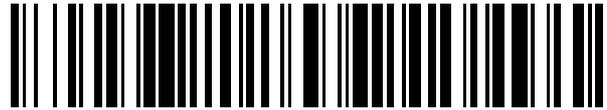


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 983**

51 Int. Cl.:

H04B 7/185

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.09.2013 E 13182555 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2015 EP 2706676**

54 Título: **Procedimiento de caracterización de una antena de transmisión de un satélite en órbita y sistema asociado**

30 Prioridad:

07.09.2012 FR 1202393

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

15.07.2015

73 Titular/es:

**THALES (100.0%)
45, rue de Villiers
92200 Neuilly Sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

TESSANDORI, STÉPHANE

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 540 983 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 una antena de transmisión de un satélite en órbita y sistema asociado

La invención se refiere a un procedimiento y a un sistema de prueba de la carga útil de un satélite en órbita. De manera más precisa, la invención se refiere a la caracterización de la antena de transmisión de un satélite en órbita.

5 El campo de la invención es el de los procedimientos y sistemas que permiten probar el funcionamiento nominal de una antena de transmisión de un satélite en órbita, es decir caracterizar el diagrama de radiación de la antena y compararlo con las especificaciones de funcionamiento esperado.

10 La invención se aplica en particular para la prueba en órbita de un satélite de telecomunicaciones, pero también de cualquier satélite cuya carga útil se compone de al menos un repetidor y de una antena de transmisión hacia un enlace descendente.

15 Los procedimientos conocidos de prueba de la carga útil de un satélite en órbita se basan la mayoría de las veces en el empleo de una señal de prueba en una portadora no modulada que se genera y se transmite en el enlace ascendente del satélite en órbita mediante una estación terrestre acoplada al dispositivo de prueba. El satélite recibe esta señal de prueba por medio de una antena de recepción, la señal se propaga a través de un repetidor y retransmite a la estación terrestre por medio de una antena de transmisión. A partir de las mediciones realizadas en la señal transmitida en el enlace descendente del satélite, se puede caracterizar la respuesta de la antena de transmisión del satélite.

Los inconvenientes de los procedimientos de prueba basados en el empleo de señales de prueba específicas son múltiples.

20 La prueba de la antena de transmisión se limita a una parte de la zona de cobertura de la antena de recepción. En efecto, para que el procedimiento de prueba se pueda implementar, la estación terrestre, que opera a la vez la transmisión de la señal de prueba en el enlace ascendente y la adquisición de la señal retransmitida por el satélite en el enlace descendente, debe estar situada en la zona de intersección de las zonas de cobertura de la antena de recepción y de la antena de transmisión del satélite. De este modo, no se puede probar la antena de transmisión en toda su cobertura angular.

25 Además, la extracción de la única contribución de la antena de transmisión precisa la implementación de un circuito automático de ganancia para compensar las variaciones de ganancia de la antena de recepción. Este circuito garantiza un nivel constante en la interfaz de entrada de la antena de transmisión, lo que permite medir en tierra únicamente las variaciones de la antena de transmisión. Sin embargo, el diagrama de radiación de la antena de recepción al ser por lo general más directivo que el de la antena de transmisión, da como resultado que la dinámica de medición en prueba de la antena de transmisión se limita a la dinámica disponible en el circuito de control automático de ganancia.

30 Además, las mediciones de aislamiento, es decir la caracterización de la antena de transmisión para unas zonas de cobertura para las que la ganancia de la antena es muy baja, también están limitadas por el bajo nivel de recepción en la antena de recepción.

Otro problema relacionado con el empleo de señales de prueba es que, cuando se desea probar el funcionamiento de una antena de transmisión de haces múltiples o de una antena de transmisión en varias frecuencias, se precisa la generación de señales de prueba multiportadoras y, por lo tanto, un dispositivo de generación de dichas señales, lo que incrementa la complejidad del sistema de prueba.

40 Por último, la generación de una portadora de prueba puede interferir con otros satélites contiguos lo que precisa una coordinación global en frecuencia.

Véase el documento US-A-5 697 050 (Wiedeman).

45 La presente invención ofrece un procedimiento y un sistema que permiten caracterizar la antena de transmisión de un satélite en órbita en toda su dinámica y toda su zona de cobertura, con independencia de las características de la antena de recepción.

La invención no precisa el empleo de señales de prueba en una portadora no modulada y, por lo tanto, permite eliminar los inconvenientes relacionados con su utilización.

50 Además, la invención permite probar la antena de transmisión de un satélite de haces múltiples y/o en varias frecuencias diferentes sin que sea necesario modificar los equipos de prueba y de este modo aumentar la complejidad.

De este modo, la invención tiene por objeto un procedimiento de caracterización de una antena de transmisión de un satélite en órbita que comprende una carga útil que comprende unos medios de amplificación de señal, consistiendo dicho procedimiento en:

- configurar dichos medios de amplificación para generar un ruido térmico en la entrada de la antena de transmisión;
- adquirir, por medio de una estación terrestre, la señal transmitida por la antena de transmisión en el enlace descendente del satélite durante un periodo predeterminado de tiempo;
- 5 - durante dicho periodo predeterminado de tiempo, controlar dicho satélite en órbita para imprimirle un sesgo angular con una variación predeterminada y registrar esta variación;
- correlacionar la medición de la señal transmitida en el enlace descendente y la variación de sesgo angular del satélite para deducir de ello las variaciones de ganancia de la antena de transmisión en función del sesgo angular del satélite.

