    - 25
      - un enlace descendente que comprende una emisión, por parte del segundo emisor ( $E_2$ ), de la segunda señal ( $SM_2$ ) hacia el segundo receptor ( $R_2$ ) de la segunda estación terrestre ( $ST_2$ ), comprendiendo el segundo receptor una cadena de recepción de una tercera señal ( $SM_3$ ) que permite una primera demodulación ( $Demod_1$ ) correspondiente a un desensanche espectral que permite obtener una tercera señal demodulada ( $S_3$ );
  - 30
    - medidas de potencias realizadas por un computador que comprenden:
      - una primera medida de la potencia de la señal ( $P_{R_2}(SM_3)$ ) recibida por el segundo receptor ( $R_2$ ) de la segunda estación terrestre antes de la demodulación por desensanche espectral;
      - una segunda medida de la potencia de la tercera señal útil demodulada ( $P_{R_2}(S_3)$ ) tras el desensanche del espectro de la tercera señal recibida ( $SM_3$ );
  - 35
    - un cálculo de factores ( $R_x(\theta_i)$ , ( $T_x(\alpha_i)$ ) de pérdidas de potencia, entre ellos:
      - un primer factor ( $R_x(\theta_i)$ ) que representa las pérdidas de potencia ligadas a la primera orientación ( $\theta_i$ ) en el enlace ascendente, calculándose el primer factor a partir de una primera relación invariante ( $K_1$ ) a partir de las medidas de potencias;
      - 40
        - un segundo factor ( $T_x(\alpha_i)$ ) que representa las pérdidas de potencia ligadas a la segunda orientación ( $\alpha_i$ ) en el enlace descendente.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el segundo factor ( $T_x(\alpha_i)$ ) se obtiene calculando la relación entre la potencia emitida ( $P_0$ ) por una segunda antena de emisión ( $ANT_2$ ) del segundo emisor ( $E_2$ ) del satélite ( $SAT$ ) y la potencia total ( $P_{R_2}(SM_2)$ ) de la señal emitida ( $SM_2$ ) por el satélite ( $SAT$ ) y recibida en el segundo receptor ( $R_2$ ) de la segunda estación terrestre ( $ST_2$ ).

45 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que el primer factor ( $R_x(\theta_i)$ ) se calcula en función de la primera relación ( $K_1$ ), siendo dicha primera relación ( $K_1$ ) la relación entre la potencia de la señal útil ( $P_{R_1}(S_{Mu})$ ) y la potencia de las interferencias ( $P_{R_1}(J_1)$ ) recibidas en la primera antena ( $ANT_1$ ) del primer receptor ( $R_1$ ) del satélite ( $SAT$ ).

4. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado por que la primera relación (K1) es invariante durante un tiempo predeterminado y la primera relación (K1) es igual a la relación entre la potencia de la señal útil ( $P_{R2}(SMu)$ ) calculada en el segundo receptor (R2) y la potencia de las interferencias ( $P_{R2}(J1)$ ) recibidas en la antena (11) del segundo receptor de la segunda estación terrestre (ST2).
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado por que el primer factor ( $R_x(\theta_i)$ ) se calcula en función de la primera relación (K1), de la primera potencia ( $P_0$ ) y de la potencia de la señal útil emitida ( $P_{E1}(SMu)$ ) calculada en el primer emisor (E1) de la antena de emisión (10) de la segunda estación de tierra (ST2).
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 5, caracterizado por que la primera relación (K1) se realiza a partir de las siguientes medidas:
  - una primera medida de la potencia de la señal ( $P_{R2}(SM3)$ ) recibida por la antena (11) del segundo receptor (R2) antes de la demodulación por desensanche espectral;
  - una segunda medida de la potencia de la tercera señal útil demodulada ( $P_{R2}(S3)$ ) tras el desensanche del espectro de la tercera señal recibida (SM3);
  - una tercera medida de la potencia de las interferencias ( $P_{R2}(J1)$ ) recibidas por la antena (11) del segundo receptor (R2) tras la recepción de la tercera señal (SM3);
  - una cuarta medida del primer factor (K1) correspondiente a la cuantificación de la relación entre la potencia de la señal útil modulada ( $P_{R1}(SMu)$ ) y la potencia de las interferencias ( $P_{R1}(J1)$ ) recibidas por el primer receptor (R1) del satélite.
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado por que la emisión por parte del primer emisor (E1) y la recepción por parte del segundo receptor (R2) se efectúan en las mismas coordenadas geográficas en el seno de una misma estación terrestre (ST1, ST2).
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por que la señal útil de referencia es un tren de bits transmitidos a una velocidad entre 200 bps y 10 kbps.
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por que los canales de emisión primero y segundo tienen un ancho de banda comprendido entre 20 y 120 MHz y la frecuencia central de los canales primero y segundo está comprendida entre 1 GHz y 40 GHz.
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que la primera modulación por espectro ensanchado comprende una velocidad de codificación comprendida entre 10 y 60 MHz.
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizado por que la modulación por espectro ensanchado se realiza mediante la utilización de secuencia de seudoruido.
12. Procedimiento de generación de un conjunto de medidas para el establecimiento de la cartografía de un diagrama de emisión de la segunda antena de emisión (ANT2) del satélite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado por que:
  - la etapa de configuración comprende:
    - una definición de un área de cobertura (Z) de una antena que define una superficie terrestre;
    - la definición de una secuencia de orientaciones ( $\{\alpha_i\}_{i \in [1; N]}$ ) de la segunda antena del segundo emisor del satélite (ANT2) que define un muestreo de puntos del área de cobertura (Z), estando definida cada orientación ( $\alpha_i$ ) mediante una consigna de balance y una consigna de guiñada respecto a una orientación de referencia;
  - la etapa de medición del segundo factor ( $T_x(\alpha_i)$ ) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 se reitera para cada orientación de la secuencia.
13. Procedimiento de generación de un conjunto de medidas para el establecimiento de la cartografía de un diagrama de recepción de la primera antena de recepción (R1) del satélite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado por que:
  - la etapa de configuración comprende:
    - una definición de un área de cobertura (Z) de una antena que define una superficie terrestre;
    - la definición de una secuencia de orientaciones ( $\{\theta_i\}_{i \in [1; N]}$ ) de la primera antena (ANT1) del primer receptor (R1) del satélite que define un muestreo de puntos del área de cobertura (Z), estando



