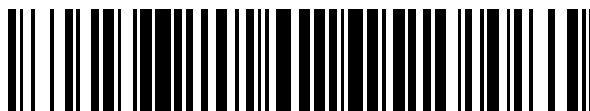


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 680 480**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185 (2006.01)

H04B 17/10 (2015.01)

H04W 72/04 (2009.01)

H04W 24/08 (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2016 E 16195099 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 3169003**

54 Título: **Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita y sistema de prueba IOT asociado**

30 Prioridad:

10.11.2015 FR 1502356

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

07.09.2018

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
Tour Carpe Diem Esplanade Nord, Place des
Corolles
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

**TESSANDORI, STÉPHANE-OLIVIER;
BOUSQUET, EMMANUEL y
DURAND, ARNAUD-DAMIEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 680 480 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 caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita y sistema de prueba IOT asociado

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita, en concreto, sobre su órbita de servicio, con la ayuda de una estación terrestre de prueba IOT (en inglés "In Orbit Testing"). Más particularmente, la invención se refiere a la caracterización de la antena de recepción y/o de la cadena de transmisión del enlace ascendente de recepción de la carga útil probada en órbita de servicio.

Cuando se prueba el funcionamiento nominal de una antena de recepción de un satélite en órbita, el diagrama de radiación de la antena de recepción se prueba y compara con unas especificaciones de funcionamiento esperado.

10 La invención se aplica, en concreto, para la prueba en órbita de un satélite de telecomunicación, pero igualmente de cualquier satélite cuya carga útil esté compuesta por una antena de recepción de enlace ascendente, por una antena de emisión de enlace descendente, y por al menos un repetidor transparente (en inglés "bent pipe transponder"), interconectado entre la antena de recepción de enlace ascendente y la antena de emisión de enlace descendente, o
15 al menos repetidor regenerativo que dispone sobre su cadena de transmisión de enlace ascendente de al menos una telemetría de potencia representativa de la potencia de entrada del repetidor.

Los procedimientos conocidos de prueba de la carga útil de un satélite en órbita están basados muy a menudo en el empleo de una señal de prueba sobre portadora no modulada, es decir, una señal sinusoidal, a veces llamada portadora pura. Esta señal de prueba está generada, amplificada y transmitida sobre el enlace ascendente a través
20 de una estación terrestre provista de una antena terrestre de emisión. La carga útil del satélite recibe la señal de prueba no modulada mediante una antena de recepción de enlace ascendente, la señal se propaga a través del repetidor y se retransmite a la estación terrestre mediante una antena de emisión de enlace descendente. A partir de las mediciones realizadas sobre la señal de enlace descendente cuando el repetidor funciona en modo lineal y transparente, es posible caracterizar la respuesta de la antena de recepción del satélite.

25 Igualmente, se conoce que se emplean unas señales de prueba no moduladas para probar el funcionamiento de una antena de recepción multihaces o de una antena de recepción de varias frecuencias en forma de señales de prueba multiportadoras, es decir, generando al mismo tiempo una pluralidad de portadoras puras sinusoidales repartidas sobre una banda de frecuencias. Las solicitudes de patente francesas FR 2 995 478 A1 y FR 2 989 545 A1, así como la publicación "The techniques and accuracies of in-orbit measurements on satellites", PROCEEDINGS OF
30 SOUTHEASTCON. WILLIAMSBURG, ABRIL 7 - 10, 1991; [PROCEEDINGS OF THE SOUTHEAST CONFERENCE], NUEVA YORK, IEEE, EEUU, vol. -, 7 de abril de 1991, páginas 405-409 describen unos procedimientos sistemas para la caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita con la ayuda de una estación terrestre de prueba, como se indica en el preámbulo de las reivindicaciones independientes 1 y 13 de la presente solicitud. Según la solicitud de patente francesa FR 2 995 478 A1, con el fin de probar la antena
35 de transmisión del satélite, se inyecta ruido térmico al nivel de la cadena de transmisión del satélite. Los inconvenientes de los procedimientos de prueba conocidos, basados en el empleo de señales de prueba no moduladas y descritas más arriba, son múltiples.

Un primer problema técnico se plantea por la limitación de la prueba de la antena de recepción del satélite a una parte de la zona de cobertura de la antena de emisión. En efecto, para que el método de prueba pueda
40 implementarse, la estación terrestre de prueba, que opera a la vez la emisión de la señal de prueba sobre el enlace ascendente y la adquisición de la señal retransmitida de manera transparente por el satélite sobre el enlace descendente, debe estar posicionada en la zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite. De este modo, no es posible probar la antena de recepción en toda su cobertura angular.

45 Un segundo problema técnico está relacionado con el empleo de señales de prueba destinadas a probar el funcionamiento de una antena de recepción multihaces o de una antena de recepción de varias frecuencias. Esto necesita la generación de señales de prueba multiportadoras y un dispositivo de generación de estas señales que incrementa la complejidad del sistema de prueba.

Finalmente, y de manera general, cuando son emitidas por la estación terrestre de prueba una o varias portadoras
50 de prueba no moduladas, se plantea un tercer problema técnico por la existencia de interferencias creadas por la estación terrestre con otros satélites operativos adyacentes, que son nefastas e intolerables para estos satélites adyacentes en servicio, y que necesitan una coordinación global de frecuencias y, por consiguiente, unas habilitaciones específicas para las mediciones IOT.

En efecto, la densidad espectral de potencia importante de una o varias portadoras no moduladas que se eleva a
55 aproximadamente 70 dB por encima de la de una portadora modulada arrastra unas solicitudes de coordinación de frecuencias importantes.

De entre las habilitaciones específicas que permiten una coordinación global de las frecuencias, una primera

habilitación consiste en elegir una longitud de Prueba en Órbita (IOT) del satélite probada, diferente de la posición orbital final de servicio, de modo que el satélite probado no interfiera con los satélites en servicio adyacentes. Esta medición es conveniente, a veces y de manera particular, para un satélite geoestacionario.

5 Una segunda habilitación de las mediciones IOT consiste en elegir unos tramos temporales de prueba por la noche para limitar los efectos de las interferencias sobre los satélites adyacentes cuyo tráfico puede estar disminuido durante estos periodos nocturnos.

Una tercera habilitación consiste en realizar las mediciones IOT usando unas frecuencias de prueba, defasadas con respecto a las frecuencias de servicio del satélite probado, y que caen en las bandas de protección de los satélites adyacentes.

10 No obstante, unas habilitaciones de este tipo son pesadas y largas de implementar, y limitan las mediciones IOT que se desea realizar en cuanto a intervalos de los parámetros que se desea caracterizar, al número de configuraciones probadas de la carga útil, y a duración de las mediciones, incluso impiden la realización de algunas mediciones IOT.

15 La presente invención tiene como propósito, en primer lugar, paliar las dificultades planteadas por el tercer problema técnico y proponer un procedimiento y un sistema de prueba IOT que permiten sencillamente caracterizar la carga útil del satélite probado mediante su enlace ascendente en su posición orbital de servicio del satélite, en particular, caracterizar el diagrama de radiación de la antena de recepción de enlace ascendente, cumpliendo al mismo tiempo las exigencias de coordinación de frecuencias con los otros satélites adyacentes o más cercanos vecinos.

20 De manera suplementaria y, en segundo lugar, la presente invención tiene como propósito paliar las dificultades planteadas por los primero y segundo problemas técnicos, y proponer un procedimiento y un sistema de prueba IOT que permiten ampliar el intervalo angular de caracterización del diagrama de radiación de la antena de recepción de enlace ascendente, y cuando se prueban en paralelo varios canales, durante, por ejemplo, cortes multifrecuencias de directividad de la antena de recepción de la carga útil (en inglés "IOT Antenna mapping"), disminuir la duración de las mediciones IOT o la complejidad de un banco de prueba multiportadoras específico.

25 Para ello, la invención tiene como objeto un procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita con la ayuda de una estación terrestre de prueba; incluyendo la estación terrestre de prueba unos primeros medios de amplificación de radiofrecuencia, y una antena terrestre de emisión de radiofrecuencia con un primer puerto de entrada de la antena conectado en la salida de los primeros medios de amplificación de radiofrecuencia; incluyendo la carga útil del satélite una primera antena satelital de recepción de enlace ascendente, una segunda antena satelital de emisión de enlace descendente, y un repetidor interconectado entre la primera
30 antena satelital de recepción y la segunda antena satelital de emisión; incluyendo el repetidor un segundo puerto de entrada de radiofrecuencia conectado a un puerto de salida de la antena satelital de recepción, y unos segundos medios de amplificación, configurados para amplificar sobre una porción de entrada del repetidor de enlace ascendente o la totalidad del repetidor, unas señales en una banda de frecuencia de recepción del repetidor, según un modo de amplificación lineal y con una ganancia fija telecontrolable comprendida en un intervalo de ganancia que
35 varía entre una primera ganancia inferior $G_{mín}$ y una segunda ganancia superior $G_{máx}$; estando el procedimiento caracterizado porque comprende una etapa de suministro que consiste en: suministrar los primeros medios de amplificación configurables para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la banda de recepción del repetidor y cuya densidad espectral de potencia es regulable hasta una densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} de ruido térmico de prueba tal que la relación de la densidad espectral del ruido térmico de prueba, recibido proveniente de la estación terrestre de prueba cuando la densidad espectral de ruido térmico que emite es igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} , y recibido en la entrada del repetidor, sobre la densidad espectral de ruido térmico suelo generado por el satélite solo en interno y el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada del repetidor es superior o igual a un primer umbral Du_1 igual a 10 dB.

45 Según unos modos particulares de realización, el procedimiento de prueba IOT comprende una o varias de las siguientes características:

50 - un banco de prueba, deportado de o integrado en la estación terrestre de prueba, está configurado para enviar y recibir respectivamente unos telecontroles de configuración al y unas telemetrías desde el satélite a través de una infraestructura de telecontrol y de telemetría, terminada por una estación de telecontrol y telemetría visible desde el satélite, y para enviar a y recibir de la estación terrestre de prueba unos controles de primeros medios de amplificación y del ruido térmico de prueba retransmitido por el satélite con o sin tratamiento; y el procedimiento comprende, además, las etapas que consiste en: configurar la actitud del satélite y/o de la antena satelital de recepción para que la antena de recepción se alinee hacia la estación terrestre según una posición angular de alineación de referencia; configurar los segundos medios de amplificación de la carga útil a una
55 ganancia fija predeterminada que corresponde a un modo de funcionamiento lineal sobre al menos la porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente o la totalidad del repetidor cuando el ruido térmico de prueba recibido proveniente de la estación terrestre y en la entrada del repetidor corresponde a una densidad espectral de ruido térmico de prueba emitido por la estación terrestre igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} ; configurar los primeros medios de amplificación de la estación terrestre de prueba para generar en la

5 entrada de la antena terrestre de emisión un ruido térmico de prueba que tiene una banda que cubre la banda de
recepción del repetidor, y cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de referencia
Dref, y hacer transmitir el ruido térmico de prueba por la estación terrestre de prueba en esta configuración de los
primeros medios de amplificación; luego adquirir durante una duración predeterminada al menos una medición
representativa de la potencia recibida en la entrada del repetidor a través de al menos una medición de potencia
10 recibida correspondiente ya sea por la estación terrestre de prueba a través del enlace descendente cuando
existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión
del satélite y la estación terrestre se encuentra en el interior de dicha zona de intersección; o ya sea por unas
telemetrías correspondientes de la potencia captada en una ubicación del repetidor donde la amplificación es
lineal y donde accesoriamente se conoce la ganancia correspondiente;

15 - la anchura de la banda del ruido térmico de prueba emitido hacia el satélite está comprendida entre 30 MHz y
3 GHz o comprendida entre un 3 % y un 10 % de una frecuencia central de la banda de frecuencia de emisión de
la estación terrestre de prueba o de recepción de la carga útil;

- la banda de frecuencia de emisión de la estación terrestre de prueba, respectivamente de la banda de
recepción de la carga útil, está comprendida en las bandas L, S, C, X, Q, V, Ku y Ka;

20 - el primer umbral Du1 de relación de densidad de ruido depende de la banda de frecuencia de recepción de la
carga útil, de la órbita del satélite, del tamaño de la antena de emisión de la estación terrestre de prueba y del
parámetro G/T de la carga útil del satélite probado;

- la caracterización de las prestaciones de la carga útil del satélite en órbita de servicio está comprendida en el
conjunto formado por: la caracterización mono o multifrecuencia de uno o varios diagramas angulares y/o de uno
o varios cortes angulares de radiación de la antena de recepción del satélite cuando el repetidor de carga útil es
un repetidor transparente o un repetidor regenerativo; la respuesta de ganancia lineal del puerto de entrada al
puerto de salida del repetidor cuando el repetidor es un repetidor transparente que funciona en un modo lineal, y
cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de
emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí; la variación de la ganancia lineal del repetidor en
función de la frecuencia en la banda del repetidor para una ganancia fijada del repetidor; la medición del flujo
saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del transpondedor del satélite y la medición de Potencia de
Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil cuando el repetidor es transparente; la medición de la G/T de la
carga útil con o sin visibilidad del enlace descendente desde la estación terrestre; la caracterización de la
resistencia de potencia de RF de la carga útil y/o del consumo y/o de las prestaciones de la plataforma cuando la
carga útil está cargada por el ruido térmico recibido en una configuración cercana a las condiciones operativas,
por ejemplo, según un tráfico máximo o un tráfico variable en el tiempo;

30 - la caracterización de la carga útil es la caracterización de un diagrama angular o de cortes angulares de
variación de la directividad de la antena satelital de recepción, y el procedimiento comprende las etapas que
consisten en: configurar la actitud del satélite y/o de la antena satelital de recepción para que la antena satelital
de recepción se alinee hacia la estación terrestre de prueba según una posición angular de alineación de
referencia; configurar los segundos medios de amplificación de la carga útil a una primera ganancia fija
predeterminada que corresponde a un modo de funcionamiento lineal sobre la porción de entrada del repetidor
correspondiente al enlace ascendente o la totalidad del repetidor cuando el ruido térmico de prueba recibido
proveniente de la estación terrestre y en la entrada del repetidor corresponde a una densidad espectral de ruido
térmico de prueba emitido por la estación terrestre igual a la densidad espectral de referencia Dref; configurar los
primeros medios de amplificación de la estación terrestre para generar en la entrada de la antena terrestre de
emisión un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la de la banda de
recepción del repetidor, y cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de referencia
Dref; luego generar durante una duración predeterminada por la estación terrestre el ruido térmico de prueba
correspondiente a la configuración de los primeros medios de amplificación a la densidad espectral de referencia
Dref cuando la antena satelital de recepción se alinea sobre la estación terrestre según la dirección de alineación
de referencia; luego medir un nivel de referencia correspondiente a la dirección de alineación de referencia a
partir de la señal de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil según el enlace descendente y
recibida por la estación terrestre a través de una antena terrestre de recepción cuando existe una zona de
intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la
estación terrestre se encuentra ahí, o a partir de una telemetría del satélite que suministra el nivel de potencia
recibido en una ubicación del repetidor donde la amplificación es lineal y donde accesoriamente la ganancia
hasta esta ubicación conocida; luego con respecto a la dirección de alineación de referencia, desalinearse la
antena de recepción sobre un conjunto de posiciones angulares de desalineación de la antena de recepción con
respecto a la dirección de alineación de referencia; y para cada posición angular de desalineación, generar en
tierra durante una duración predeterminada el ruido térmico de prueba que cubre la banda de recepción del
repetidor y correspondiente a la configuración de los primeros medios de amplificación a la densidad de
referencia Dref; y medir durante una duración predeterminada sobre una o varias frecuencias de la banda del
repetidor, la directividad relativa o la ganancia relativa de la antena satelital de recepción con respecto al nivel de
referencia, correspondiente a la posición angular de desalineación de la antena satelital de recepción, a partir de
la señal de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil según el enlace descendente y recibida por la
estación terrestre a través de una antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección de las
zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se
encuentra ahí, o a partir de una telemetría del satélite que suministra el nivel de potencia recibido en una
ubicación del repetidor donde la amplificación lineal y la ganancia hasta esta ubicación conocida registrar los

desvíos angulares controlados de desalineación de la antena satelital de recepción y las mediciones de directividad relativas o de ganancias relativas asociadas; luego a partir de los desvíos angulares controlados de desalineación de la antena satelital de recepción y las mediciones de directividad relativas o de ganancias relativas asociadas, mono o multifrecuencia, reconstituir uno o varios diagramas angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción y/o uno o varios cortes angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción;