10 De manera ventajosa, los medios de amplificación están configurados para funcionar en saturación.

Los medios de amplificación también pueden constar de un primer medio de amplificación intermedia y de un segundo medio de amplificación de alta potencia, estando dicho medio de amplificación intermedia configurado para amplificar la señal a un nivel predeterminado en la entrada del segundo medio de amplificación de alta potencia, determinándose dicho nivel de tal modo que el nivel de la señal de salida del segundo medio de amplificación de alta potencia es superior al nivel de ruido generado por la antena de la estación terrestre.

15 Según una forma particular de realización de la invención, la carga útil consta de al menos una antena de recepción y de un canal de recepción, y en la que el canal de recepción está desconectado de la antena de recepción para limitar la influencia del ruido procedente del enlace ascendente del satélite.

20 La invención también tiene por objeto un sistema para la caracterización de una antena de transmisión de un satélite en órbita que comprende una carga útil que comprende unos medios de amplificación de señal, comprendiendo dicho sistema:

- unos medios de configuración de dichos medios de amplificación para generar un ruido térmico en la entrada de la antena de transmisión;
- unos medios de adquisición de la señal transmitida por la antena de transmisión en el enlace descendente del satélite durante un periodo predeterminado de tiempo;
- 25 - unos medios de control del satélite en órbita, durante dicho periodo predeterminado de tiempo, para imprimirle un sesgo angular con una variación predeterminada y unos medios de registro de esta variación;
- unos medios para correlacionar la medición de la señal transmitida en el enlace descendente y la variación de sesgo angular del satélite con el fin de deducir de ello las variaciones de ganancia de la antena de transmisión en función del sesgo angular del satélite.

30 Se mostrarán mejor otras características y ventajas de la presente invención con la lectura de la descripción que viene a continuación en relación a los dibujos adjuntos, que representan:

- la figura 1, un diagrama de bloques que ilustra un procedimiento de prueba de la antena de transmisión de un satélite en órbita según la técnica anterior;
- 35 - la figura 2, un diagrama que ilustra la limitación, inducida por el procedimiento de prueba descrito en la figura 1, en la dinámica angular de desviación de la antena de transmisión que se puede probar;
- la figura 3, un diagrama de bloques que ilustra algunos inconvenientes del procedimiento de prueba descrito en la figura 1;
- la figura 4, un diagrama de bloques que ilustra el procedimiento de prueba según la invención;
- 40 - la figura 5, un esquema de la carga útil de un satélite que hay que probar y, en particular, de la cadena de amplificación instalada a bordo;
- la figura 6a, un diagrama de la ganancia de la señal medida en el enlace descendente del satélite en función del tiempo;
- la figura 6b, un diagrama del sesgo angular imprimido por el satélite durante la adquisición de la señal en el enlace descendente en función del mismo intervalo de tiempo que en la figura 6a;
- 45 - la figura 6c, una ilustración de un ejemplo del diagrama de antena obtenido al combinar las mediciones ilustradas en las figuras 6a y 6b;
- la figura 6d, una ilustración de la comparación del diagrama de antena obtenido con las especificaciones de la antena de transmisión del satélite.

50 Las figuras 1, 2 y 3 ilustran en varios esquemas y diagramas el principio de un procedimiento conocido de prueba de la antena de transmisión de un satélite en órbita así como sus inconvenientes como ya se ha comentado en la parte introductoria de la presente solicitud.

La figura 1 ilustra, en un esquema, el principio de un procedimiento conocido de prueba de la antena 102 de transmisión de un satélite 100 en órbita.

55 Una estación 104 de prueba, acoplada a una antena 103, se utiliza para generar una señal de prueba en una portadora no modulada y transmitirla en el enlace ascendente del satélite 100. La señal de prueba la recibe una antena 101 de recepción del satélite 100 y a continuación la retransmite la antena 102 de transmisión del satélite 100 por medio del enlace descendente. La señal la recibe la antena 103 de la estación 104 de prueba que realiza

sobre estas unas mediciones que permiten caracterizar el diagrama de antena de la antena 102 de transmisión.

Como se ha expuesto con anterioridad, un inconveniente de este procedimiento es que la zona de cobertura que se puede probar está limitada a la zona 130 de intersección entre la zona de 110 de cobertura de la antena 101 de recepción y la zona 120 de cobertura de la antena 102 de transmisión.

5 La figura 2 representa, en un diagrama, la ganancia 201 relativa de antena, expresada en decibelios, en función del sesgo 202 angular imprimido por el satélite con respecto a una dirección de alineación de referencia. En el diagrama de la figura 2 se representan las curvas de ganancia respectivas de la antena 210 de recepción y de la antena 220 de transmisión del satélite. La antena de recepción es, por lo general, más directiva que la antena de transmisión lo que genera una atenuación más rápida de la ganancia de la antena cuando aumenta el sesgo angular.

10 Para compensar las variaciones de la ganancia de la antena de recepción, se acciona un circuito de control automático de ganancia en la carga útil del satélite con el fin de conducir la señal en la entrada de la antena de transmisión a un nivel 211 constante. De esta forma, la estación terrestre puede medir en la señal recibida por medio del canal descendente únicamente las variaciones de la ganancia de la antena de transmisión.

15 El circuito de control automático de ganancia presenta una dinámica de funcionamiento de entrada limitada. En el ejemplo de la figura 2, este solo funciona hasta un nivel de entrada del orden de -20 dB. De este modo, para unos sesgos angulares superiores a un valor dado, del orden de 1,5° en el ejemplo de la figura 2, las variaciones de la ganancia de la antena de recepción ya no se compensan lo que implica que las excursiones 230 angulares más allá de un determinado umbral no se pueden probar.