definida cada orientación ( $\theta_i$ ) mediante una consigna de balance y una consigna de guiñada respecto a una orientación de referencia;

- la etapa de medición del primer factor ( $R_x(\theta_i)$ ) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11 se reitera para cada orientación de la secuencia.

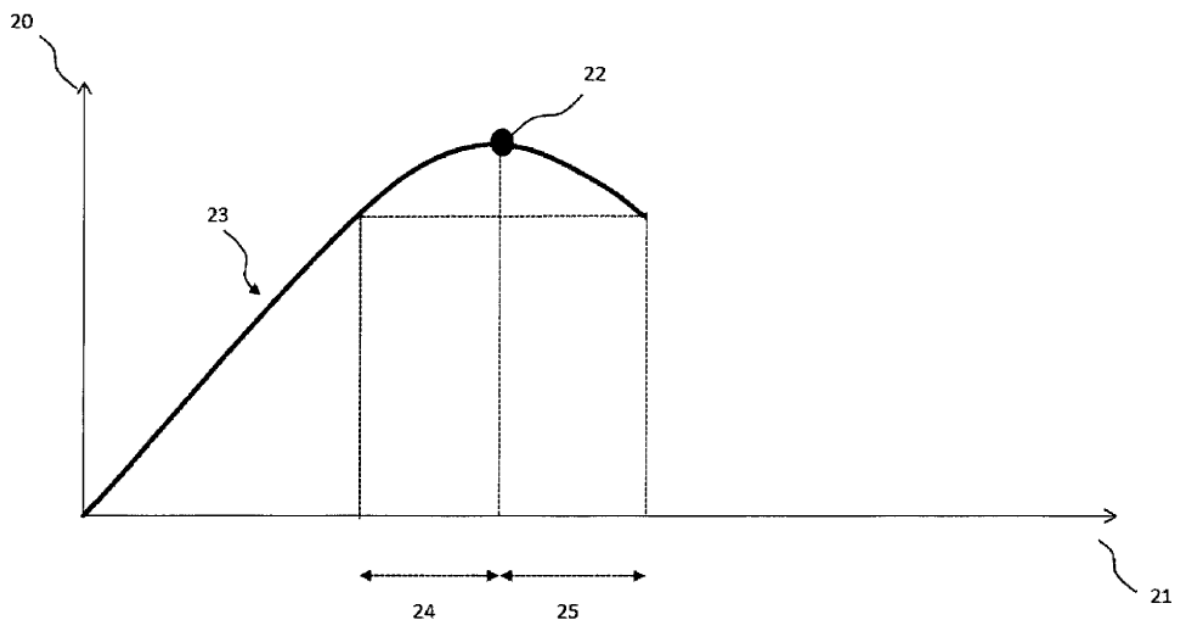