- el repetidor es un repetidor transparente; y la caracterización de la carga útil es la caracterización de la respuesta de ganancia del repetidor de su extremo de entrada a su extremo de salida sobre la banda de recepción del repetidor según un control de ganancia predeterminado de los segundos medios de amplificación para el cual el repetidor funciona en modo lineal cuando la estación terrestre de prueba genera un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; y el procedimiento comprende las etapas que consisten en: alinear la antena satelital de recepción sobre la estación terrestre de prueba según una dirección de alineación de referencia; luego configurar los segundos medios de amplificación para fijar la ganancia del repetidor al valor de ganancia predeterminado compatible con un funcionamiento lineal del repetidor cuando la estación terrestre emite el ruido térmico de prueba a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; y configurar los primeros medios de amplificación de la estación terrestre para generar un ruido térmico en la entrada de la antena de emisión que cubre la banda del repetidor y hacer variar la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba por paso de una duración predeterminada en un intervalo de atenuación con respecto a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} comprendido entre 0 dB y un valor de retroceso inferior o igual al primer umbral Du_1 ; y sobre el conjunto barrido de las densidades de potencia del ruido térmico generado por la estación, medir correlativamente las potencias en la entrada del repetidor y las potencias correspondientes en la salida del repetidor y deducir de ello la evolución de la ganancia en función de la potencia de entrada del repetidor;

- el repetidor es un repetidor transparente; y la caracterización de la carga útil es la caracterización de la respuesta de ganancia de frecuencia sobre la banda completa del repetidor según un mismo control de ganancia predeterminado aplicado a los segundos medios de amplificación para el cual el repetidor funciona en modo lineal cuando la estación terrestre genera un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; y el procedimiento comprende las etapas que consisten en: alinear la antena satelital de recepción sobre la estación terrestre de prueba según una dirección de alineación de referencia; luego configurar los segundos medios de amplificación para fijar la ganancia del repetidor a un valor de ganancia predeterminado compatible con un funcionamiento lineal del repetidor cuando la estación terrestre de prueba emite el ruido térmico de prueba a la densidad espectral de potencia de referencia; y configurar los primeros medios de amplificación de la estación terrestre de prueba para generar un ruido térmico en la entrada de la antena terrestre de emisión que cubre la banda de recepción del repetidor a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; sobre un conjunto de frecuencias barridas por paso de duración predeterminada, medir correlativamente, las densidades espectrales emitidas y recibidas en función de la frecuencia por la estación terrestre a través de la antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí; luego deducir de ello la variación de ganancia en función de la frecuencia en la banda de recepción del repetidor;

- el repetidor es un repetidor transparente; y la caracterización de la carga útil es la caracterización del flujo saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del repetidor del satélite y/o de la medición de Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil; y el procedimiento comprende las etapas que consisten en: alinear la antena de recepción del satélite sobre la estación terrestre según una dirección de alineación de referencia; luego configurar los segundos medios de amplificación para hacer funcionar el repetidor en un régimen de amplificación lineal cuando la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba inyectado en la entrada de la antena terrestre de emisión es inferior o igual a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; configurar los primeros medios de amplificación de la estación terrestre para generar un ruido térmico de prueba en la entrada de la antena terrestre de emisión que cubre la banda de recepción del repetidor y hacer variar la densidad espectral de potencia de ruido térmico de prueba por paso de duración predeterminada en un intervalo de atenuación con respecto a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} comprendido entre 0 dB y un valor de retroceso inferior o igual al primer umbral Du_1 ; y sobre el conjunto barrido de las densidades de potencia del ruido térmico generado por la estación terrestre medir correlativamente ya sea las potencias de entrada y de salida correspondientes del repetidor a través de las telemetrías satélite, o ya sea las potencias de entrada del repetidor a través de medición al nivel de la estación terrestre o a través de la telemetría satélite y las potencias correspondientes recibidas por la estación terrestre a través de la antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en dicha zona de intersección, y deducir de ello la evolución de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil en función de la potencia de entrada recibida por el repetidor sobre un primer intervalo de observación; y/o el procedimiento comprende las etapas que consisten en: configurar los primeros medios de amplificación para fijar la densidad espectral del ruido térmico de prueba inyectado en la entrada de la antena terrestre de emisión y que cubre la banda total del repetidor a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; luego configurar los segundos medios de amplificación del repetidor haciendo variar por paso de duración predeterminada la ganancia lineal del repetidor en un intervalo de ganancias del repetidor comprendido entre el primer valor de ganancia inferior $G_{mín}$ y el segundo valor de ganancia superior $G_{máx}$ para hacer funcionar el repetidor en un

modo no lineal en el cual está comprimido un amplificador de alta potencia que forma un extremo de los segundos medios de amplificación; y sobre el conjunto barrido de los controles de ganancias lineales del repetidor medir correlativamente ya sea las potencias de entrada y de salida correspondientes del repetidor a través de las telemetrías satélite, o ya sea las potencias de entrada del repetidor a través de medición al nivel de la estación terrestre o a través de la telemetría satélite y las potencias correspondientes recibidas por la estación terrestre a través de la antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en dicha zona de intersección, y deducir de ello la evolución de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil en función de la ganancia del repetidor y de la potencia de entrada recibida en la entrada del repetidor correspondiente a una densidad espectral del ruido térmico de prueba emitido en tierra igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} y/o la densidad de flujo saturante (SFD);

- la caracterización de la carga útil es una medición de la G/T en la cual G designa la ganancia de la antena y T designa la temperatura de ruido llevada a la entrada del repetidor; y cuando el repetidor es transparente y existe paso de intersección entre la cobertura ascendente y la cobertura descendente o el repetidor es regenerativo, el procedimiento comprende las etapas que consisten en: alinear la antena de recepción del satélite sobre la estación terrestre según una dirección de alineación de referencia; apagar o dejar apagada la emisión de señales radioeléctricas por la estación terrestre; luego configurar los segundos medios de amplificación del repetidor a un valor de ganancia compatible con un funcionamiento lineal del repetidor y con una medición de ruido a través de una telemetría satélite; luego medir el ruido térmico N1 propio del repetidor presente en la entrada del repetidor a través de la telemetría de entrada del repetidor; luego activar la estación terrestre y configurar los primeros medios de amplificación para generar un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral medida en tierra es superior o igual a la densidad de referencia D_{ref} ; luego medir un ruido térmico recibido N2 proveniente de la estación terrestre y en la entrada del repetidor en la banda de recepción del repetidor a través de la telemetría de entrada del repetidor; determinar la relación G/T a partir de la relación del ruido térmico recibido N2 sobre el ruido térmico propio N1 del repetidor;

- la caracterización de la carga útil es una medición de la G/T en la cual G designa la ganancia de la antena y T designa la temperatura de ruido llevada a la entrada del repetidor; y cuando el repetidor es transparente y existe una intersección entre la cobertura ascendente y la cobertura descendente, el procedimiento de medición de la G/T comprende las etapas que consisten en: alinear la antena de recepción del satélite sobre la estación terrestre según una dirección de alineación de referencia; apagar o dejar apagada la emisión de señales radioeléctricas por la estación terrestre; luego configurar los segundos medios de amplificación del repetidor a un valor de ganancia compatible con un funcionamiento lineal del repetidor; luego medir el ruido térmico N1 propio sobre el enlace descendente; luego activar la estación terrestre y configurar los primeros medios de amplificación para generar un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral medida en tierra es superior o igual a la densidad de referencia D_{ref} ; luego medir un ruido térmico recibido N2 redescendente; luego determinar la relación G/T a partir de la relación del ruido térmico medido N2 sobre el ruido térmico propio N1 del repetidor.

La invención tiene como objeto, igualmente, un sistema para la caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita sobre una banda de frecuencias y sobre un enlace ascendente, incluyendo la carga útil del satélite una primera antena satelital de recepción de enlace ascendente, una segunda antena satelital de emisión de enlace descendente, y un repetidor de banda ancha, interconectado entre la primera antena satelital de recepción y la segunda antena satelital de emisión; incluyendo el repetidor un puerto de entrada de radiofrecuencia, conectado a un puerto de salida de la antena satelital de recepción, y unos segundos medios de amplificación, configurados para amplificar sobre una porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente o sobre la totalidad del repetidor, unas señales comprendidas en la banda de frecuencia, según un modo de amplificación lineal y con una ganancia fija telecontrolable comprendida en un intervalo de ganancia que varía desde una primera ganancia inferior $G_{mín}$ y una segunda ganancia superior $G_{máx}$, y comprendiendo el sistema: una estación terrestre de prueba que incluye unos primeros medios de amplificación de radiofrecuencia, y una antena terrestre de emisión de radiofrecuencia con un puerto de entrada conectado a una salida de primeros medios de amplificación; una infraestructura de telecontrol y de telemetría de la carga útil y de la plataforma satélite, terminada por una estación de telecontrol y telemetría visible desde el satélite; y un banco de prueba conectado a la estación terrestre de prueba y a la infraestructura de telecontrol y de telemetría, configurado para implementar el procedimiento de caracterización de la carga útil tal como se ha definido más arriba coordinando el envío de controles y la recepción de señales a medir y/o de telemetrías respectivamente enviadas y recibidas de la estación terrestre de prueba y de la estación de telecontrol y telemetría; estando el sistema caracterizado porque: los primeros medios de amplificación de la estación terrestre son configurables para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la banda de recepción del repetidor, y cuya densidad espectral de potencia es regulable hasta una densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} tal que la relación de la densidad del ruido térmico de prueba, recibida proveniente de la estación terrestre de prueba cuando emite es igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} , y recibido en la entrada del repetidor, sobre la densidad espectral de ruido térmico suelo generado por el satélite solo en interno y por el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada del repetidor, es superior o igual a un primer umbral Du_1 igual a 10 dB.

Según unos modos particulares de realización, el sistema para la caracterización de las prestaciones de una carga útil comprende una o varias de las siguientes características:

5 - el banco de prueba comprende unos medios de adquisición durante una duración predeterminada del ruido térmico emitido por la antena satelital de emisión sobre el enlace descendente recibido por la estación terrestre de prueba cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en el interior de dicha zona de intersección, y/o de telemetrías del ruido térmico de prueba recibido en diversas ubicaciones del repetidor, y de telemetrías de la plataforma representativas de la resistencia de potencia de RF de la carga útil y/o del consumo eléctrico y/o de las prestaciones térmicas de la plataforma cuando la carga útil está cargada por un ruido térmico de prueba en una configuración cercana a las condiciones operativas, por ejemplo, la de un tráfico máximo o un tráfico variable en el tiempo; unos medios de telecontrol de la carga útil y/o de la plataforma del satélite en órbita de servicio, durante dicha duración predeterminada, para imprimir un desvío angular de alineación de la antena satelital de recepción con respecto a una dirección de alineación de referencia de variación predeterminada y/o para variar una ganancia lineal del repetidor cuando está en un modo de amplificación lineal o controlar un modo de amplificación no lineal del repetidor activando un bucle de regulación automática de ganancia en la entrada de un amplificador de alta potencia de salida; unos medios de registros de las variaciones controladas por los medios de telecontrol del banco de prueba; unos medios de correlación para correlacionar la medición de la señal por la antena satelital de emisión sobre la conexión descendente del satélite cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí, y/o de telemetrías de la señal de prueba recibida en diversas ubicaciones del repetidor; y/o de otros parámetros de satélite en relación con la carga útil representativos de la resistencia de potencia de RF de la carga útil, y unas prestaciones en cuanto a consumo y regulación térmica de la plataforma, y para deducir de ello las variaciones de parámetros medidos que caracterizan la carga útil o la plataforma en función de las variaciones controladas en el satélite.

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción de varias formas de realización que va a seguir, dada únicamente a título de ejemplo y hecha haciendo referencia a los dibujos en los cuales:

- 25 - la Figura 1 es una vista de un ejemplo de arquitectura de un sistema de prueba IOT según la invención configurado para caracterizar las prestaciones de la carga útil de un satélite que evoluciona sobre su órbita de servicio;
- la Figura 2 es una vista de un ejemplo simplificada de una carga útil probada por el sistema de prueba IOT de la Figura 1;
- 30 - la Figura 3 es una vista de un ejemplo simplificado de la estación terrestre de prueba que compone el sistema de prueba IOT de la Figura 1;
- las Figuras 4 y 5 son unas vistas comparativas de los grados de interferencias a las cuales están sometidos unos sistemas satélites adyacentes en servicio, causadas por el satélite probado y el sistema de prueba IOT cuando las señales de prueba IOT son respectivamente una o varias señales no moduladas convencionales, o una señal de ruido térmico de banda ancha según la invención;
- 35 - la Figura 6 es un diagrama funcional general de un procedimiento de caracterización de una carga útil según la invención, siendo la carga útil, por ejemplo, la de la Figura 2;
- la Figura 7 es un diagrama funcional de la caracterización de uno o varios diagramas de radiación y/o uno o varios cortes angulares de radiación de la antena satelital de recepción de la carga útil;
- 40 - la Figura 8 es un diagrama funcional de la caracterización de la respuesta de ganancia del repetidor de su extremo de entrada a su extremo de salida sobre la totalidad de la banda de recepción del repetidor según un control de ganancia predeterminado de los segundos medios de amplificación en un modo de funcionamiento lineal del repetidor;
- la Figura 9 es un diagrama funcional de la caracterización de la respuesta de ganancia de frecuencia sobre la banda completa del repetidor según un mismo control de ganancia predeterminado aplicado a los segundos medios de amplificación para el cual el repetidor funciona en modo lineal;
- 45 - la Figura 10 es un diagrama funcional de la caracterización del flujo saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del repetidor del satélite y/o de la medición de Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil;
- 50 - la Figura 11 es una vista de un ejemplo de la evolución de la PIRE medida sobre una carga útil de banda Ka cuando se hace variar las ganancias de la estación terrestre de prueba IOT y del repetidor de la carga útil probado según el procedimiento de caracterización de la evolución de la PIRE ilustrado en la Figura 10
- la Figura 12 es un diagrama funcional de la caracterización de la G/T de la carga útil.

55 Según la Figura 1, un sistema de prueba en órbita o sistema de prueba IOT (en inglés "In Orbit Testing") 2 está configurado para caracterizar unas prestaciones de una carga útil 4 de un satélite 6 probada sobre una banda de frecuencias de recepción que es la de un enlace ascendente 8. Las pruebas están previstas para ser efectuadas cuando el satélite probado 6 se encuentra sobre una órbita predeterminada, en concreto, su órbita de servicio. En este documento, el satélite 6 se supone que evoluciona sobre una órbita geostacionaria.

60 Como variante, el satélite ocupa una órbita comprendida en el conjunto de las órbitas MEO (en inglés "Medium Earth Orbit"), LEO (en inglés "Low Earth Orbit").

Según la Figura 2 y un ejemplo simplificado de carga útil, la carga útil 4 del satélite 6 incluye una primera antena satelital de recepción 12 de enlace ascendente 8, una segunda antena satelital de emisión 14 de enlace

descendente 16, y un repetidor 20, que tiene en este documento una banda ancha de recepción, interconectado entre la primera antena satelital de recepción 12 y la segunda antena satelital de emisión 14.

El repetidor 20 incluye un puerto de entrada de radiofrecuencia 24, conectado a un puerto de salida 26 de la antena satelital de recepción 12, y unos segundos medios de amplificación 28, configurados para amplificar sobre una porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente 8, o sobre la totalidad de la cadena de transmisión del repetidor, unas señales comprendidas en la banda de frecuencia de recepción del repetidor, según un modo de amplificación lineal y con una ganancia fija telecontrolable comprendida en un intervalo de ganancia que varía desde entre una primera ganancia inferior G_{\min} y una segunda ganancia superior G_{\max} .