20 La figura 3 ilustra la necesidad de un plan de coordinación de frecuencia para el enlace ascendente del satélite en prueba 100. La antena 103 de la estación 104 de prueba emite una señal de prueba en una portadora 310 no modulada en el enlace ascendente del satélite 100. En la recepción, la estación 104 de prueba recupera, mediante filtrado, la portadora no modulada retransmitida en el enlace descendente del satélite 100.

25 La emisión de una portadora 310 no modulada en el enlace ascendente puede generar interferencias 301 en uno o varios satélites 300 contiguos. De este modo, es necesario un plan de coordinación de frecuencia para evitar alterar las frecuencias también utilizadas por otros satélites.

La figura 4 ilustra la implementación del procedimiento según la invención que permite caracterizar la antena 102 de transmisión de un satélite 100 en órbita sin generar ni transmitir ninguna señal de prueba en el enlace ascendente del satélite.

30 El procedimiento según la invención también consiste en generar, a bordo de la carga útil del satélite, un ruido térmico con la potencia suficiente para garantizar en la interfaz de entrada de la antena 102 de transmisión la presencia de un ruido de banda ancha con un nivel sustancialmente constante e independiente de las excursiones angulares del satélite. De esta forma, la señal transmitida por la antena 102 de transmisión en el enlace descendente se adquiere con la antena 103 de la estación 104 de prueba y a continuación se analiza para caracterizar la ganancia de antena en toda la zona 120 de cobertura que ya no está limitada a la intersección con la zona de cobertura de la antena 101 de recepción.

35 El ruido 400 generado en la interfaz de entrada de la antena 102 lo filtra la estación 104 de prueba en una banda predeterminada de análisis de frecuencia.

40 La figura 5 representa, en un esquema simplificado, un ejemplo de carga 500 útil de un satélite que consta de una antena 501 de recepción, de un canal 502 de recepción, de un filtro 503 de canal, de una cadena 504 de amplificación intermedia, de un amplificador 505 de alta potencia y de una antena 506 de transmisión. La carga 500 útil así constituida realiza una función de repetidor, es decir que la señal recibida en el canal 502 de recepción se retransmite en el enlace descendente del satélite por medio de la antena 506 de transmisión. En el ejemplo de la figura 5 se representa un único repetidor, pero una carga útil puede contener varios repetidores asociados a varias frecuencias diferentes de recepción y/o de emisión.

45 Cuando la antena 501 de recepción no recibe ninguna señal, la carga 500 útil genera sin embargo un ruido que presenta dos componentes principales, una primera componente de ruido procedente de la radiación de la Tierra, transmitido a la carga útil por la antena 501 de recepción y que contiene potencialmente interferencias procedentes de los sistemas de satélites adyacentes, y una segunda componente de ruido térmico generado por el propio repetidor, en particular por la cadena 502 de recepción.

50 Configurando 510 la cadena 504 de amplificación intermedia de tal modo que funcione en saturación y de este modo provocar la saturación del amplificador 505 de alta potencia, se puede obtener un nivel de ruido suficiente en la interfaz de entrada de la antena 506 de transmisión para poder caracterizar su diagrama de antena. El nivel de ruido generado en la salida del amplificador 505 de alta potencia debe ser superior al nivel de ruido generado por la antena 103 de la estación terrestre de prueba.

55 Se describe a continuación con más detalle un ejemplo de realización de la cadena 504 de amplificación intermedia

y la configuración asociada para obtener el efecto deseado para permitir la caracterización de la antena 506 de transmisión.

5 La cadena 504 de amplificación consta al menos de un amplificador 541 que permite ajustar el nivel de la señal en la salida del filtro 503 de canal para que sea compatible con la dinámica del circuito 542 de control automático de ganancia situado en la salida del primer amplificador 541. El circuito 542 de control automático de ganancia permite obtener una señal con un nivel constante en la entrada de un segundo amplificador 543 que está adaptado para amplificar la señal para alcanzar el punto de funcionamiento deseado en la entrada del amplificador 505 de alta potencia. Un tercer amplificador 544 está presente en la salida del segundo amplificador 543 para compensar las no linealidades del amplificador 505 de alta potencia.

10 El ejemplo de cadena 504 de amplificación descrito en la figura 5 se da a título ilustrativo y no limitativo. En particular, se pueden incluir otros amplificadores dispuestos en cascada. Por ejemplo, el circuito de control automático 542 de ganancia puede ser opcional.

15 Para obtener un nivel de ruido suficiente en la entrada de la antena 506 de transmisión, el primero y el segundo amplificadores 541, 543 están configurados para amplificar la señal de entrada con una ganancia máxima con el objetivo de alcanzar un funcionamiento en saturación. El tercer amplificador 544 está configurado para obtener la saturación del amplificador de alta potencia o para obtener un nivel operativo suficiente que depende del balance de enlace de la antena de transmisión y del balance de enlace de la antena 103 de la estación terrestre. El nivel de ruido así generado también presenta una gran estabilidad temporal lo que permite realizar una adquisición de la señal en el canal descendente durante un periodo de tiempo suficiente para realizar las mediciones necesarias para la caracterización de la antena 506 de transmisión.