FIG. 1

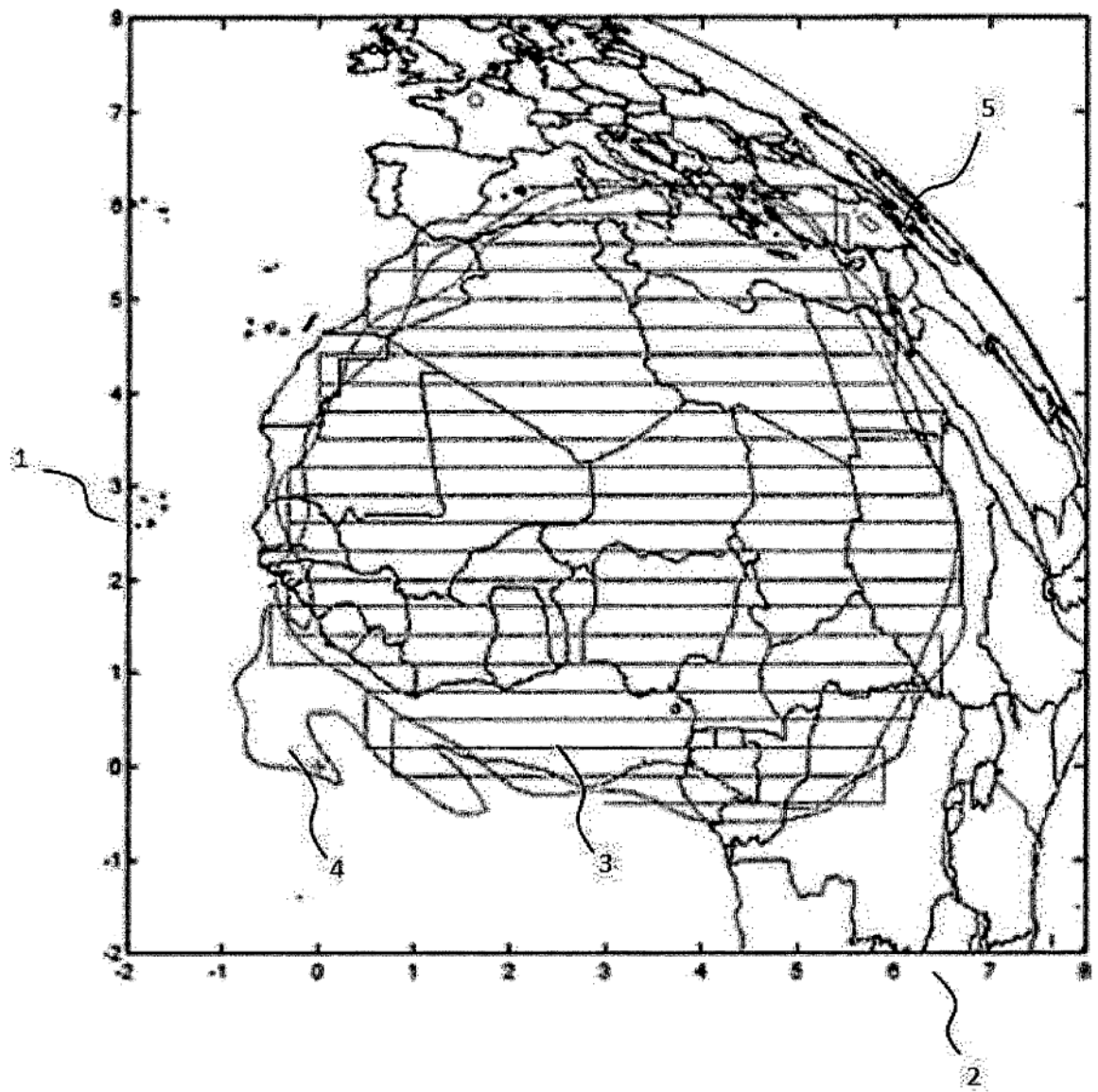


FIG.2

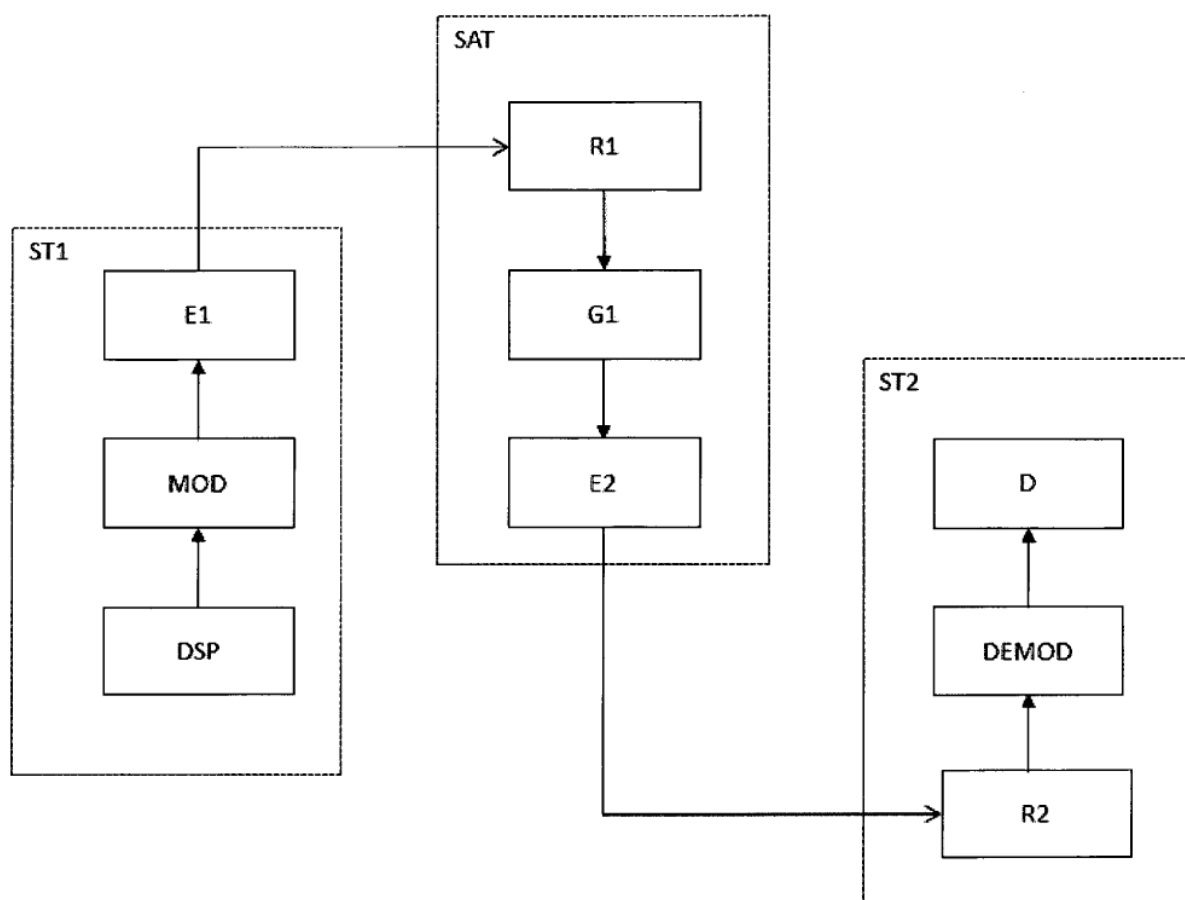


FIG.3

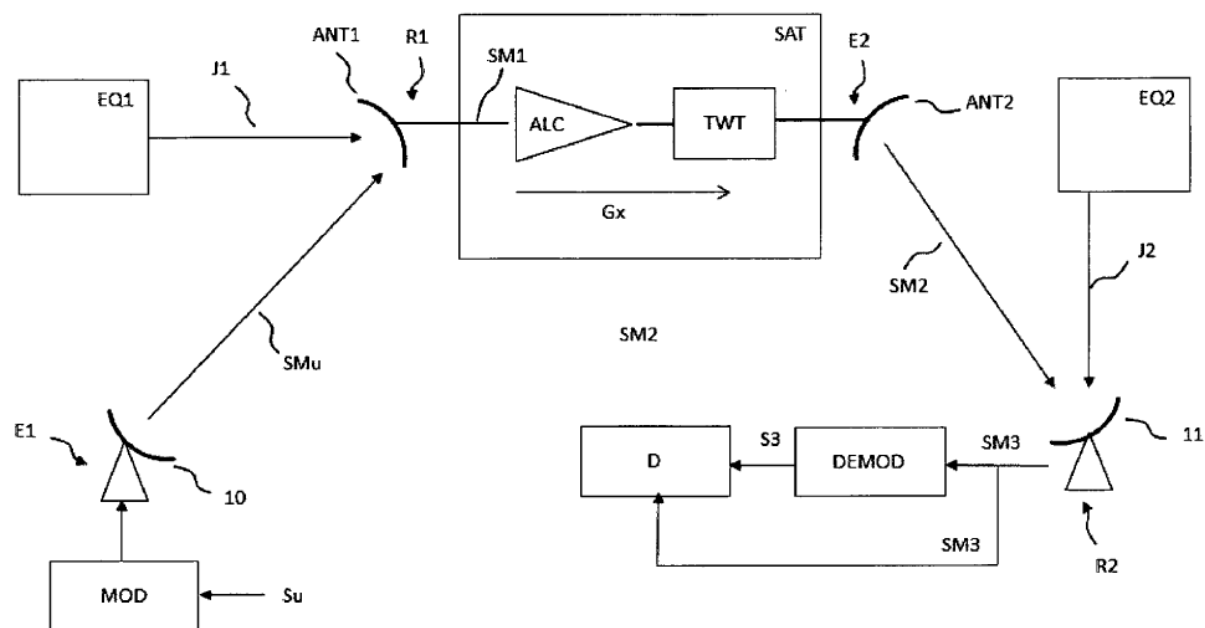


FIG.4