Los segundos medios de amplificación 28 comprenden, conectados inmediatamente en la salida de la antena satelital de recepción 12 un amplificador de escaso ruido 32 LNA (en inglés "Low Noise Amplifier"), luego en cascada, a través de un filtro de canal 34 que define el repetidor como un canal de transmisión de banda ancha, en primer lugar, una cadena de amplificación intermedia 36, luego un amplificador de alta potencia 38 HPA (en inglés "High Power Amplifier"). La carga útil 4 constituida de este modo realiza en este documento una función de repetidor transparente (denominado en inglés "bent pipe transponder"), según la cual la señal recibida sobre el enlace ascendente 8 se retransmite amplificada a una transposición de frecuencia aproximada de la señal en toda la banda del repetidor sobre el enlace descendente 16 del satélite 4 mediante la antena satelital de emisión 16. En el ejemplo de la Figura 2, se representa un solo repetidor, pero una carga útil puede contener varios repetidores asociados a varias frecuencias de recepción y/o de emisión diferentes.

Cuando no se recibe ninguna señal por la antena satelital de recepción 12, la carga útil 4 genera, sin embargo, un ruido que presenta dos componentes principales, una primera componente de ruido que procede de la radiación térmica natural de la Tierra, transmitido a la carga útil por la antena satelital de recepción 12 y que contiene potencialmente unas interferencias que proceden de los sistemas satélites adyacentes y una segunda componente de ruido térmico generado por el propio repetidor, en particular, la cadena de recepción de escaso ruido 32 o LNA.

En este momento, se describe en detalle un ejemplo de realización de la cadena de amplificación intermedia 36 y las configuraciones respectivas asociadas para permitir la caracterización de la carga útil sobre una porción del repetidor correspondiente a la cadena del enlace ascendente, por ejemplo, la caracterización de las prestaciones de la antena de recepción 12, y para permitir la caracterización de la carga útil sobre la totalidad de la cadena de transmisión del repetidor.

La cadena de amplificación intermedia 36 incluye al menos un primer amplificador 42 que permite ajustar el nivel de señal de salida del filtro de canal 34 para que sea compatible con la dinámica de un bucle de control automático de ganancia 44 colocado en la salida del primer amplificador 42. El bucle de control automático de ganancia 44 permite obtener una señal de nivel constante en la entrada de un segundo amplificador 46 que es adecuado para amplificar la señal para alcanzar el punto de funcionamiento deseado en la entrada del amplificador de alta potencia 38. Un tercer amplificador 48 está presente en la salida del segundo amplificador 46 para compensar las no linealidades de frecuencias del amplificador de alta potencia 38.

El ejemplo de cadena de amplificación intermedia 36 descrito en la Figura 2 se da a título ilustrativo y no limitativo. En particular, pueden incluirse otros amplificadores dispuestos en cascada. Por ejemplo, el bucle de Control Automático de Ganancia 44 o bucle CAG 44 puede ser opcional. El bucle de control automático de ganancia 44 puede ser desembragable, igualmente, y permitir cuando está desembragado, un funcionamiento en un modo lineal de ganancia controlada y fijada del repetidor, y cuando está activado un funcionamiento en un modo no lineal del repetidor 20.

Debe señalarse que cuando la caracterización de las prestaciones de la carga útil está limitada a las prestaciones relacionadas con el enlace ascendente, como, por ejemplo, el diagrama angular de radiación de la antena satelital de recepción, la G/T de la carga útil, la ganancia lineal sobre una porción de entrada de la cadena de transmisión del repetidor, o está limitado a las prestaciones de la totalidad del repetidor cuando funciona en un modo lineal, se usarán los controles de una porción inferior del intervalo de ganancias telecontrolables de los segundos medios de amplificación 36.

Debe señalarse que si se dispone de un primer sensor de medición de la potencia de entrada del repetidor y de un segundo sensor situado aguas abajo del amplificador de escaso ruido, por ejemplo, un sensor de la potencia de entrada del bucle de control automático de ganancia situado en la entrada del bucle CAG, la retención de la actividad del bucle de CAG no impide llevar a cabo unas mediciones de ganancia lineal, y la retransmisión en tierra de las telemetrías de los primero y segundo sensores permitirá realizar estas mediciones de ganancia lineal.

Debe señalarse que cuando están disponibles unas mediciones de este tipo, la caracterización de prestaciones relacionadas con el enlace ascendente de la carga útil se refiere de manera indiferente a un repetidor transparente o a un repetidor regenerativo. Se recuerda que un repetidor regenerativo que se puede descomponer en una cadena de transmisión de enlace ascendente que incluye una demodulación digital de las señales recibidas de enlace ascendente, y en una cadena de transmisión de enlace descendente que incluye una modulación digital de las señales enviadas sobre el enlace descendente

Debe señalarse que cuando se implementa una caracterización del enlace ascendente o de la ganancia lineal de un repetidor de una carga útil transparente con la ayuda de mediciones realizadas en tierra de un ruido térmico de prueba retransmitido por la carga útil, la configuración del repetidor es la de un modo lineal de funcionamiento, lo que requiere la desactivación de los bucles CAG dentro del repetidor si existe uno de estos.

5 Cuando se busca la caracterización de la carga útil en su totalidad, como, por ejemplo, la evolución de la PIRE en función de la potencia de entrada del repetidor y/o la determinación de la densidad de flujo saturante SFD, se desactivará el bucle CAG, y si se dispone de una dinámica suficiente sobre el ruido térmico de prueba recibido en la entrada del repetidor con respecto al ruido suelo del repetidor solo, es decir, el ruido propio generado por el repetidor y el ruido térmico natural de la Tierra, puede efectuarse una medición de la PIRE en modo lineal. La dinámica se
10 considera suficiente para algunos tipos de medición cuando es superior o igual a 10 dB. Esto tiene como consecuencia que se dispone en tierra de un generador de ruido térmico capaz de emitir una potencia suficiente para alcanzar el valor máximo de la dinámica siendo al mismo tiempo compatible con el balance de conexión del enlace ascendente entre la estación terrestre de prueba IOT y la carga útil del satélite probado.

15 Las mediciones de la PIRE en modo lineal podrán completarse por unas mediciones de la PIRE en modo no lineal fijando el nivel del ruido térmico de prueba en su nivel máximo y aumentando progresivamente la ganancia de los segundos medios de amplificación.

La configuración de la carga útil del satélite se realiza por un centro de control del satélite deportado de la estación de prueba.

20 Según la Figura 1, una zona de cobertura, probable sin tener que recurrir a unas telemetrías del satélite, representativas de la potencia de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil 4 a caracterizar, está limitada a una zona de intersección 62 entre una primera zona de cobertura de enlace ascendente 64 o zona de cobertura de la antena satelital de recepción 12 y una segunda zona de cobertura de enlace descendente 66 o zona de cobertura de la antena satelital de emisión 14.

25 Cuando no existe una zona de intersección de este tipo, es conveniente recurrir a unas telemetrías del satélite representativas de manera lineal de la potencia de ruido térmico de prueba recibido en la banda de recepción en la entrada del repetidor de la carga útil a caracterizar para la caracterización de la antena de recepción 12.

Según las Figuras 1 y 3, el sistema de prueba IOT 2 comprende una estación terrestre de prueba IOT 82 y un banco de prueba IOT 84.

30 La estación terrestre de prueba 82 está configurada para generar como señal de prueba una señal de ruido térmico de banda ancha, amplificada sobre la banda de uso del enlace ascendente 8 de la carga útil 4 del satélite probado 6 y cuya densidad espectral de potencia se representa en un primer espectrograma 85.

La estación terrestre de prueba 82 incluye unos primeros medios de amplificación de radiofrecuencia 86, y una antena terrestre de emisión 88 de radiofrecuencia con un puerto de entrada 90 de la antena 88 conectado a un puerto de salida 92 de los primeros medios de amplificación 86.

35 La estación terrestre de prueba 82 incluye, igualmente, una antena terrestre de recepción 94 que comparte, en este documento, el mismo reflector que se supone de doble rejilla de la antena terrestre de emisión 88 para recibir el ruido térmico de prueba retransmitido por la carga útil 4 sobre el enlace descendente 16 y cuya densidad espectral de potencia se representa en un segundo espectrograma 93.

Como variante, las antenas terrestre de emisión y de recepción tienen cada una un reflector distinto.

40 Como variante, la estación terrestre no usa antena terrestre de recepción cuando no existe zona de intersección entre la primera zona de cobertura de enlace ascendente y la segunda zona de cobertura de enlace descendente.

45 Los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre de prueba 82 son configurables para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión 88 un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda al menos igual a la banda de recepción del repetidor 20, y la densidad espectral de potencia, es decir, la densidad de potencia por unidad de frecuencia es regulable hasta una densidad espectral de potencia de ruido térmico de prueba Dref tal que para dicho valor Dref, la relación de la densidad del ruido térmico de prueba, recibido proveniente de la estación terrestre de prueba y en la entrada 24 del repetidor 20, sobre la densidad de ruido térmico suelo generado por el satélite 4 solo en interno y el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada 24 del repetidor 20 es superior o igual a un primer umbral Du1 igual a 10 dB.

50 De manera práctica, la densidad espectral de potencia de ruido térmico de prueba Dref está limitada, de modo que la relación de la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba, recibido proveniente de la estación terrestre de prueba y en la entrada 24 del repetidor 20, sobre la densidad de ruido térmico suelo generado por el satélite 4 solo en interno y por el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada del repetidor es inferior o igual a un segundo umbral Du2 igual a 40 dB.

Según la Figura 3 y un ejemplo simplificado de realización, los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre de prueba 82 incluyen en cascada una cadena de amplificadores intermedios 96 seguido de un amplificador de alta potencia 98 conectado a la antena terrestre de emisión para emitir sobre el enlace ascendente 8 un ruido térmico de prueba de banda ancha cuyo espectro de potencia se representa en un espectrograma 99.

5 La cadena de amplificadores intermedios 96 está alimentada en un puerto de entrada 100 por un ruido térmico de prueba de banda ancha de fuente.

El ruido térmico de prueba está generado en la fuente en interno por el ruido propio de los componentes disipativos de los primeros medios de amplificación 86 o por un generador de ruido externo no representado en la Figura 3.

10 La cadena de amplificadores intermedios 96 y el amplificador de alta potencia 98 incluyen respectivamente un primer puerto de control de ganancia 102 y un segundo puerto de control de ganancia 104, reagrupados para estar conectado al banco de prueba.

15 Según la Figura 1, el banco de prueba 84 incluye un primer puerto de interfaz 122 de control de los primeros medios de amplificación, conectado a los primeros puertos de control de ganancia reagrupados 102 y 104 de los primeros medios de amplificación, y un segundo puerto de interfaz 124 de medición directa del ruido térmico de prueba retransmitido por la carga útil 4, conectado a la antena terrestre de recepción 94.

El banco de prueba 84 incluye, igualmente, un tercer puerto de interfaz 126, conectado a una infraestructura 136 de telecontrol y de telemetría de la carga útil 4 y de la plataforma satélite, formada, por ejemplo, por una unidad de control y de coordinación 138 de los telecontroles y de las telemetrías, y terminada por una estación 140 de acceso de telecontrol y telemetría, visible desde el satélite 6.

20 El banco de prueba 84 está configurado para implementar unas pruebas IOT de caracterización de las prestaciones de la carga útil 4 según la invención, coordinando el envío de controles al satélite probado y a la estación terrestre de prueba 82, y la recepción de señales de ruido a medir en tierra y/o de telemetrías del satélite 4.

25 El banco de prueba 84 comprende unos medios de adquisición 152 de la potencia de ruido térmico recibido, unos medios de telecontrol 154 de la carga útil y/o de la plataforma del satélite, unos medios de registros 156, y unos medios de correlación 158.

30 Los medios de adquisiciones 152 están configurados para adquirir durante una duración predeterminada ruido térmico de prueba retransmitido por la antena satelital de emisión 14 sobre el enlace descendente 16 e y recibido por la estación terrestre de prueba 82 cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura 64, 66 de la antena de recepción 12 y de la antena de emisión 14 del satélite 6 y la estación terrestre 82 se encuentra en el interior de dicha zona de intersección 62, y/o de telemetrías del ruido térmico de prueba recibido en diversas ubicaciones del repetidor 20, y de telemetrías de la plataforma representativas de la resistencia de potencia de RF de la carga útil y/o del consumo eléctrico y/o de las prestaciones térmicas de la plataforma cuando la carga útil está cargada por un ruido térmico de prueba en una configuración cercana a las condiciones operativas, por ejemplo, la de un tráfico máximo o un tráfico variable en el tiempo.

35 El análisis espectral de la señal se realiza, por ejemplo, por un analizador de espectro, configurado para efectuar un filtrado de paso bajo de la señal recibida, con el fin de normalizar el nivel de la señal suprimiendo las componentes de altas frecuencias. Se realizan varios puntos de medición sucesivos en el transcurso de un barrido temporal.

40 Los medios de telecontrol 154 están configurados para telecontrolar la carga útil 4 y/o la plataforma del satélite probado 6 en órbita de servicio, durante dicha duración predeterminada, para imprimir un desvío angular de desalineación a de la antena satelital de recepción con respecto a una dirección de alineación de referencia 160 de variación predeterminada y/o para variar una ganancia lineal del repetidor cuando está en un modo de amplificación lineal o controlar un modo de amplificación no lineal del repetidor activando un bucle de regulación automática de ganancia en la entrada de un amplificador de alta potencia de salida.

45 El sesgo o desvío angular, imprimido a la antena de recepción del satélite con respecto a la dirección de alineación de referencia 160, permite la caracterización de la antena de recepción en su zona de cobertura y observar las variaciones de ganancia o de directividad de la antena en función del tiempo y, por consiguiente, del ángulo de vista de la antena. El control de desalineación del satélite se realiza desde la estación de acceso de telecontrol y telemetría 140, deportado y distante de la estación terrestre de prueba IOT 82 mediante una conexión de telecontrol 162.

50 Los medios de telecontrol 154 están configurados, igualmente, para controlar la ganancia de los primeros medios de amplificaciones 86 y, de este modo, regular la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba emitido en banda ancha.

Los medios de registros 156 están configurados para registrar unas variaciones controladas por los medios de controles del banco de prueba 84.