20 En una variante de realización de la invención, el canal 502 de recepción de la carga útil se puede desconectar de la antena 502 de recepción del satélite, por ejemplo conectando su entrada en la entrada de otro canal de recepción (no representado). De esta forma, se suprime el ruido que recibe la antena 501 de recepción y solo se utiliza el ruido térmico que genera el propio repetidor.

25 La utilización de la cadena de amplificación de la carga útil en un funcionamiento en saturación permite sustituir la señal de prueba habitualmente generada en el canal ascendente del satélite. De esta forma, el procedimiento de prueba no precisa ninguna señal específica y no depende de las características y del funcionamiento de la antena 501 de recepción del satélite.

El procedimiento de prueba según la invención consiste en la ejecución de las siguientes etapas.

30 La estación 104 de prueba, que consta de unos medios de adquisición de la señal emitida en el canal descendente del satélite y de unos medios de medición y de análisis espectral de esta señal, está conectada en el canal descendente del satélite.

35 La cadena 504 de amplificación intermedia a bordo de la carga útil del satélite está configurada para amplificar el ruido del repetidor de tal modo que alcance un nivel de saturación del amplificador 505 de alta potencia o un nivel de ruido operativo suficiente en la interfaz de entrada de la antena 506 de transmisión. La configuración de la carga útil del satélite se realiza mediante un centro de control de satélite alejado de la estación de prueba.

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

40 Además, se imprime un sesgo angular al satélite con respecto a su dirección de alineación de referencia, con el fin de permitir la caracterización de la antena en toda su zona de cobertura y de observar las variaciones de la ganancia de la antena en función del tiempo. El control de alineación del satélite también se realiza desde un centro de control alejado a través de un enlace de control remoto y telemetría.

45 A continuación se ejecutan unos medios de tratamiento de la señal adquirida por la estación 104 de prueba, que pueden estar incluidos en la estación de prueba o alejados, para producir una medición del diagrama de la antena de transmisión del satélite. Las figuras 6a, 6b, 6c, 6d ilustra los tratamientos realizados en la señal adquirida.

La figura 6a representa, en un diagrama, la medición del nivel de la señal adquirida por la estación de prueba, en decibelios de milivatios (dBm), en función del tiempo t.

50 La figura 6b representa, en la misma escala temporal que la figura 6a, la variación del sesgo angular, expresado en grados, de la dirección de alineación del satélite.

Correlacionando los diagramas de las figuras 6a y 6b, se obtiene el diagrama de la figura 6c que da el nivel de la señal adquirida en función del sesgo angular imprimido al satélite.

La figura 6d ilustra la última etapa del procedimiento según la invención, que consiste en comparar las variaciones de la ganancia 603 de antena reconstituida en un rango de variación angular dado con un patrón específico del

diagrama de la antena de transmisión del satélite. Dicho patrón consiste, por ejemplo, en una curva 601 de ganancia máxima y en una curva de ganancia 602 mínima entre las que debe variar la ganancia medida.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de caracterización de una antena (102, 506) de transmisión de un satélite (100) en órbita que comprende una carga (500) útil que comprende unos medios (504, 505) de amplificación de señal, dicho procedimiento estando **caracterizado porque** consiste en:
- 5 - configurar dichos medios (504, 505) de amplificación para generar un ruido térmico en la entrada de la antena (102, 506) de transmisión;
- adquirir, por medio de una estación (103, 104) terrestre, la señal transmitida por la antena (102, 506) de transmisión en el enlace descendente del satélite (100) durante un periodo predeterminado de tiempo;
- 10 - durante dicho periodo predeterminado de tiempo, controlar dicho satélite (100) en órbita para imprimirle un sesgo angular con una variación predeterminada y registrar esta variación;
- correlacionar la medición de la señal transmitida en el enlace descendente y la variación de sesgo angular del satélite para deducir de ello las variaciones de ganancia de la antena (102, 506) de transmisión en función del sesgo angular del satélite.
2. Procedimiento de caracterización según la reivindicación 1, en el que dichos medios (504, 505) de amplificación están configurados para funcionar en saturación.
- 15
3. Procedimiento de caracterización según la reivindicación 1, en el que dichos medios (504, 505) de amplificación comprenden un primer medio (504) de amplificación intermedia y de un segundo medio (505) de amplificación de alta potencia, estando dicho medio (504) de amplificación intermedia configurado para amplificar la señal a un nivel predeterminado en la entrada del segundo medio (505) de amplificación de alta potencia, determinándose dicho nivel de tal modo que el nivel de la señal de salida del segundo medio (505) de amplificación de alta potencia es superior al nivel de ruido generado por la antena (103) de la estación terrestre.
- 20
4. Procedimiento de caracterización según una de las reivindicaciones anteriores en el que la carga (500) útil comprende al menos una antena (501) de recepción y un canal (502) de recepción y en el que el canal (502) de recepción está desconectado de la antena (501) de recepción para limitar la influencia del ruido procedente del enlace ascendente del satélite.
- 25
5. Sistema para la caracterización de una antena (102, 506) de transmisión de un satélite (100) en órbita que comprende una carga (500) útil que comprende unos medios (504, 505) de amplificación de señal, comprendiendo dicho sistema:
- 30 - unos medios de configuración de dichos medios (504, 505) de amplificación para generar un ruido térmico en la entrada de la antena (102, 506) de transmisión;
- unos medios (103, 104) de adquisición de la señal transmitida por la antena (102, 506) de transmisión en el enlace descendente del satélite (100) durante un periodo predeterminado de tiempo;
- unos medios de control del satélite (100) en órbita, durante dicho periodo predeterminado de tiempo, para imprimirle un sesgo angular con una variación predeterminada y unos medios de registro de esta variación;
- 35 - unos medios para correlacionar la medición de la señal transmitida en el enlace descendente y la variación de sesgo angular del satélite con el fin de deducir de ello las variaciones de ganancia de la antena (102, 506) de transmisión en función del sesgo angular del satélite.

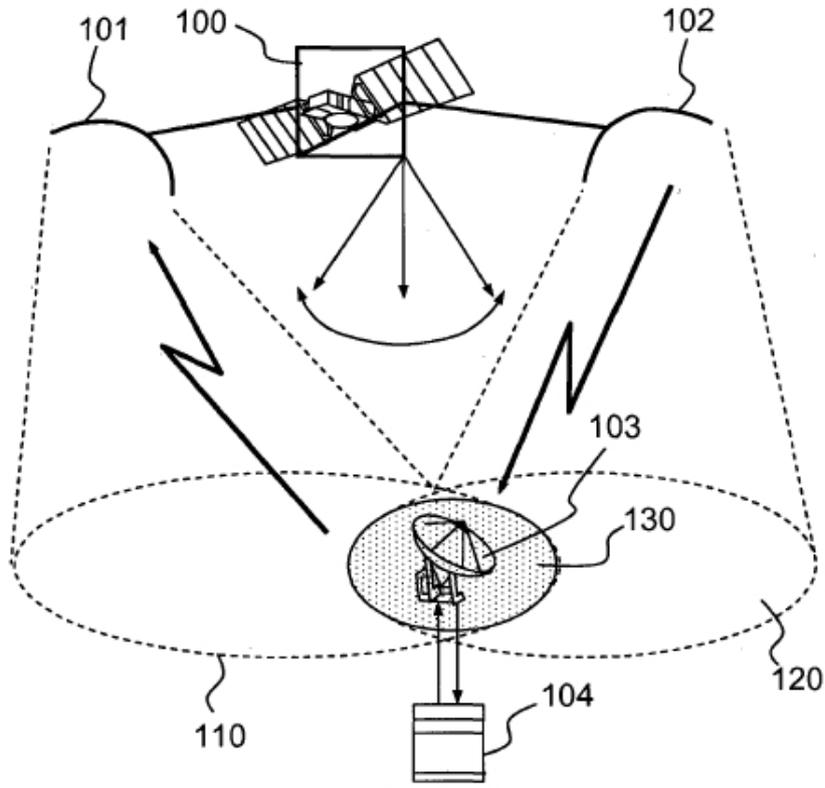


FIG. 1

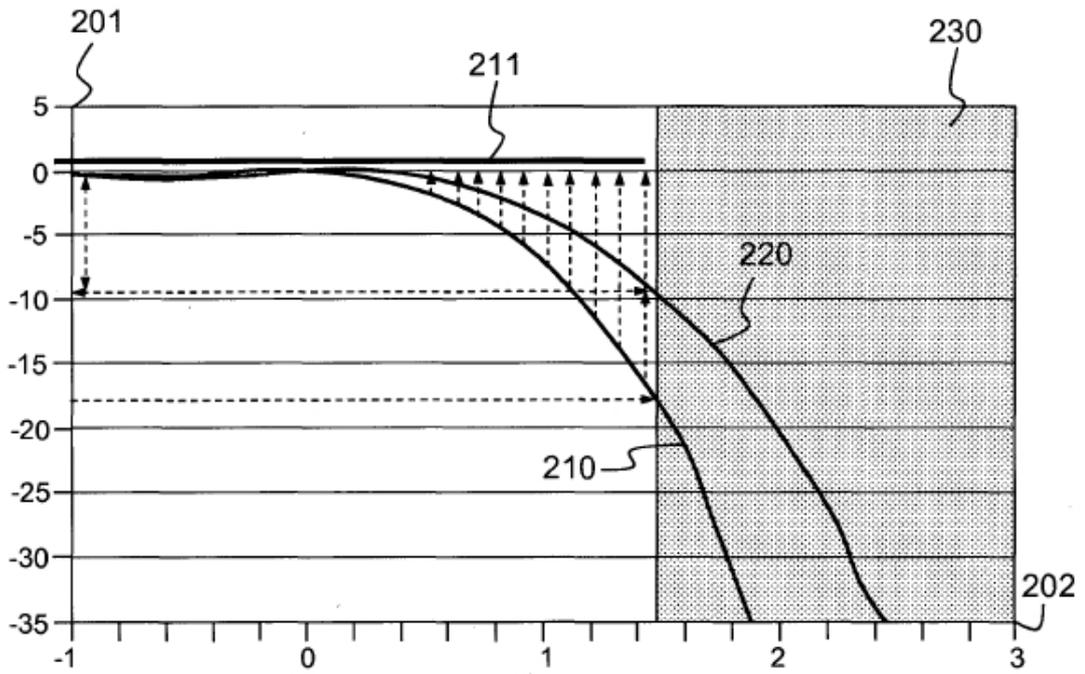