- Los medios de correlación 158 están configurados para correlacionar la medición de la señal por la antena satelital de emisión sobre la conexión descendente 16 del satélite cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre de prueba 82 se encuentra ahí, y/o de telemetrías de la señal de prueba recibida en diversas ubicaciones del repetidor 20 y/o de otros parámetros de satélite en relación con la carga útil 4, representativos de la resistencia de potencia de RF de la carga útil, y unas prestaciones en cuanto a consumo y regulación térmica de la plataforma, y para deducir de ello las variaciones de parámetros medidos que caracterizan la carga útil 4 o la plataforma en función de las variaciones controladas en el satélite 6.
- Pueden estar incluidos unos medios de tratamiento de la señal adquirida por la estación terrestre de prueba en la estación entierra de prueba o deportados en el banco de prueba para tratar las mediciones representativas del ruido térmico de prueba recibido en la entrada del repetidor y producir una medición del diagrama de radiación de la antena de recepción 12 del satélite 6.
- De este modo, el ruido térmico de la estación terrestre de prueba sobre su conexión ascendente 8 se usa como señal de prueba, con el fin de permitir la realización de mediciones IOT sobre una carga útil 4 en vuelo sobre su órbita de servicio.
- Este uso de un ruido térmico de banda ancha permite sencillamente el acceso simultáneo a todo el plano de frecuencia de la carga útil 4 cuya banda ocupada posee una anchura que puede alcanzar algunos GHz.
- Este uso de un ruido térmico de prueba de banda ancha también permite facilitar la implementación de los bancos de prueba cuando deben probarse varios canales de transmisión de manera simultánea en la banda de frecuencia de un mismo repetidor o dos bandas diferentes dos repetidores diferentes.
- Este uso de un ruido térmico de banda ancha de prueba permite, igualmente, por la disminución de la densidad espectral de la señal de prueba minimizar las solicitudes de coordinación de frecuencia con otros sistemas satelitales adyacentes en servicio.
- Según la Figura 4, se ilustran las vías posibles de interferencias creadas por un sistema de prueba IOT convencional 202.
- El sistema de prueba IOT convencional 202 incluye interconectados un banco de prueba 204 y una estación terrestre de prueba 206.
- La estación terrestre de prueba 206 usa sobre un enlace ascendente 208 de un satélite probado 210 del que se busca de busca caracterizar una carga útil 212 una señal de prueba no modulada, es decir, en la práctica una portadora pura, cuyo espectro de potencia, recibido en la entrada 214 de un repetidor, no representado, de la carga útil 212, se ilustra por un espectrograma 216.
- Una primera vía 218 posible de interferencias sobre un primer sistema satelital adyacente 220 es un enlace ascendente según la cual una porción de la señal de prueba IOT se emite de la estación terrestre de prueba 206 a través de un lóbulo secundario de la antena terrestre de emisión 230 de la estación terrestre 206 hacia un satélite adyacente 232 del sistema satelital adyacente 220.
- Una segunda vía 240 posible de interferencias sobre un segundo sistema satelital adyacente 242 que puede ser idéntico primer sistema satelital adyacente 220 es un enlace descendente según la cual una porción de la señal de prueba IOT, retransmitida por la carga útil 212 cuando es transparente, se recibe por uno o varios terminales usuarios 244 a través de sus antenas de recepción. El espectro de potencia de la porción de la señal de prueba IOT, retransmitida por la carga útil sobre la segunda vía 240 se ilustra por un espectrograma 245. Esta segunda vía 240 de interferencia puede tener un efecto de ocultamiento importante para unas desalineaciones 246 imprimidas a la antena satelital de transmisión durante prueba de diagramas o de cortes angulares de radiación de la antena satelital de recepción que se busca caracterizar.
- Según la Figura 5, se ilustran las vías posibles de interferencias, creadas por un sistema de prueba IOT 2 según la invención como el descrito en la Figura 1.
- A la inversa del sistema de prueba IOT convencional, la estación terrestre de prueba 82 usa sobre el enlace ascendente 8 del satélite probado 6 del que se busca de busca caracterizar la carga útil 4 un ruido térmico de banda ancha como señal de prueba, el espectro de potencia de la señal de prueba, recibida en la entrada de la carga útil 4, se ilustra por un espectrograma 252.
- Al igual que el sistema IOT convencional de la Figura 4, las configuraciones de vías posibles de interferencia en cuanto a geometría, es decir, las posiciones de las estaciones, de los terminales, y de satélites, y en cuanto a diagramas de las antenas son idénticas para el sistema de prueba IOT 2 de la invención.
- Una primera vía 258 posible de interferencias sobre el primer sistema satelital adyacente 220 es un enlace ascendente según la cual una porción de la señal de prueba IOT se emite de la estación terrestre de prueba 82 a

través de un lóbulo secundario de la antena terrestre de emisión 88 de la estación terrestre 82 hacia el satélite adyacente 232 del sistema satelital adyacente 220.

5 Una segunda vía 260 posible de interferencias sobre el segundo sistema satelital adyacente 242 que puede ser idéntico al primer sistema satelital adyacente 220 es un enlace descendente según la cual una porción de la señal de prueba IOT, retransmitida por la carga útil 4 transparente, se recibe por uno o varios terminales usuarios 244 a través de sus antenas de recepción. El espectro de potencia de la porción de la señal de prueba IOT, retransmitida por la carga útil sobre la segunda vía 260 se ilustra por un espectrograma 261.

10 A la inversa del sistema de prueba IOT convencional, los niveles de interferencias creadas por el sistema de prueba IOT de la invención sobre las dos vías serán significativamente más escasos y son iguales a la expresión de: $P_{CW} - 10 \cdot \log(B_{WN})$, en la cual P_{CW} expresado en dBm es la potencia de la señal de prueba equivalente no modulada y B_{WN} es la banda del ruido de prueba.

Según la Figura 6, un procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil de un satélite en órbita 302 se implementa por una estación terrestre de prueba y un banco de prueba como los descritos, por ejemplo, en las Figuras 1 y 3.

15 De manera general, para implementar el procedimiento de caracterización 302, la estación terrestre de prueba incluye unos primeros medios de amplificación de radiofrecuencia, y una antena terrestre de emisión de radiofrecuencia con un primer puerto de entrada de la antena conectada en la salida de los primeros medios de amplificación de radiofrecuencia,

20 Como se describe en la Figura 2, la carga útil probada del satélite incluye una primera antena satelital de recepción de enlace ascendente, una segunda antena satelital de emisión de enlace descendente, y un repetidor interconectado entre la primera antena satelital de recepción y la segunda antena satelital de emisión.

25 El repetidor incluye un segundo puerto de entrada de radiofrecuencia conectado a un puerto de salida de la antena satelital de recepción, y unos segundos medios de amplificación, configurados para amplificar sobre una porción de entrada del repetidor o la totalidad del repetidor, unas señales en banda de frecuencia del repetidor, según un modo de amplificación lineal y con una ganancia fija telecontrolable comprendida en un intervalo de ganancia que varía entre una primera ganancia inferior $G_{mín}$ y una segunda ganancia superior $G_{máx}$.

30 De manera general, el procedimiento de caracterización de la carga útil 302 comprende una primera etapa de suministro 304 que consiste en suministrar los primeros medios de amplificación configurables para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda al menos igual a la banda del repetidor y cuya densidad espectral de potencia es regulable hasta una densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} de ruido térmico de prueba tal que la relación de la densidad del ruido térmico de prueba, recibido proveniente de la estación terrestre de prueba cuando la densidad espectral de ruido térmico de prueba que emite es igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} y recibido en la entrada del repetidor, sobre la densidad espectral de ruido térmico suelo generado por el satélite solo en interno y por el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada del repetidor es superior o igual a un primer umbral $Du1$ igual a 10 dB.

35 El primer umbral $Du1$ de densidad del ruido térmico de prueba depende de la banda de recepción de la carga útil, de la órbita del satélite, del tamaño de la antena de emisión de la estación terrestre de prueba y del parámetro G/T de la carga útil del satélite.

40 Más abajo, se dan unos balances de conexiones a título indicativo en forma de tres tablas 1, 2, 3 que muestran que un valor de primer umbral $Du1$ igual a 10 dB es conveniente para cubrir una gama amplia de cargas útiles de satélites probados en cuanto a órbitas de servicio del satélite y a bandas de recepción de la carga útil.

La tabla 1 describe tres balances de conexión típicos para las bandas C, Ku y Ka cuando el satélite describe una órbita geoestacionaria GEO (en inglés Geostationary Earth Orbit).

45 La tabla 2 describe tres balances de conexión típicos para las bandas C, Ku y Ka cuando el satélite describe una órbita intermedia MEO (en inglés Medium Earth Orbit).

La tabla 3 describe tres balances de conexión típicos para las bandas C, Ku y Ka cuando el satélite describe una órbita baja LEO (en inglés Low Earth Orbit).

50 Según las tablas 1 a 3, la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba, correspondiente a un primer umbral $Du1$ de 10 dB y generado en la entrada de la antena de emisión de la estación terrestre de prueba, está comprendido entre -82 dBm/Hz y -60 dBm/Hz en banda Ka, entre -68 dBm/Hz y -46 dBm/Hz en banda Ku, y entre -67 dBm/Hz y -44 dBm/Hz en banda C.

La banda de frecuencia de emisión de la estación terrestre, respectivamente de la banda de recepción de la carga útil, está comprendida en las bandas L, S, C, X, Q, V, Ku y Ka.

La anchura de la banda del ruido térmico de prueba emitido hacia el satélite está comprendida entre 250 MHz y

ES 2 680 480 T3

3 GHz o comprendida entre un 3 % y un 10 % de una frecuencia central de la banda de frecuencia de emisión de la estación o de recepción del satélite.

Tabla 1

		GEO (36000 km)		
		Ka	Ku	C
potencia del ruido de salida de la G/S	dBm	35	49	51
Densidad del ruido de salida de la G/S	dBm/Hz	-60	-46	-44
Potencia de ruido / 4 kHz	dBm/4 kHz	-24	-10	-8
Diámetro de la antena de emisión G/S	M	9	9	11
Ganancia de la antena de emisión G/S	dBi	67	61	55
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por 4 kHz	dBW/Hz	14	21	17
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por Hz	dBW/Hz	-22	-15	-19
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por GHz	dBm/1 GHz	68	75	71
Distancia Sat-G/S	Km	36000	36000	36000
Pérdidas de propagación de difusión en el espacio	dB	162	162	162
Densidad de flujo de potencia del ruido de la estación terrestre G/S	dBW/Hz/m ²	-185	-177	-181
Frecuencia de la banda	MHz	30000	14000	6000
Isotrópico	dBm ²	-51	-44	-37
Ganancia típica de antena de recepción satélite	dBi	45	30	25
G/T de la carga útil del satélite	dB/K	18	3	-2
Densidad de ruido de la estación terrestre recibido en la entrada del repetidor	dBm/Hz	-160	-161	-162
Densidad de ruido de la carga útil	dBm/Hz	-171	-172	-173
Densidad total de ruido	dBm/Hz	-161	-162	-163
Desvío ruido de la estación terrestre recibido / ruido propio de la carga útil	dB	10	10	10

5

Tabla 2

		MEO (8000 km)		
		Ka	Ku	C
potencia del ruido de salida de la G/S	dBm	29	43	45
Densidad del ruido de salida de la G/S	dBm/Hz	-66	-52	-50
Potencia de ruido / 4 kHz	dBm/4 kHz	-30	-16	-14
Diámetro de la antena de emisión G/S	M	7	7	9
Ganancia de la antena de emisión G/S	dBi	65	58	53
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por 4 kHz	dBW/Hz	5	13	10
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por Hz	dBW/Hz	-31	-23	-26
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por GHz	dBm/1 GHz	59	67	64
Distancia Sat-G/S	Km	8000	8000	8000
Pérdidas de propagación de difusión en el espacio	dB	149	149	149
Densidad de flujo de potencia del ruido de la estación terrestre G/S	dBW/Hz/m ²	-180	-172	-176
Frecuencia de la banda	MHz	30000	14000	6000
Isotrópico	dBm ²	-51	-44	-37
Ganancia típica de antena de recepción satélite	dBi	40	25	20
G/T de la carga útil del satélite	dB/K	13	-2	-7
Densidad de ruido de la estación terrestre recibido en la entrada del repetidor	dBm/Hz	-161	-162	-163
Densidad de ruido de la carga útil	dBm/Hz	-171	-172	-173
Densidad total de ruido	dBm/Hz	-160	-161	-162
Desvío ruido de la estación terrestre recibido / ruido propio de la carga útil	dB	10	10	10

Tabla 3

		LEO (1200 km)		
		Ka	Ku	C
potencia del ruido de salida de la G/S	dBm	12,5	26,5	28
Densidad del ruido de salida de la G/S	dBm/Hz	-82	-68	-67
Potencia de ruido / 4 kHz	dBm/4 kHz	-46	-32	-31
Diámetro de la antena de emisión G/S	M	7	7	9

(continuación)

		LEO (1200 km)		
		Ka	Ku	C
Ganancia de la antena de emisión G/S	dBi	65	58	53
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por 4 kHz	dBW/Hz	-11	-4	-7
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por Hz	dBW/Hz	-47	-40	-43
Densidad de la PIRE de ruido de la G/S por GHz	dBm/1 GHz	43	50	47
Distancia Sat-G/S	Km	1200	1200	1200
Pérdidas de propagación de difusión en el espacio	dB	133	133	133
Densidad de flujo de potencia del ruido de la estación terrestre G/S	dBW/Hz/m ²	-180	-172	-176
Frecuencia de la banda	MHz	30000	14000	6000
Isotrópico	dBm ²	-51	-44	-37
Ganancia típica de antena de recepción satélite	dBi	40	25	20
G/T de la carga útil del satélite	dB/K	13	-2	-7
Densidad de ruido de la estación terrestre recibido en la entrada del repetidor	dBm/Hz	-161	-162	-163
Densidad de ruido de la carga útil	dBm/Hz	-171	-172	-173
Densidad total de ruido	dBm/Hz	-160	-161	-163
Desvío ruido de la estación terrestre recibido / ruido propio de la carga útil	dB	10	10	10

5 De manera suplementaria, la densidad espectral de referencia Dref de ruido térmico de prueba es tal que la relación de la densidad del ruido térmico de prueba, recibido proveniente de la estación terrestre de prueba cuando la densidad de ruido térmico que emite es igual a la densidad espectral de referencia Dref y recibido en la entrada del repetidor, sobre la densidad de ruido térmico suelo generado por el satélite solo en interno y el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada del repetidor es inferior o igual a un segundo umbral Du2 igual a 40 dB.

10 De manera general, la estación terrestre de prueba comprende un puerto de interfaz para enviar y recibir respectivamente unos telecontroles de configuración al y unas telemetrías desde el satélite a través de una infraestructura de telecontrol y de telemetría, terminada por una estación de telecontrol y telemetría visible desde el satélite del satélite y de la carga útil.

En este caso general, el procedimiento de caracterización 302 comprende las siguientes etapas suplementarias.

15 En una segunda etapa 306, la actitud del satélite y/o de la antena satelital de recepción se configura por telecontrol para que la antena satelital de recepción se alinee hacia la estación terrestre según una posición angular de alineación de referencia.

20 Luego, en una tercera etapa 308 los segundos medios de amplificación 28 de la carga útil se configuran por telecontrol a una ganancia fija predeterminada que corresponde a un modo de funcionamiento lineal sobre al menos la porción de entrada del repetidor o la totalidad del repetidor cuando el ruido térmico de prueba recibido proveniente de la estación terrestre y en la entrada del repetidor corresponde a una densidad espectral de ruido térmico de prueba emitido por la estación terrestre igual a la densidad de referencia Dref.

25 A continuación, en una cuarta etapa 310, los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre de prueba 82 se configuran por un control proveniente del banco de prueba 84 para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión 82 un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda al menos igual a la banda de recepción del repetidor 20, y cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de referencia Dref, y hacer transmitir el ruido térmico de prueba por la estación terrestre 82 en esta configuración de los primeros medios de amplificación 36.

30 Luego, en una quinta etapa 312, durante una duración predeterminada se adquiere al menos una medición representativa de la potencia recibida en la entrada del repetidor a través de al menos una medición de potencia recibida correspondiente. La al menos una medición se adquiere, ya sea por la estación terrestre de prueba 82 a través del enlace descendente 16 cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre de prueba 82 se encuentra en el interior de dicha zona de intersección 62, o ya sea por unas telemetrías correspondientes de la potencia captada en una ubicación del repetidor donde la amplificación es lineal.

35 De manera particular, la caracterización de las prestaciones de la carga útil del satélite en órbita implementada por el procedimiento general de caracterización 302 está comprendida en el conjunto formado por:

- la caracterización del diagrama angular y/o de cortes angulares de radiación de la antena de recepción del satélite cuando el repetidor de carga útil es un repetidor transparente o un repetidor regenerativo;
- la respuesta de ganancia lineal en la banda del repetidor del puerto de entrada al puerto de salida del repetidor

cuando el repetidor es un repetidor transparente que funciona en un modo lineal, y cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí;

- 5 - la variación de la ganancia lineal del repetidor en función de la frecuencia en la banda del repetidor para una ganancia fijada del repetidor;
- la medición del flujo saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del transpondedor del satélite y la medición de Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil cuando el repetidor es transparente;
- la medición de la G/T de la carga útil con o sin visibilidad del enlace descendente desde la estación terrestre cuando el repetidor es un repetidor transparente o un repetidor regenerativo;
- 10 - la caracterización de la resistencia de potencia de RF de la carga útil y/o del consumo y/o de las prestaciones de la plataforma cuando la carga útil está cargada por el ruido térmico de prueba recibido en una configuración cercana a las condiciones operativas, por ejemplo, según un tráfico máximo o un tráfico variable en el tiempo.

15 Según la Figura 7 y un segundo modo de realización particular de la invención, la caracterización de la carga útil se refiere a la caracterización de un diagrama angular o de cortes angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción 12. Un procedimiento de caracterización de esta prestación 322 comprende la primera etapa 304 y un conjunto de etapas 324, 326, 328, 330, 332, 334, 336, 338.

20 En la etapa 324, la actitud del satélite y/o de la antena satelital de recepción (caso de una antena móvil con respecto a la plataforma cuya actitud es controlable con respecto a esta última) se configura por telecontrol para que la antena satelital de recepción se alinee hacia la estación terrestre de prueba 82 según una posición angular de alineación de referencia.

25 En la etapa 326, los segundos medios de amplificación 28 de la carga útil se configuran por telecontrol a una primera ganancia fija predeterminada que corresponde a un modo de funcionamiento lineal sobre una porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente (caso de un repetidor transparente y de un repetidor regenerativo) o sobre la totalidad del repetidor (caso de un repetidor transparente con ausencia o desactivación de un bucle CAG) cuando el ruido térmico de prueba recibido proveniente de la estación terrestre y en la entrada del repetidor corresponde a una densidad espectral de ruido térmico de prueba emitido por la estación terrestre 82 igual a la densidad espectral de referencia Dref.

30 Luego, en la etapa 328 los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre 82 se controlan por el banco de prueba 84 para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la banda de recepción del repetidor, y cuya densidad espectral es igual a la densidad espectral de referencia Dref.

35 A continuación, en la etapa 330 la estación terrestre 82 genera durante una duración predeterminada el ruido térmico de prueba correspondiente a la configuración de los primeros medios de amplificación 86 a la densidad espectral de referencia Dref cuando la antena satelital de recepción 12 se alinea sobre la estación terrestre 82 según la dirección de alineación de referencia.

40 Luego, en la etapa 332 se mide un nivel de referencia correspondiente a la dirección de alineación de referencia, a partir de la señal de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil 4 según el enlace descendente 16 y recibida por la estación terrestre 82 a través de una antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre 82 se encuentra ahí, o a partir de una telemetría del satélite que suministra el nivel de potencia recibido en una ubicación del repetidor donde la amplificación es lineal y donde accesoriamente la ganancia hasta esta ubicación conocida.

Luego, en la etapa 334, la antena de recepción está desalineada con respecto a la dirección de alineación de referencia sobre un conjunto de posiciones angulares de desalineación de la antena de recepción.

45 En la misma etapa 334, para cada posición angular de desalineación, se genera en tierra durante una duración predeterminada el ruido térmico de prueba que cubre la banda de recepción del repetidor y correspondiente a la configuración de los primeros medios de amplificación 86 a la densidad espectral de referencia Dref, y durante una duración predeterminada, sobre una o varias frecuencias de la banda del repetidor, se mide la directividad relativa o la ganancia relativa de la antena satelital de recepción 12 con respecto al nivel de referencia, correspondiente a la posición angular de desalineación de la antena satelital de recepción. Las mediciones de la directividad relativa o la ganancia relativa de la antena satelital de recepción con respecto a la directividad de referencia o la ganancia de referencia se realizan a partir de la señal de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil 4 según el enlace descendente 16 y recibida por la estación terrestre a través de una antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre 82 se encuentra ahí, o a partir de una telemetría del satélite que suministra el nivel de potencia recibido en una ubicación del repetidor donde la amplificación es lineal y donde accesoriamente la ganancia hasta esta ubicación conocida.

55 En paralelo a la ejecución de la etapa 334 y en una etapa 336, se registran los desvíos angulares controlados de

desalineación de la antena satelital de recepción 12 y las mediciones de directividad relativas o de ganancias relativas asociadas.

5 A continuación, en la etapa 338, se reconstituyen uno o varios diagramas angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción 12 y/o uno o varios cortes angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción 12 a partir de los desvíos angulares controlados de desalineación de la antena satelital de recepción 12 y las mediciones de directividad relativas o de ganancias relativas asociadas, mono o multifrecuencia.

10 Según la Figura 8, y un tercer modo de realización, el repetidor se supone transparente y la caracterización de la carga útil se refiere a la caracterización de la respuesta de ganancia del repetidor 20 de su extremo de entrada a su extremo de salida según un control de ganancia predeterminado de los segundos medios de amplificación 28 para el cual el repetidor 20 funciona en modo lineal cuando la estación terrestre 82 genera un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de potencia de referencia Dref. Un procedimiento de caracterización de esta prestación 352 comprende la primera etapa 304 como etapa previa y un conjunto de etapas 354, 356, 358 y 360.

15 En la etapa 354, la antena satelital de recepción 12 está alineada por telecontrol sobre la estación terrestre de prueba 82 según una dirección de alineación de referencia.

Luego, en la etapa 356 los segundos medios de amplificación 28 se configuran por telecontrol para fijar la ganancia del repetidor al valor de ganancia predeterminado compatible con un funcionamiento lineal del repetidor cuando la estación terrestre 82 emite el ruido térmico de prueba a la densidad espectral de potencia de referencia Dref.

20 A continuación, en la etapa 358 los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre se controlan por el banco de prueba 84 para generar un ruido térmico de prueba en la entrada de la antena terrestre de emisión 88 que cubre la banda del repetidor y hacer variar la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba por paso de una duración predeterminada en un intervalo de atenuación con respecto a la densidad espectral de referencia Dref comprendida entre 0 dB y un valor de retroceso inferior o igual al primer umbral Du1.

25 En paralelo, en la etapa 360, sobre el conjunto barrido de las densidades espectrales de potencia del ruido térmico generado por la estación terrestre 82, se miden las potencias en la entrada del repetidor 20 y las potencias correspondientes en la salida del repetidor correlativamente a partir de las mediciones hechas al nivel de la estación terrestre sobre el enlace ascendente y el enlace descendente, y se deduce de estas mediciones la evolución de la ganancia en función de la potencia de entrada del repetidor.

30 Según la Figura 9, y un cuarto modo de realización, el repetidor se supone transparente y la caracterización de la carga útil se refiere a la caracterización de la respuesta de la ganancia de frecuencia sobre la banda completa del repetidor según un mismo control de ganancia predeterminado aplicado a los segundos medios de amplificación 28 para el cual el repetidor funciona en modo lineal cuando la estación terrestre 82 genera un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad de potencia de referencia Dref.

35 Un procedimiento de caracterización de esta prestación 372 comprende la primera etapa 304 como etapa previa y un conjunto de etapas 374, 376, 378, 380, 382 y 384.

En la etapa 374, la antena satelital de recepción 12 está alineada sobre la estación terrestre de prueba 82 según una dirección de alineación de referencia.

40 Luego, en la etapa 376 los segundos medios de amplificación 28 se configuran por telecontrol para fijar la ganancia del repetidor a un valor de ganancia predeterminado compatible con un funcionamiento lineal del repetidor cuando la estación terrestre 82 emite el ruido térmico de prueba a la densidad espectral de ruido de referencia.

A continuación, en la etapa 378 los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre 82 se controlan por el banco de prueba 84 para generar un ruido térmico en la entrada de la antena terrestre de emisión 88 que cubre la banda de recepción del repetidor a la densidad espectral de potencia de referencia Dref.

45 En paralelo a la etapa 378 y correlativamente en la etapa 380, las densidades espectrales, emitidas y recibidas a través de la antena terrestre de recepción 94 por la estación terrestre 82 cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre 82 se encuentra ahí, se miden sobre un conjunto de frecuencias, barridas por paso de duración predeterminada.

En la etapa 382, se registran las frecuencias barridas y las densidades espectrales de potencia recibidas correspondientes.

50 A continuación, en la etapa 384 se deducen de estas mediciones la variación de ganancia en función de la frecuencia en la banda de recepción del repetidor.

Según la Figura 10 y un quinto modo de realización, el repetidor 20 se supone transparente y la caracterización de la carga útil se refiere a la caracterización del flujo saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del repetidor del satélite y/o de la medición de Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil. Un procedimiento de

ES 2 680 480 T3

caracterización de esta prestación 402 comprende la primera etapa 304 como etapa previa y un conjunto de etapas 404, 406, 408, 410, 412, 414, 416, 418 y 420.

En la primera serie de las etapas 404, 406, 408, 410, 412, se caracteriza el flujo saturante o la densidad de flujo saturante (SFD) del repetidor del satélite.

- 5 En la etapa 404, la antena de recepción del satélite está alineada sobre la estación terrestre de prueba según una dirección de alineación de referencia.

Luego, en la etapa 406, los segundos medios de amplificación 28 se configuran por telecontrol para hacer funcionar el repetidor en un régimen de amplificación lineal cuando la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba inyectado en la entrada de la antena terrestre de emisión 88 es inferior o igual a la densidad espectral de potencia de referencia Dref.

10

A continuación, en la etapa 408 los primeros medios de amplificación 86 de la estación terrestre de prueba 82 se controlan por el banco de prueba 84 para generar un ruido térmico de prueba en la entrada de la antena terrestre de emisión que cubre la banda de recepción del repetidor y hacerlo variar la densidad espectral de potencia de ruido térmico de prueba por paso de duración predeterminada en un intervalo de atenuación con respecto a la densidad espectral de referencia Dref comprendida entre 0 dB y un valor de retroceso, inferior o igual al primer umbral Du1.

15

En paralelo a la etapa 408 y en la etapa 410, se miden correlativamente sobre el conjunto barrido de las densidades espectrales de potencia del ruido térmico generado por la estación terrestre 82:

- ya sea las potencias de entrada y de salida correspondientes del repetidor a través de las telemetrías satélite,
o

- 20 - ya sea las potencias de entrada del repetidor a través de medición al nivel de la estación terrestre o a través de la telemetría satélite, y las potencias correspondientes recibidas por la estación terrestre a través de la antena terrestre de recepción 94 cuando existe una zona de intersección 62 de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en dicha zona de intersección.

- 25 A continuación, en la etapa 412 se deduce de estas mediciones la variación de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil en función de la potencia de entrada recibida por el repetidor sobre un primer intervalo de potencia de entrada y de la ganancia fijada del repetidor.

En la segunda serie de las etapas 414, 416, 418, 420, se implementa la medición de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE).

- 30 En la etapa 414 los primeros medios de amplificación 86 se controlan por el banco de prueba 84 para fijar la densidad espectral del ruido térmico, inyectado en la entrada de la antena terrestre de emisión 88 y que cubre la banda total del repetidor, a la densidad espectral de potencia de referencia Dref.

A continuación, en la etapa 416 los segundos medios de amplificación 28 del repetidor 20 se configuran haciendo variar por paso de duración predeterminada la ganancia lineal del repetidor 10 en un intervalo de ganancias del repetidor comprendido entre el primer valor de ganancia inferior Gmín y el segundo valor de ganancia superior Gmáx para hacer funcionar el repetidor 20 en un modo no lineal en el cual está comprimido un amplificador de alta potencia que forma un extremo de los segundos medios de amplificación 28.

35

En paralelo a la etapa 416 y correlativamente en la etapa 418, se miden sobre el conjunto barrido de los controles de ganancias lineales del repetidor:

- ya sea las potencias de entrada y de salida correspondientes del repetidor a través de las telemetrías satélite,
o

- 40 - ya sea las potencias de entrada del repetidor a través de medición al nivel de la estación terrestre o a través de la telemetría satélite y las potencias correspondientes recibidas por la estación terrestre a través de la antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en dicha zona de intersección.

45

A continuación, en la etapa 420, se deducen de las mediciones las variaciones de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil en función de la potencia de entrada recibida por el repetidor sobre el primer intervalo de potencia de entrada y/o la densidad de flujo saturante (SFD).

- 50 El conjunto de las etapas 406, 408, 410, 412 caracterizan el funcionamiento lineal del repetidor, mientras que el conjunto de las etapas 414, 416, 418, 420 caracterizan el funcionamiento no lineal del repetidor.

Como variante, se efectúa una sola de las dos series de etapas de entre la primera serie y la segunda serie.

Según la Figura 11, se ilustran unos resultados de mediciones obtenidos por la implementación del procedimiento

- 5 402 sobre una carga útil transparente en banda Ka que muestran un primer intervalo de observación 424 y un segundo intervalo de observación 426 de la evolución temporal de la PIRE de la carga útil cuando se emite un ruido térmico de prueba por la estación terrestre de prueba IOT y se hace variar las ganancias respectivas de primeros medios de amplificación 86 y de los segundos medios de amplificación 28.
- 10 El primer intervalo de observación 424 corresponde a un funcionamiento del repetidor que puede considerarse como lineal y a un intervalo de dinámica de regulación de los primeros medios de amplificación 86 igual en este documento a 18 dB. Teniendo en cuenta el suelo de ruido llevado en la salida del repetidor ilustrado en la Figura 11, puede deducirse de ello que Dref es igual a 18 dB, valor que es superior al primer umbral Du1 igual a 10 dB. Como lo muestra una primera tira 428, indicadora de la regulación de la ganancia de los primeros medios de amplificación, expresada por una atenuación en dB de la potencia máxima emitida por el amplificador de alta potencia de la estación terrestre 82, y una segunda tira 429, indicadora de la regulación de la ganancia en dB de los segundos medios de amplificación, las regulaciones efectuadas corresponden a las etapas 406, 408, 410, 412 del procedimiento 402.
- 15 El segundo intervalo de observación 426 corresponde a un funcionamiento no lineal del repetidor para el cual se fija la regulación de los primeros medios de amplificación 86 a la emisión máxima de potencia de ruido de prueba por el amplificador de alta potencia de la estación terrestre 82, y se aumenta progresivamente de forma escalonada de duración predeterminada la ganancia de los segundos medios de amplificación hasta alcanzar una PIRE de saturación.
- 20 Una tercera tira 430 da una indicación del valor de retroceso, expresado en dBm, de la potencia de salida del amplificador de alta potencia del repetidor, recogida por una telemetría de la potencia de salida del repetidor.
- Como lo muestran las indicaciones de las primera, segunda y tercera tiras 428, 429, 430, las regulaciones efectuadas corresponden a las etapas 414, 416, 418, 420 del procedimiento 402.
- 25 Según la Figura 12, y un sexto modo de realización, el repetidor se supone transparente o regenerativo, y cuando el repetidor es transparente se supone, igualmente, que la intersección entre la cobertura ascendente y la cobertura descendente está vacía.
- La caracterización de la carga útil se refiere a la medición de la G/T de la carga útil, designando G la ganancia de la antena en una dirección predeterminada y designando T la temperatura de ruido llevada a la entrada del repetidor.
- 30 Un procedimiento de medición de la G/T de la carga útil 432 comprende la primera etapa 304 como etapa previa y un conjunto de etapas 434, 436, 438, 440, 442, 444 y 446.
- En la etapa 434, la antena de recepción 12 del satélite está alineada por telecontrol sobre la estación terrestre 82 según una dirección de alineación de referencia.
- Luego, en la etapa 436 se apaga o se deja apagada la emisión de señales radioeléctricas por la estación terrestre 82 de prueba.
- 35 A continuación, en la etapa 438 los segundos medios de amplificación 28 del repetidor 20 se configuran por telecontrol para fijar la ganancia del repetidor a un valor de ganancia compatible con un funcionamiento lineal del repetidor y con una medición de ruido a través de una telemetría del satélite.
- Luego, en la etapa 440, un primer ruido térmico N1, propio del repetidor y presente en la entrada del repetidor se mide a través de la telemetría de entrada del repetidor 20.
- 40 A continuación, en la etapa 442, se activa la estación terrestre de prueba 82 y los primeros medios de amplificación 86 se controlan por el banco de prueba para generar un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral es igual a la densidad espectral de referencia Dref.
- Luego, en la etapa 444, se mide la potencia del ruido térmico N2 recibido proveniente de la estación terrestre 82 y en la entrada del repetidor en la banda de recepción del repetidor a través de la telemetría de entrada del repetidor.
- 45
- A continuación, en la etapa 446, se deduce la relación G/T de la relación de la potencia del ruido recibido N2 sobre el ruido térmico propio N1 del repetidor.
- Como variante, cuando el repetidor es transparente y existe una zona de intersección entre la cobertura ascendente y la cobertura descendente, un segundo procedimiento de medición de la G/T de la carga útil comprende las mismas etapas 434, 436, 442, 446 que el primer procedimiento de medición 432 de G/T.
- 50 El segundo procedimiento de medición de la G/T difiere del primer procedimiento de medición 432 de la G/T porque

ES 2 680 480 T3

las dos etapas 438, 440 se sustituyen por las etapas que consisten en configurar los segundos medios de amplificación 28 del repetidor a un valor de ganancia compatible con un funcionamiento lineal del repetidor; luego medir el ruido térmico N1 propio sobre el enlace descendente por la estación terrestre 82, y porque la etapa 444 se sustituye por la etapa que consiste en medir por la estación terrestre 82 un ruido térmico recibido N2 redescendente.