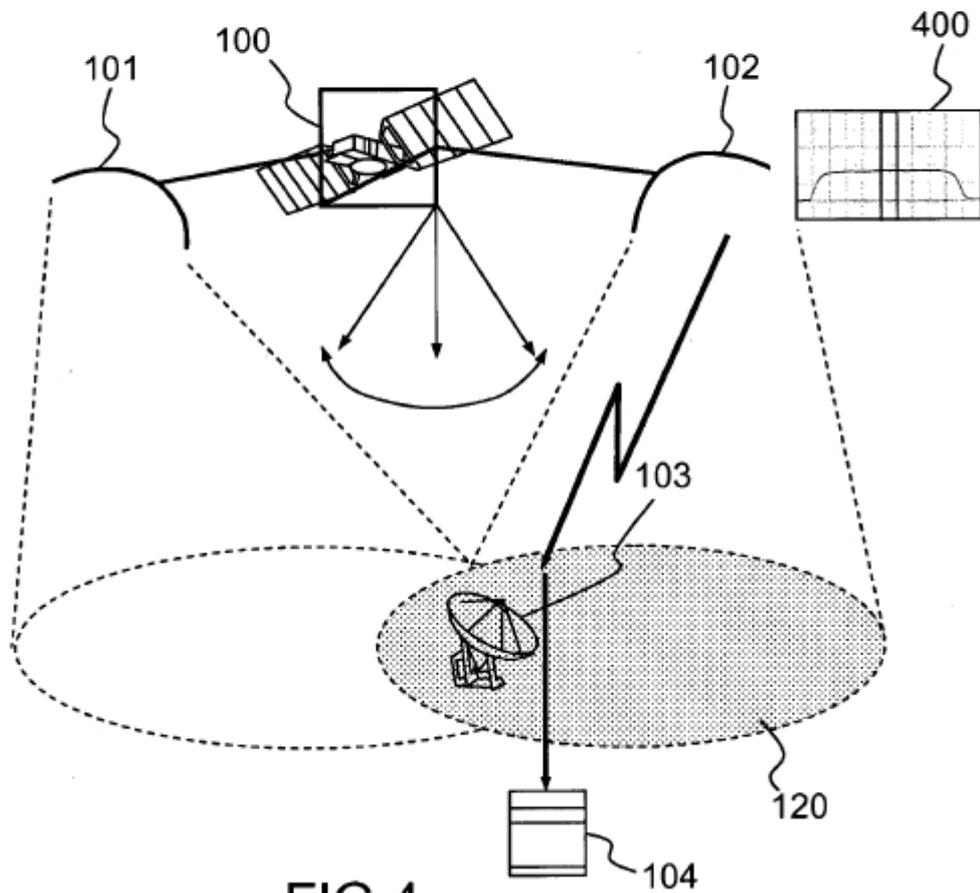
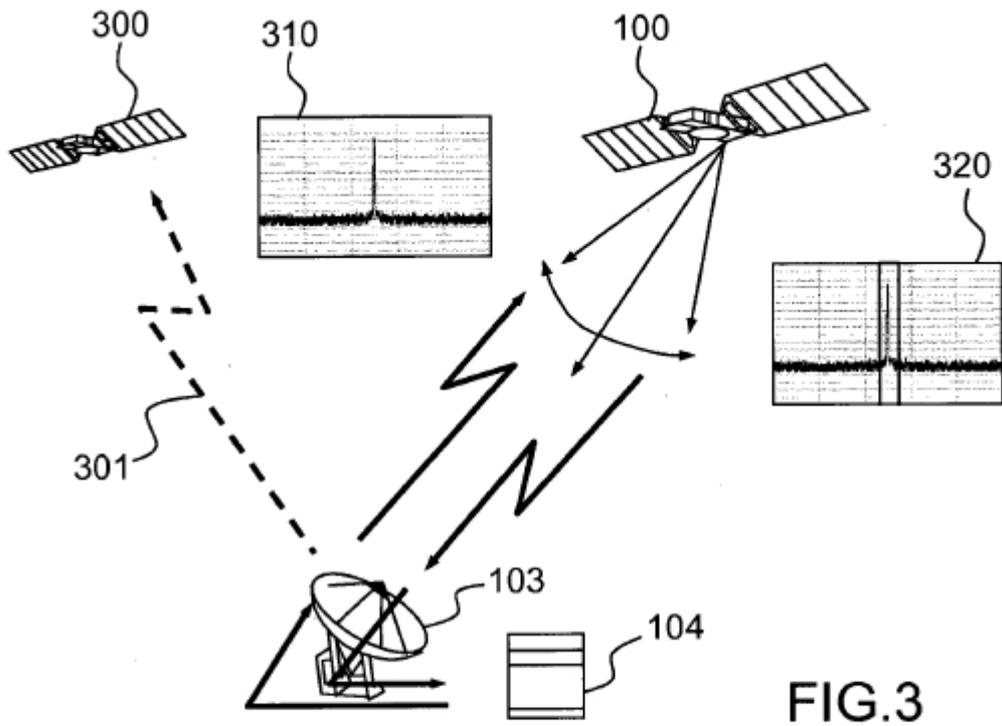


FIG. 2



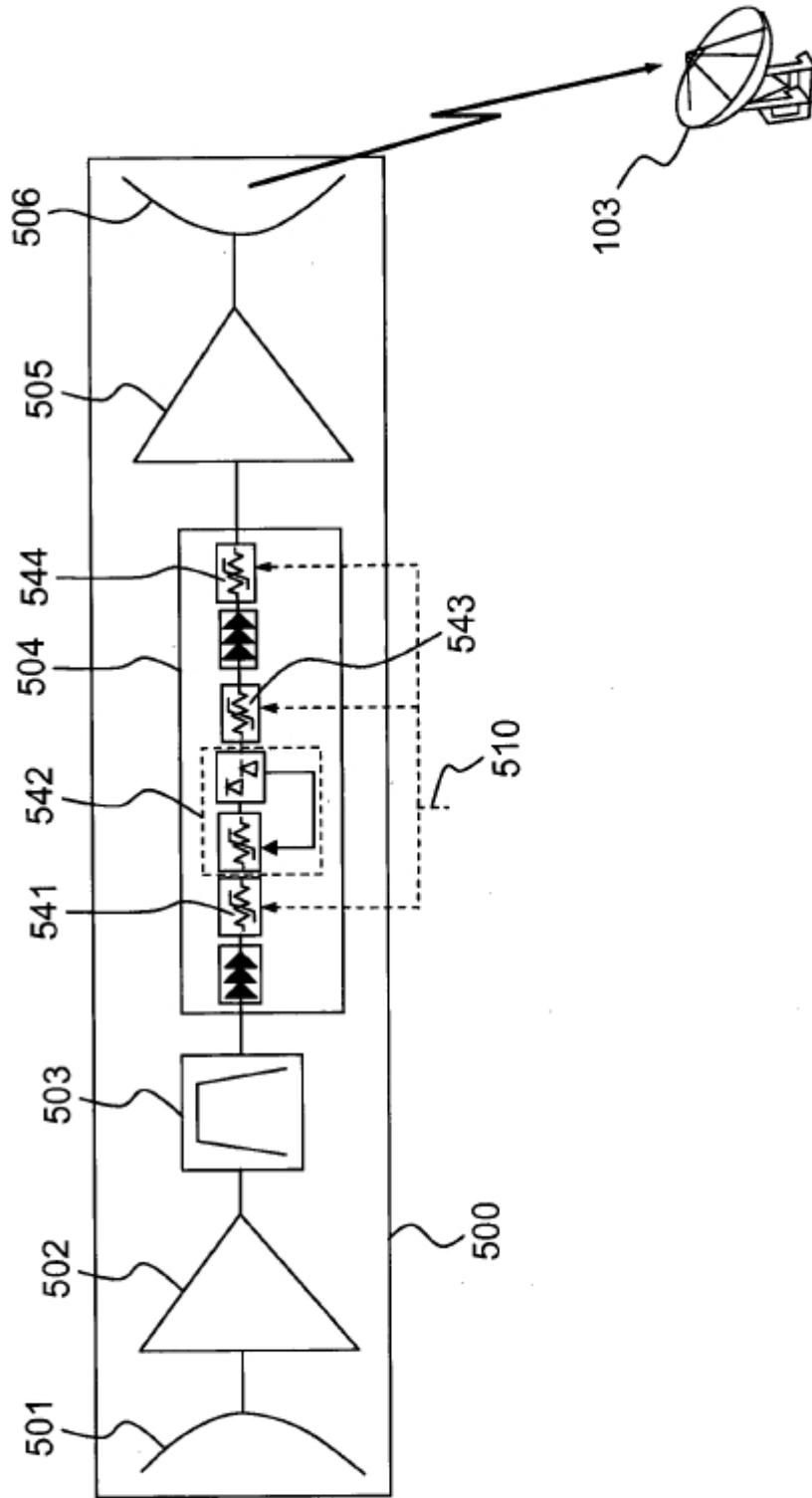


FIG. 5

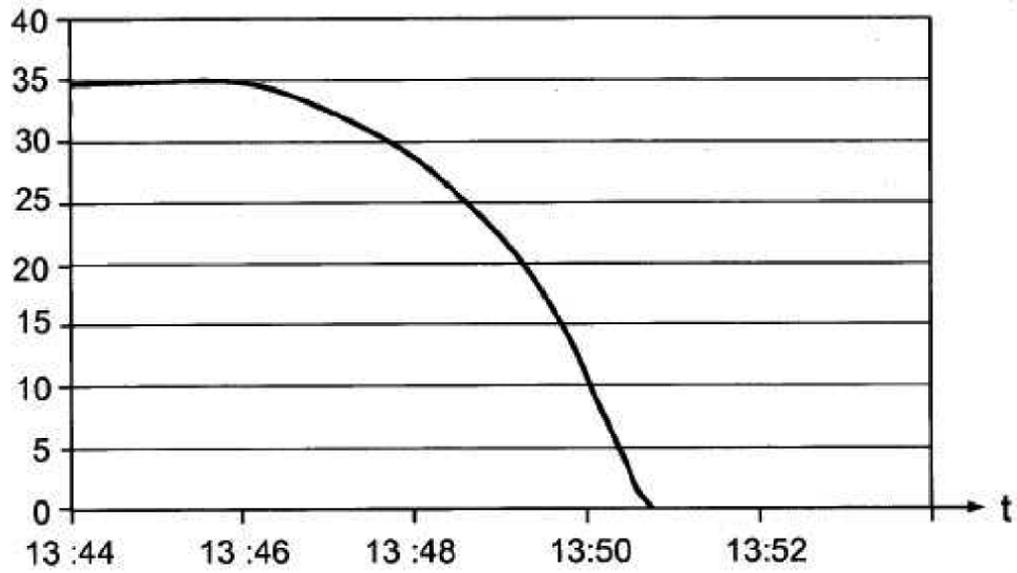


FIG.6a