5

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil (4) de un satélite (6) en órbita con la ayuda de una estación terrestre de prueba (82),
 5 incluyendo la estación terrestre de prueba (82) unos primeros medios de amplificación de radiofrecuencia (86), y una antena terrestre de emisión de radiofrecuencia (88) con un primer puerto de entrada (90) de la antena conectado en la salida de los primeros medios de amplificación de radiofrecuencia (86),
 10 incluyendo la carga útil (4) del satélite (6) una primera antena satelital de recepción (12) de enlace ascendente (8), una segunda antena satelital de emisión (14) de enlace descendente (16), y un repetidor (20) interconectado entre la primera antena satelital de recepción (12) y la segunda antena satelital de emisión (14),
 15 incluyendo el repetidor (20) un segundo puerto de entrada de radiofrecuencia (24) conectado a un puerto de salida (26) de la antena satelital de recepción (12), y unos segundos medios de amplificación (28), configurados para amplificar sobre una porción de entrada del repetidor de enlace ascendente o la totalidad del repetidor, unas señales en una banda de frecuencia de recepción del repetidor (20), según un modo de amplificación lineal y con una ganancia fija telecontrolable comprendida en un intervalo de ganancia que varía entre una primera ganancia inferior $G_{mín}$ y una segunda ganancia superior $G_{máx}$,
 estando el procedimiento **caracterizado porque** comprende una etapa de suministro (304) que consiste en:

20 - suministrar (304) los primeros medios de amplificación (86) configurables para generar en la entrada (90) de la antena terrestre de emisión (88) un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la banda de recepción del repetidor y cuya densidad espectral de potencia es regulable hasta una densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} de ruido térmico de prueba tal que la relación de la densidad espectral del ruido térmico de prueba, recibido proveniente de la estación terrestre de prueba (82) cuando la densidad espectral de ruido térmico que emite es igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} , y recibido en la entrada (24) del repetidor (20), sobre la densidad espectral de ruido térmico suelo generado por el satélite (6) solo en interno y el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada (24) del repetidor (20) es superior o igual a un primer umbral Du_1 igual a 10 dB.

2. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según la reivindicación 1, en el cual un banco de prueba (84), deportado de o integrado en la estación terrestre de prueba (82), está configurado para enviar y recibir respectivamente unos telecontroles de configuración al y unas telemetrías desde el satélite (4) a través de una infraestructura de telecontrol y de telemetría (138), terminada por una estación de telecontrol y telemetría (140) visible desde el satélite (6), y para enviar a y recibir de la estación terrestre de prueba (82) unos controles de primeros medios de amplificación (86) y del ruido térmico de prueba retransmitido por el satélite (4) con o sin tratamiento,
 30 comprendiendo el procedimiento, además, las etapas que consiste en:

35 - configurar (306) la actitud del satélite y/o de la antena satelital de recepción (12) para que la antena de recepción (12) se alinee hacia la estación terrestre (82) según una posición angular de alineación de referencia;
 - configurar (308) los segundos medios de amplificación (28) de la carga útil a una ganancia fija predeterminada que corresponde a un modo de funcionamiento lineal sobre al menos la porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente (8) o la totalidad del repetidor (20) cuando el ruido térmico de prueba recibido proveniente de la estación terrestre (82) y en la entrada del repetidor corresponde a una densidad espectral de ruido térmico de prueba emitido por la estación terrestre (82) igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} ;
 40 - configurar (310) los primeros medios de amplificación (86) de la estación terrestre de prueba (82) para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión (88) un ruido térmico de prueba que tiene una banda que cubre la banda de recepción del repetidor, y cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de referencia D_{ref} , y hacer transmitir el ruido térmico de prueba por la estación terrestre de prueba (82) en esta configuración de los primeros medios de amplificación (86); luego
 45 - adquirir (312) durante una duración predeterminada al menos una medición representativa de la potencia recibida en la entrada del repetidor a través de al menos una medición de potencia recibida correspondiente ya sea por la estación terrestre de prueba a través del enlace descendente cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en el interior de dicha zona de intersección; o ya sea por unas telemetrías correspondientes de la potencia captada en una ubicación del repetidor donde la amplificación es lineal y donde accesoriamente se conoce la ganancia correspondiente.

3. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el cual la anchura de la banda del ruido térmico de prueba emitido hacia el satélite está comprendida entre 30 MHz y 3 GHz o comprendida entre un 3 % y un 10 % de una frecuencia central de la banda de frecuencia de emisión de la estación terrestre de prueba (82) o de recepción de la carga útil (4).

4. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el cual la banda de frecuencia de emisión de la estación terrestre de prueba (82), respectivamente de la banda de recepción de la carga útil (4), está comprendida en las bandas L, S, C, X, Q, V, Ku y Ka.

5. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el cual el primer umbral Du1 de relación de densidad de ruido depende de la banda de frecuencia de recepción de la carga útil (4), de la órbita del satélite (6), del tamaño de la antena de emisión (88) de la estación terrestre de prueba (82) y del parámetro G/T de la carga útil (4) del satélite probado (6).

5 6. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el cual la caracterización de las prestaciones de la carga útil del satélite en órbita de servicio está comprendida en el conjunto formado por:

- 10 - la caracterización mono o multifrecuencia de uno o varios diagramas angulares y/o de uno o varios cortes angulares de radiación de la antena de recepción (12) del satélite cuando el repetidor de carga útil es un repetidor transparente o un repetidor regenerativo;
- la respuesta de ganancia lineal del puerto de entrada al puerto de salida del repetidor cuando el repetidor es un repetidor transparente que funciona en un modo lineal, y cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí;
- 15 - la variación de la ganancia lineal del repetidor en función de la frecuencia en la banda del repetidor para una ganancia fijada del repetidor;
- la medición del flujo saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del transpondedor del satélite y la medición de Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil cuando el repetidor es transparente;
- 20 - la medición de la G/T de la carga útil con o sin visibilidad del enlace descendente desde la estación terrestre;
- la caracterización de la resistencia de potencia de RF de la carga útil y/o del consumo y/o de las prestaciones de la plataforma cuando la carga útil está cargada por el ruido térmico recibido en una configuración cercana a las condiciones operativas, por ejemplo, según un tráfico máximo o un tráfico variable en el tiempo.

7. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual

25 la caracterización de la carga útil es la caracterización de un diagrama angular o de cortes angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción, y el procedimiento (322) comprende las etapas que consisten en:

- 30 - configurar (324) la actitud del satélite y/o de la antena satelital de recepción (12) para que la antena satelital de recepción (12) se alinee hacia la estación terrestre de prueba (82) según una posición angular de alineación de referencia;
- configurar (326) los segundos medios de amplificación de la carga útil a una primera ganancia fija predeterminada que corresponde a un modo de funcionamiento lineal sobre la porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente (8) o la totalidad del repetidor (20) cuando el ruido térmico de prueba recibido proveniente de la estación terrestre (82) y en la entrada del repetidor corresponde a una densidad espectral de ruido térmico de prueba emitido por la estación terrestre (82) igual a la densidad espectral de referencia Dref;
- 35 - configurar (328) los primeros medios de amplificación (86) de la estación terrestre (82) para generar en la entrada de la antena terrestre de emisión un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la de la banda de recepción del repetidor, y cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de referencia Dref; luego
- 40 - generar (330) durante una duración predeterminada por la estación terrestre el ruido térmico de prueba correspondiente a la configuración de los primeros medios de amplificación (86) a la densidad espectral de referencia Dref cuando la antena satelital de recepción (12) se alinea sobre la estación terrestre (82) según la dirección de alineación de referencia; luego
- 45 - medir (332) un nivel de referencia correspondiente a la dirección de alineación de referencia a partir de la señal de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil (4) según el enlace descendente (16) y recibida por la estación terrestre (82) a través de una antena terrestre de recepción (94) cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí, o
- 50 a partir de una telemetría del satélite que suministra el nivel de potencia recibido en una ubicación del repetidor donde la amplificación es lineal y donde accesoriamente la ganancia hasta esta ubicación conocida; luego
- con respecto a la dirección de alineación de referencia, desalinearse (334) la antena de recepción sobre un conjunto de posiciones angulares de desalineación de la antena de recepción con respecto a la dirección de alineación de referencia; y para cada posición angular de desalineación,
- 55 *generar en tierra durante una duración predeterminada el ruido térmico de prueba que cubre la banda de recepción del repetidor y correspondiente a la configuración de los primeros medios de amplificación a la densidad de referencia Dref; y
- *medir durante una duración predeterminada sobre una o varias frecuencias de la banda del repetidor, la directividad relativa o la ganancia relativa de la antena satelital de recepción con respecto al nivel de referencia, correspondiente a la posición angular de desalineación de la antena satelital de recepción,
- 60

a partir de la señal de ruido térmico de prueba retransmitida por la carga útil según el enlace descendente y

recibida por la estación terrestre a través de una antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí, o a partir de una telemetría del satélite que suministra el nivel de potencia recibido en una ubicación del repetidor donde la amplificación lineal y la ganancia hasta esta ubicación conocida;

- 5 - registrar (336) los desvíos angulares controlados de desalineación de la antena satelital de recepción (12) y las mediciones de directividad relativas o de ganancias relativas asociadas; luego
- partir de los desvíos angulares controlados de desalineación de la antena satelital de recepción y las mediciones de directividad relativas o de ganancias relativas asociadas, mono o multifrecuencia, reconstituir (338) uno o varios diagramas angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción y/o uno o varios cortes angulares de variación de la directividad de la antena satelital de recepción.

8. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual el repetidor es un repetidor transparente; y

la caracterización de la carga útil es la caracterización de la respuesta de ganancia del repetidor de su extremo de entrada a su extremo de salida sobre la banda de recepción del repetidor según un control de ganancia predeterminado de los segundos medios de amplificación (28) para el cual el repetidor (20) funciona en modo lineal cuando la estación terrestre de prueba (82) genera un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; y el procedimiento (352) comprende las etapas que consisten en:

- 20 - alinear (354) la antena satelital de recepción (12) sobre la estación terrestre de prueba (82) según una dirección de alineación de referencia; luego
- configurar (356) los segundos medios de amplificación (28) para fijar la ganancia del repetidor (20) al valor de ganancia predeterminado compatible con un funcionamiento lineal del repetidor (20) cuando la estación terrestre (82) emite el ruido térmico de prueba a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; y
- 25 - configurar (358) los primeros medios de amplificación (86) de la estación terrestre (82) para generar un ruido térmico en la entrada de la antena de emisión (88) que cubre la banda del repetidor y hacer variar (358) la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba por paso de una duración predeterminada en un intervalo de atenuación con respecto a la densidad espectral de referencia D_{ref} comprendido entre 0 dB y un valor de retroceso inferior o igual al primer umbral Du_1 ; y
- 30 - sobre el conjunto barrido de las densidades de potencia del ruido térmico generado por la estación, medir correlativamente (360) las potencias en la entrada del repetidor y las potencias correspondientes en la salida del repetidor y deducir de ello la evolución de la ganancia en función de la potencia de entrada del repetidor (20).

9. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual el repetidor (20) es un repetidor transparente; y la caracterización de la carga útil es la caracterización de la respuesta de la ganancia de frecuencia sobre la banda completa del repetidor (20) según un mismo control de ganancia predeterminado aplicado a los segundos medios de amplificación (28) para el cual el repetidor funciona en modo lineal cuando la estación terrestre genera un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral de potencia es igual a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ; y el procedimiento (372) comprende las etapas que consisten en:

- 40 - alinear (374) la antena satelital de recepción (12) sobre la estación terrestre de prueba (82) según una dirección de alineación de referencia; luego
- configurar (376) los segundos medios de amplificación (28) para fijar la ganancia del repetidor (20) a un valor de ganancia predeterminado compatible con un funcionamiento lineal del repetidor cuando la estación terrestre de prueba (82) emite el ruido térmico de prueba a la densidad espectral de potencia de referencia; y
- 45 - configurar (378) los primeros medios de amplificación (86) de la estación terrestre de prueba (82) para generar un ruido térmico en la entrada de la antena terrestre de emisión (88) que cubre la banda de recepción del repetidor (20) a la densidad espectral de potencia de referencia D_{ref} ;
- sobre un conjunto de frecuencias barridas por paso de duración predeterminada, medir correlativamente (380), las densidades espectrales emitidas y recibidas en función de la frecuencia por la estación terrestre (82) a través de la antena terrestre de recepción cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí; luego
- 50 - deducir de ello (384) la variación de ganancia en función de la frecuencia en la banda de recepción del repetidor (20).

10. Procedimiento de caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual el repetidor es un repetidor transparente (20); y la caracterización de la carga útil es la caracterización del flujo saturante o de la densidad de flujo saturante (SFD) del repetidor del satélite y/o de la medición de Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil; y el procedimiento (402) comprende las etapas (404, 406, 408, 410, 412) que consisten en:

- 60 - alinear (404) la antena de recepción (12) del satélite sobre la estación terrestre (82) según una dirección de alineación de referencia; luego
- configurar (406) los segundos medios de amplificación (28) para hacer funcionar el repetidor en un régimen de amplificación lineal cuando la densidad espectral de potencia del ruido térmico de prueba inyectado en la entrada

de la antena terrestre de emisión (88) es inferior o igual a la densidad espectral de potencia de referencia Dref;
 5 - configurar (408) los primeros medios de amplificación (86) de la estación terrestre (82) para generar un ruido térmico de prueba en la entrada de la antena terrestre de emisión (88) que cubre la banda de recepción del repetidor (20) y hacer variar la densidad espectral de potencia de ruido térmico de prueba por paso de duración predeterminada en un intervalo de atenuación con respecto a la densidad espectral de referencia Dref comprendido entre 0 dB y un valor de retroceso inferior o igual al primer umbral Du1; y
 10 - sobre el conjunto barrido de las densidades de potencia del ruido térmico generado por la estación terrestre (82) medir correlativamente (410) ya sea las potencias de entrada y de salida correspondientes del repetidor (20) a través de las telemetrías satelitales, o ya sea las potencias de entrada del repetidor a través de medición al nivel de la estación terrestre o a través de la telemetría satelital y las potencias correspondientes recibidas por la estación terrestre a través de la antena terrestre de recepción (94) cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre (82) se encuentra en dicha zona de intersección (62), y
 15 - deducir de ello (412) la evolución de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil en función de la potencia de entrada recibida por el repetidor sobre un primer intervalo de observación;

y/o el procedimiento (402) comprende las etapas (414, 416, 418, 420) que consiste en:

20 - configurar (414) los primeros medios de amplificación (86) para fijar la densidad espectral del ruido térmico de prueba inyectado en la entrada de la antena terrestre de emisión (88) y que cubre la banda total del repetidor a la densidad espectral de potencia de referencia Dref; luego
 - configurar (416) los segundos medios de amplificación (28) del repetidor (20) haciendo variar por paso de duración predeterminada la ganancia lineal del repetidor (20) en un intervalo de ganancias del repetidor comprendido entre el primer valor de ganancia inferior Gmín y el segundo valor de ganancia superior Gmáx para hacer funcionar el repetidor (20) en un modo no lineal en el cual está comprimido un amplificador de alta potencia
 25 que forma un extremo de los segundos medios de amplificación (28); y
 - sobre el conjunto barrido de los controles de ganancias lineales del repetidor medir correlativamente (418) ya sea las potencias de entrada y de salida correspondientes del repetidor (20) a través de las telemetrías satelitales, o ya sea las potencias de entrada del repetidor a través de medición al nivel de la estación terrestre o a través de la telemetría satelital y las potencias correspondientes recibidas por la estación terrestre (82) a través de la antena terrestre de recepción (94) cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre (82) se encuentra en dicha zona de intersección (62), y
 30 - deducir de ello (420) la evolución de la Potencia de Emisión Isótropa Radiada (PIRE) de la carga útil en función de la ganancia del repetidor y de la potencia de entrada recibida en la entrada del repetidor correspondiente a una densidad espectral del ruido térmico de prueba emitido en tierra igual a la densidad espectral de referencia Dref y/o la densidad de flujo saturante (SFD).