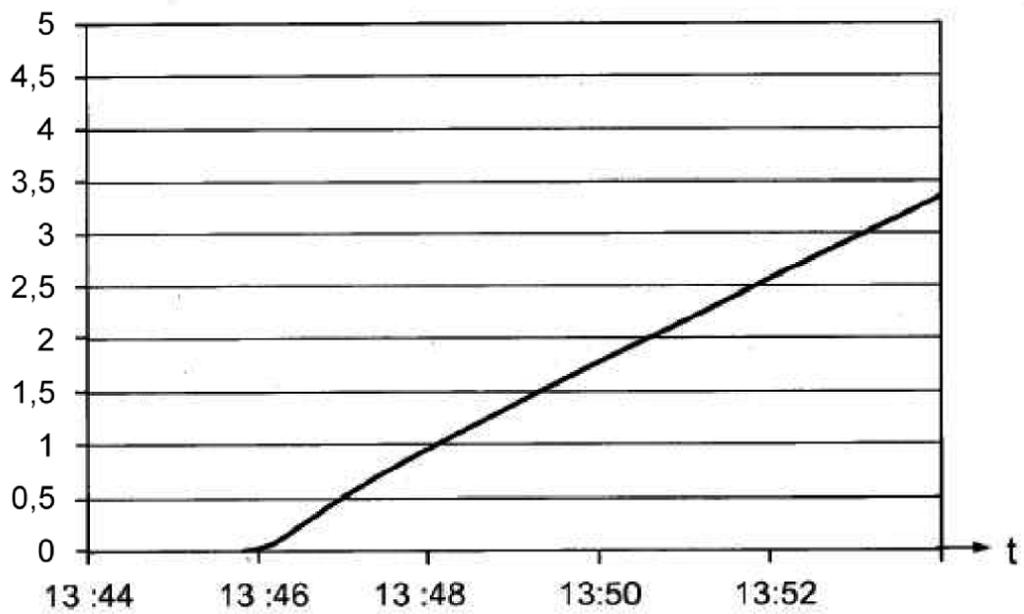


FIG.6b

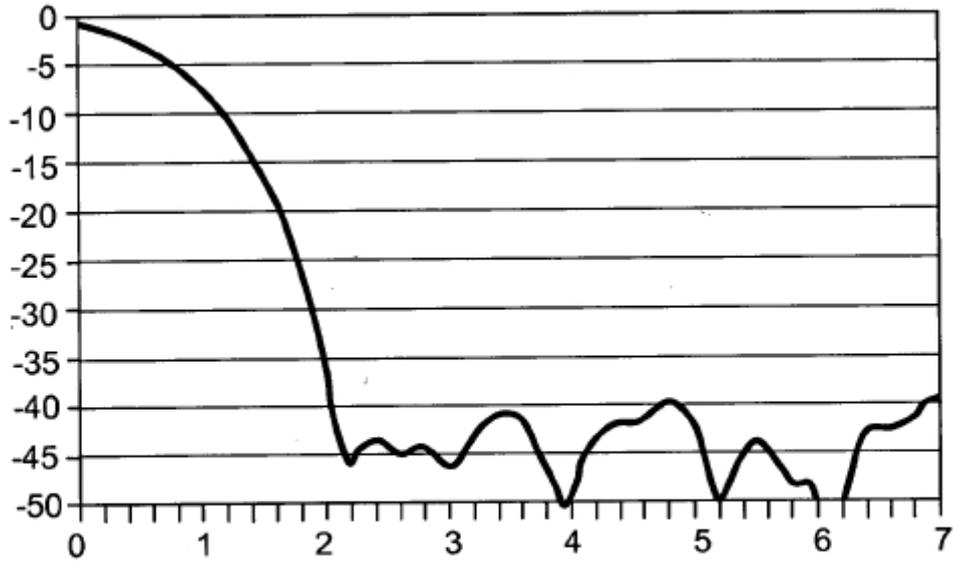


FIG.6c

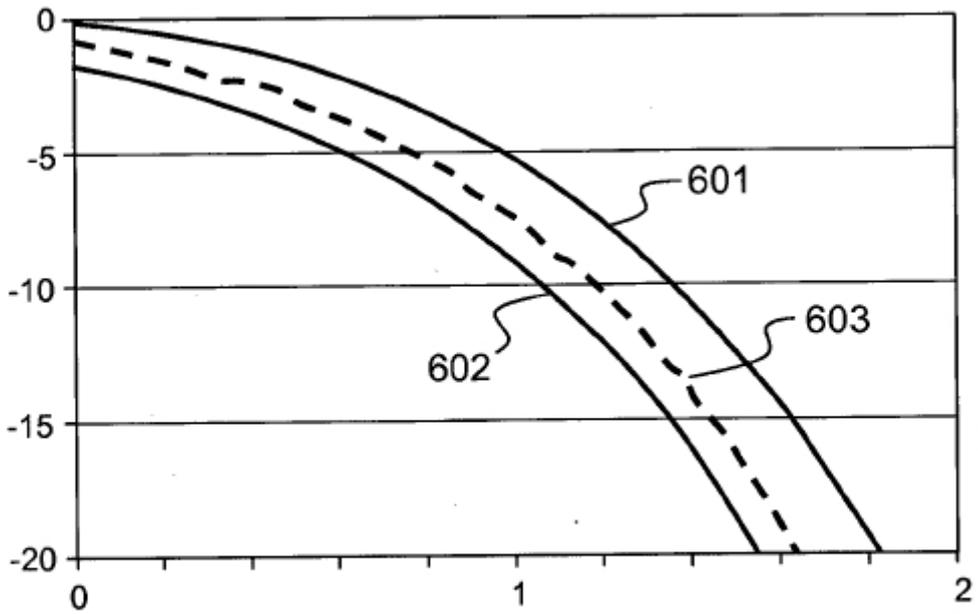


FIG.6d