11. Procedimiento de una caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual la caracterización de la carga útil es una medición (432) de la G/T en la cual G designa la ganancia de la antena y T designa la temperatura de ruido llevada a la entrada del repetidor; y cuando el repetidor es transparente y existe paso de intersección entre la cobertura ascendente y la cobertura descendente o el repetidor es regenerativo,
 40 el procedimiento (432) comprende las etapas que consisten en:

45 - alinear (434) la antena de recepción (12) del satélite sobre la estación terrestre (82) según una dirección de alineación de referencia
 - apagar o dejar apagada (436) la emisión de señales radioeléctricas por la estación terrestre (82); luego
 . configurar (438) los segundos medios de amplificación (28) del repetidor a un valor de ganancia compatible con un funcionamiento lineal del repetidor y con una medición de ruido a través de una telemetría satelital; luego
 - medir (440) el ruido térmico N1 propio del repetidor presente en la entrada del repetidor a través de la telemetría de entrada del repetidor; luego
 50 - activar (442) la estación terrestre (82) y configurar los primeros medios de amplificación (86) para generar un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral medida en tierra es superior o igual a la densidad de referencia Dref; luego
 - medir (444) un ruido térmico recibido N2 proveniente de la estación terrestre (82) y en la entrada del repetidor en la banda de recepción del repetidor a través de la telemetría de entrada del repetidor;
 55 - determinar (446) la relación G/T a partir de la relación del ruido térmico recibido N2 sobre el ruido térmico propio N1 del repetidor.

12. Procedimiento de una caracterización de las prestaciones de una carga útil según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el cual la caracterización de la carga útil es una medición de la G/T en la cual G designa la ganancia de la antena y T designa la temperatura de ruido llevada a la entrada del repetidor; y cuando el repetidor es transparente y existe una intersección entre la cobertura ascendente y la cobertura descendente,
 60 el procedimiento de medición de la G/T comprende las etapas que consisten en:

- alinear (434) la antena de recepción (12) del satélite sobre la estación terrestre (82) según una dirección de alineación de referencia
 - apagar o dejar apagada (436) la emisión de señales radioeléctricas por la estación terrestre (82); luego
 - configurar los segundos medios de amplificación (28) del repetidor a un valor de ganancia compatible con un funcionamiento lineal del repetidor; luego
 - medir el ruido térmico N1 propio sobre el enlace descendente; luego
 - activar (442) la estación terrestre (82) y configurar los primeros medios de amplificación (86) para generar un ruido térmico de prueba cuya densidad espectral medida en tierra es superior o igual a la densidad de referencia Dref; luego
 - medir un ruido térmico recibido N2 redescendente; luego
 - determinar (446) la relación G/T a partir de la relación del ruido térmico medido N2 sobre el ruido térmico propio N1 del repetidor.
13. Sistema para la caracterización de las prestaciones de una carga útil (4) de un satélite (6) en órbita sobre una banda de frecuencias y sobre un enlace ascendente (8),
 incluyendo la carga útil (4) del satélite (6) una primera antena satelital de recepción (12) de enlace ascendente (8), una segunda antena satelital de emisión (14) de enlace descendente (16), y un repetidor de banda ancha (20), interconectado entre la primera antena satelital de recepción (12) y la segunda antena satelital de emisión (14);
 incluyendo el repetidor (20) un puerto de entrada de radiofrecuencia (24), conectado a un puerto de salida (26) de la antena satelital de recepción (12), y unos segundos medios de amplificación (28), configurados para amplificar sobre una porción de entrada del repetidor correspondiente al enlace ascendente (8) o sobre la totalidad del repetidor (20), unas señales comprendidas en la banda de frecuencia, según un modo de amplificación lineal y con una ganancia fija telecontrolable comprendida en un intervalo de ganancia que varía desde una primera ganancia inferior Gmín y una segunda ganancia superior Gmáx, y comprendiendo el sistema:
- una estación terrestre de prueba (82) que incluye unos primeros medios de amplificación de radiofrecuencia (86), y una antena terrestre de emisión de radiofrecuencia (88) con un puerto de entrada (90) conectado a una salida (92) de primeros medios de amplificación (86);
 - una infraestructura de telecontrol y de telemetría (136) de la carga útil y de la plataforma satelital, terminada por una estación de telecontrol y telemetría (140) visible desde el satélite (6); y
 - un banco de prueba (84) conectado a la estación terrestre de prueba y a la infraestructura de telecontrol y de telemetría, configurado para implementar el procedimiento de caracterización de la carga útil definido según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13 coordinando el envío de controles y la recepción de señales a medir y/o de telemetrías respectivamente enviadas y recibidas de la estación terrestre de prueba y de la estación de telecontrol y telemetría;
- estando el sistema **caracterizado porque:**
 los primeros medios de amplificación (86) de la estación terrestre (82) son configurables para generar en la entrada (90) de la antena terrestre de emisión (88) un ruido térmico de prueba que tiene una anchura de banda superior o igual a la banda de recepción del repetidor, y cuya densidad espectral de potencia es regulable hasta una densidad espectral de potencia de referencia Dref tal que la relación de la densidad del ruido térmico de prueba, recibida proveniente de la estación terrestre de prueba (82) cuando emite es igual a la densidad espectral de referencia Dref, y recibido en la entrada (24) del repetidor (20), sobre la densidad espectral de ruido térmico suelo generado por el satélite (6) solo en interno y por el ruido térmico natural de la Tierra en la entrada (24) del repetidor, es superior o igual a un primer umbral Du1 igual a 10 dB.
14. Sistema para la caracterización de las prestaciones de una carga útil según la reivindicación 13, en el cual el banco de prueba (84) comprende
- unos medios de adquisición (152) durante una duración predeterminada del ruido térmico emitido por la antena satelital de emisión sobre el enlace descendente recibido por la estación terrestre de prueba cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra en el interior de dicha zona de intersección, y/o de telemetrías del ruido térmico de prueba recibido en diversas ubicaciones del repetidor, y de telemetrías de la plataforma representativas de la resistencia de potencia de RF de la carga útil y/o del consumo eléctrico y/o de las prestaciones térmicas de la plataforma cuando la carga útil está cargada por un ruido térmico de prueba en una configuración cercana a las condiciones operativas, por ejemplo, la de un tráfico máximo o un tráfico variable en el tiempo;
 - unos medios de telecontrol (154) de la carga útil y/o de la plataforma del satélite en órbita de servicio, durante dicha duración predeterminada, para imprimir un desvío angular de alineación de la antena satelital de recepción con respecto a una dirección de alineación de referencia de variación predeterminada y/o para variar una ganancia lineal del repetidor cuando está en un modo de amplificación lineal o controlar un modo de amplificación no lineal del repetidor activando un bucle de regulación automática de ganancia en la entrada de un amplificador de alta potencia de salida;
 - unos medios de registros (156) de las variaciones controladas por los medios de telecontrol (154) del banco de prueba (84);

- 5 .- unos medios de correlación (158) para correlacionar la medición de la señal por la antena satelital de emisión sobre la conexión descendente del satélite cuando existe una zona de intersección (62) de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de emisión del satélite y la estación terrestre se encuentra ahí, y/o de telemetrías de la señal de prueba recibida en diversas ubicaciones del repetidor; y/o de otros parámetros del satélite en relación con la carga útil representativos de la resistencia de potencia de RF de la carga útil, y unas prestaciones en cuanto a consumo y regulación térmica de la plataforma, y para deducir de ello las variaciones de parámetros medidos que caracterizan la carga útil o la plataforma en función de las variaciones controladas en el satélite.

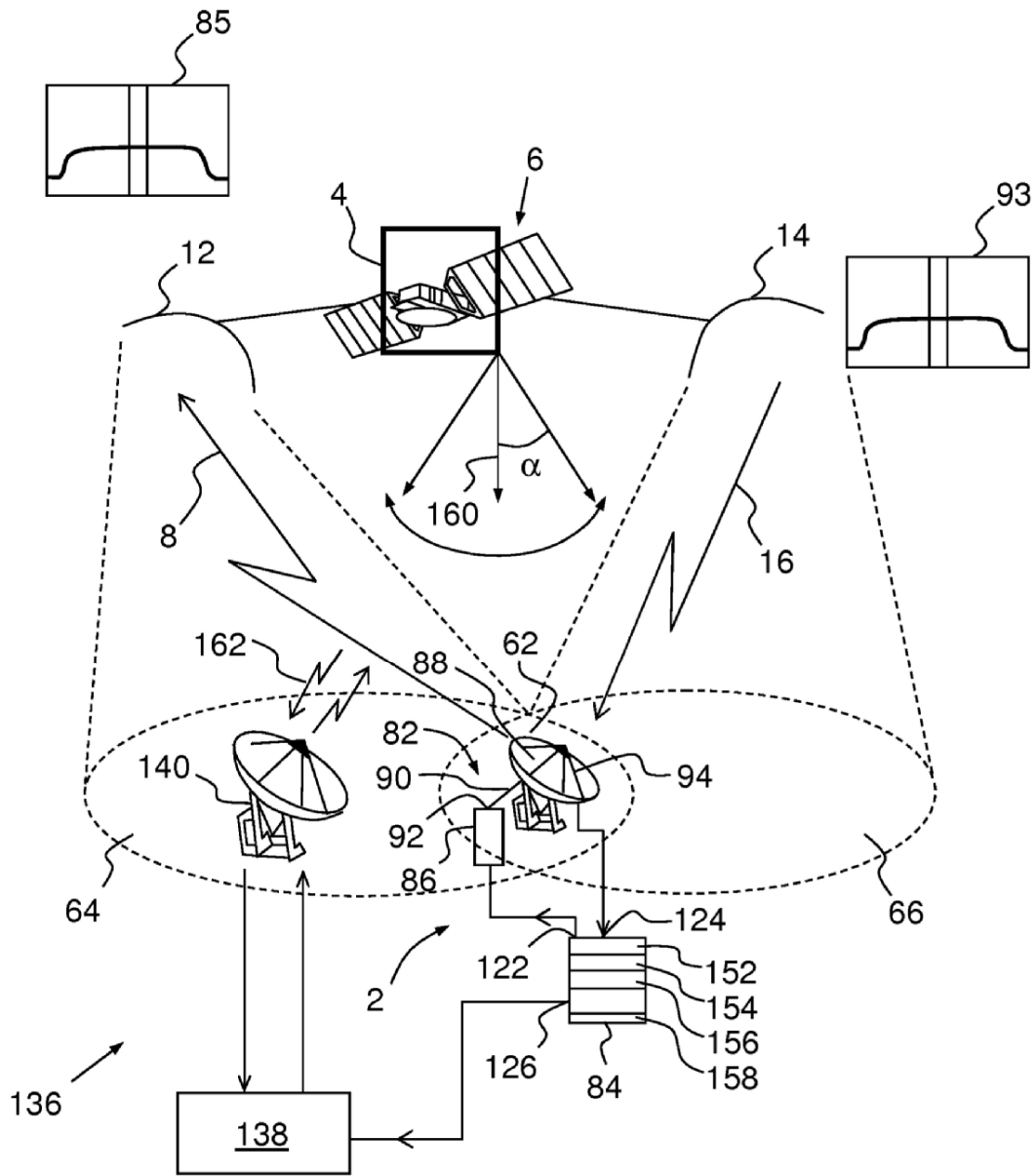


FIG.1

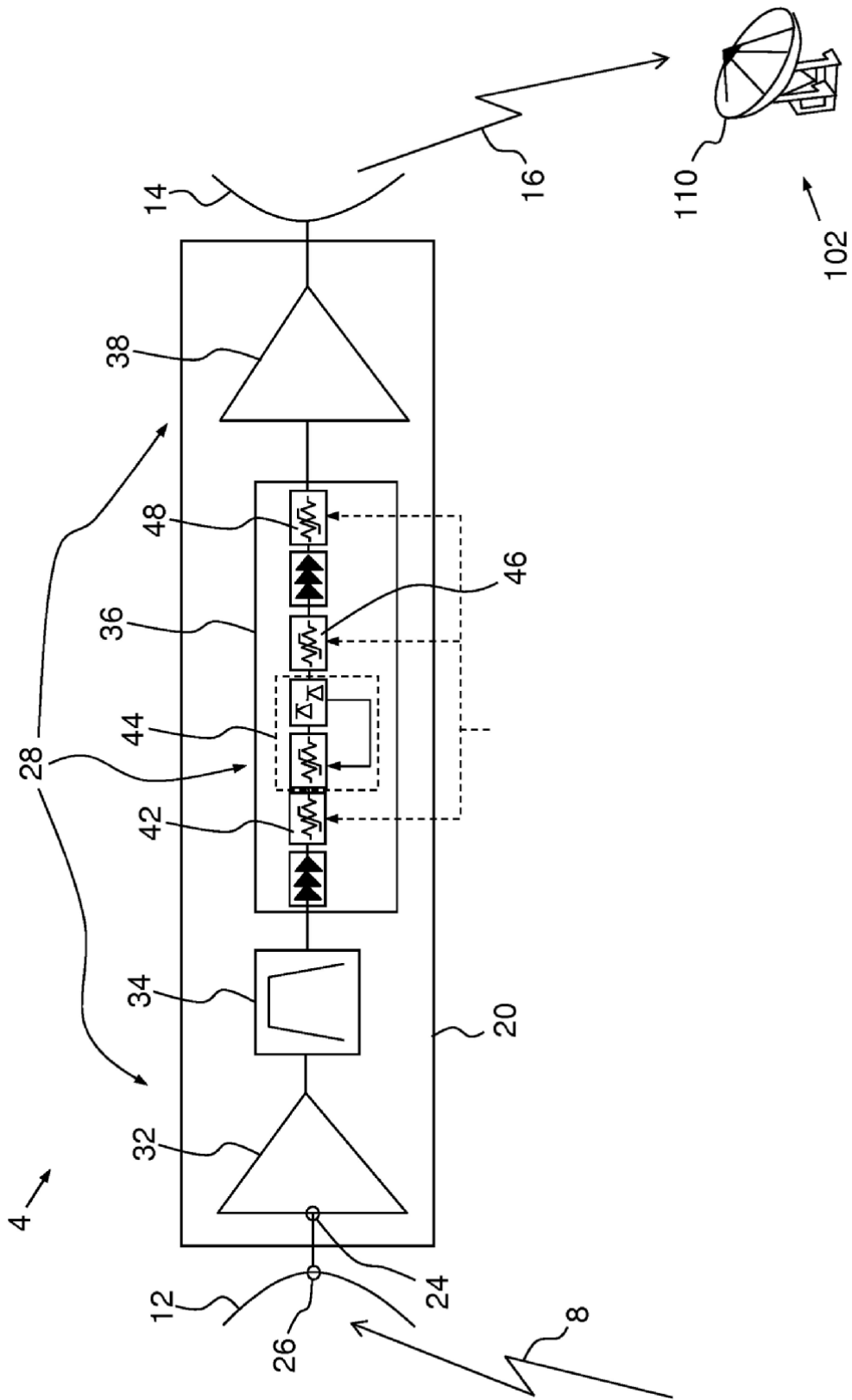


FIG. 2

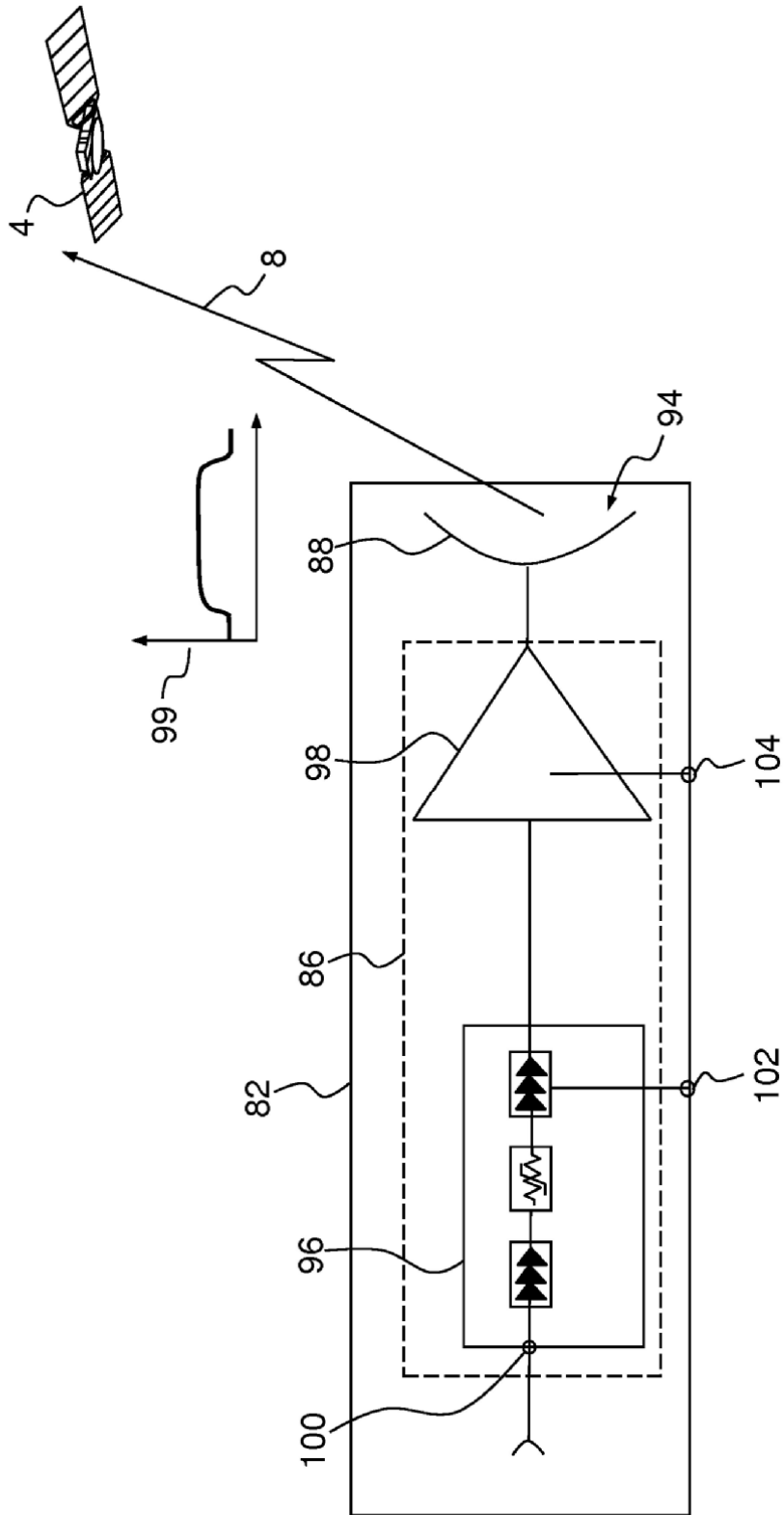


FIG.3

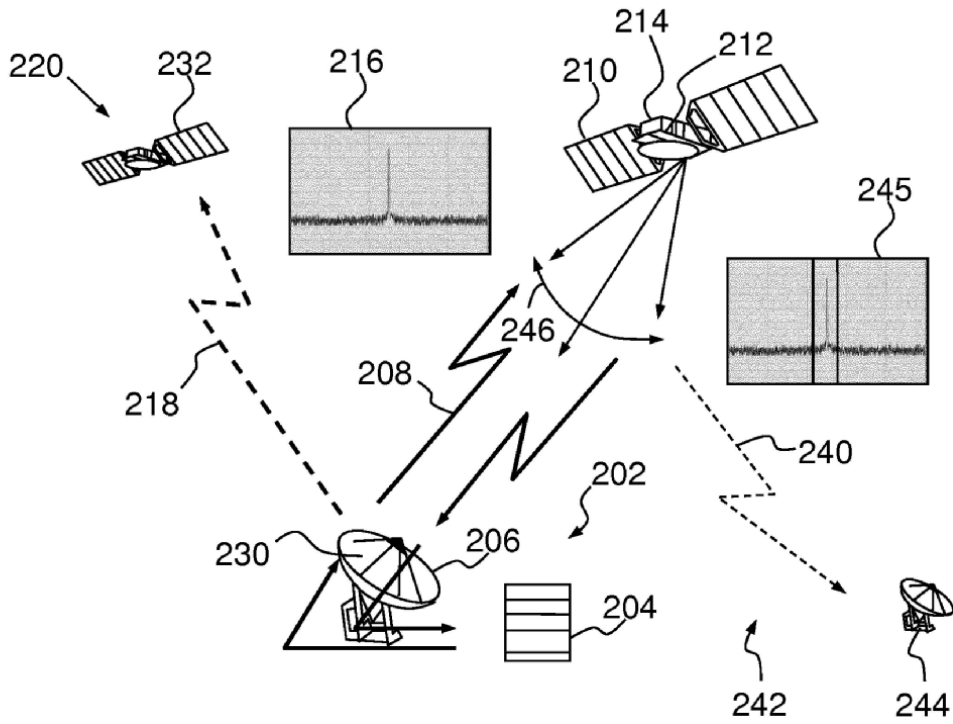


FIG. 4

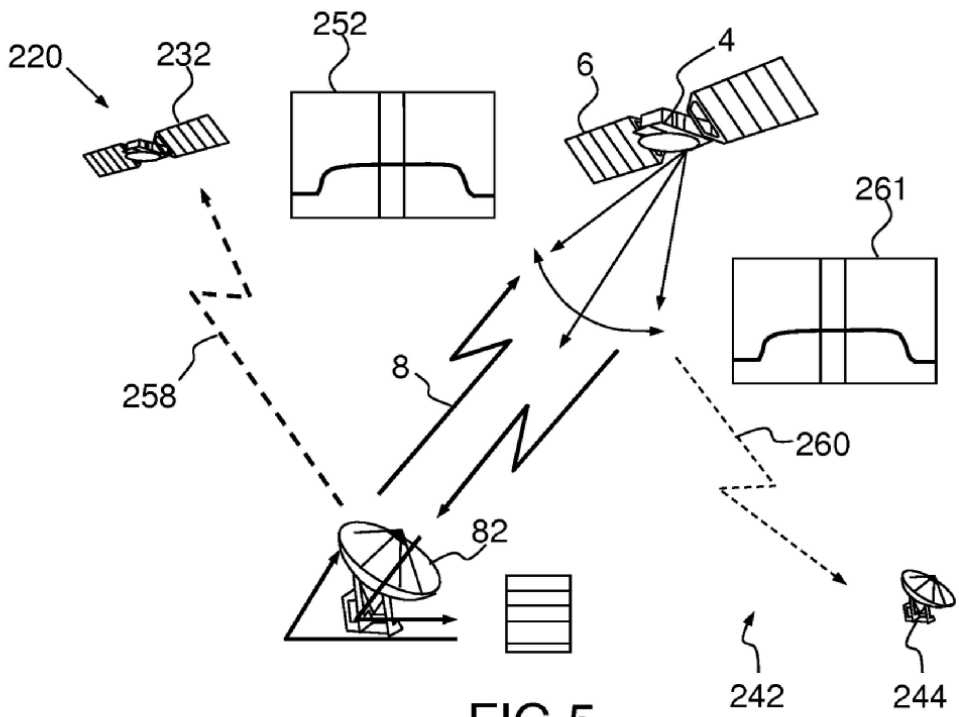


FIG. 5

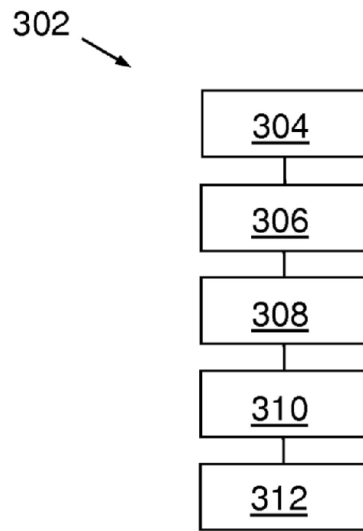


FIG.6

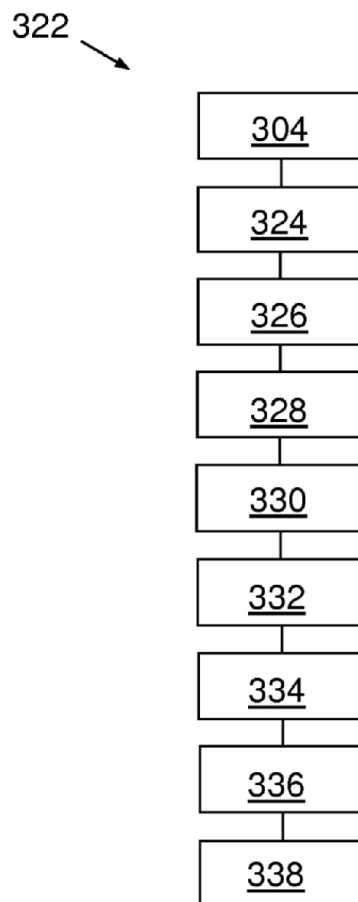


FIG.7

352 →

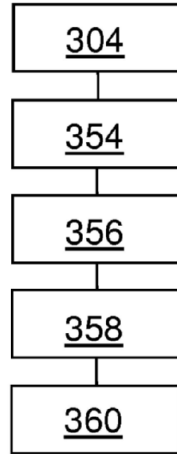


FIG.8

372 →

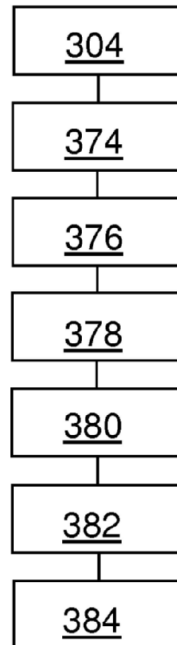


FIG.9

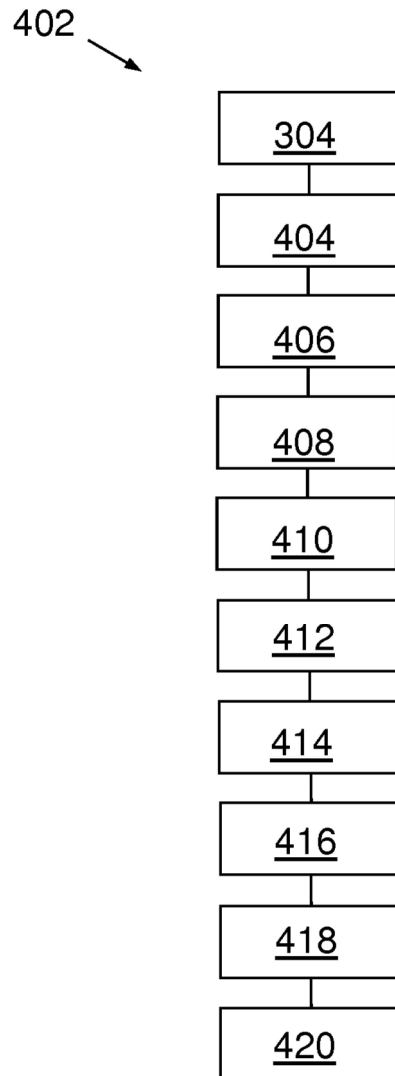


FIG.10

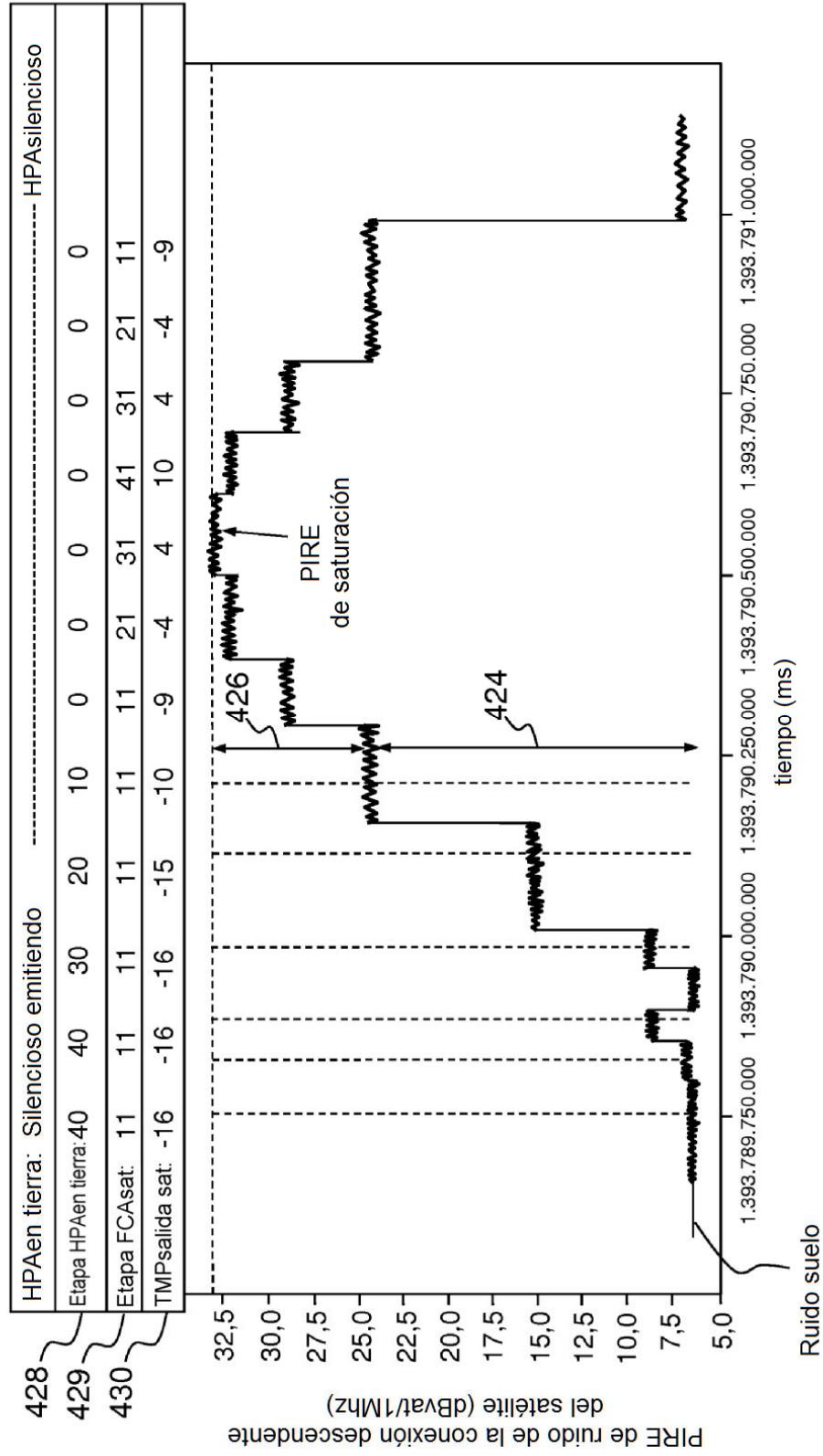


FIG.11

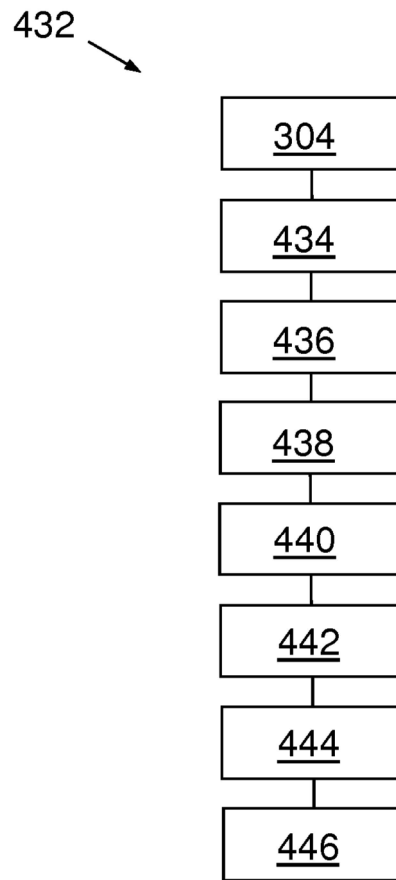


FIG.12