

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 462 528**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 15/16 (2006.01)

H01Q 19/10 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

H01Q 3/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2009 E 09782644 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.03.2014 EP 2321871**

54 Título: **Reflector de antena**

30 Prioridad:

05.09.2008 EP 08163748

08.10.2008 US 247424

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

23.05.2014

73 Titular/es:

ASTRIUM LIMITED (100.0%)
Gunnels Wood Road
Stevenage, Hertfordshire SG1 2AS, GB

72 Inventor/es:

ROBSON, DAVID y
STIRLAND, SIMON JOHN

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PALMERO, Fe

ES 2 462 528 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

Reflector de antena

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a un reflector para una antena de reflector para producir un diagrama de radiación de campo lejano que tiene una intensidad de campo cercana a cero en una región predeterminada.

10 **Antecedentes de la invención**

La comunicación por satélite se ha vuelto una parte importante de nuestra infraestructura de telecomunicación global general. Se usan satélites para negocios, entretenimiento, educación, navegación, formación de imágenes y previsión meteorológica. A medida que confiamos cada vez más en la comunicación por satélite, se ha vuelto también más importante proteger la comunicación por satélite frente a interferencias y frente a la piratería. En la actualidad los operadores de satélites comerciales demandan antenas de satélite que proporcionen un rechazo de señales no deseadas o que minimicen la potencia de señal a receptores no deseados.

20 Especialmente, la comunicación por satélite puede degradarse o interrumpirse debido a señales interferentes. Algunas interferencias son accidentales y debidas a equipos de tierra defectuosos. Otras interferencias son intencionales y maliciosas. Dirigiendo una señal potente a un satélite, puede provocarse una interferencia intencionada en el satélite de modo que se impide que reciba y retransmita señales que estaba previsto que recibiera y retransmitiera.

25 Los problemas mencionados anteriormente pueden solucionarse creando un diagrama de radiación de recepción o transmisión con intensidad de campo cero o cercana a cero, también conocido como nulo, en dirección a la señal interferente o al receptor no deseado. Convencionalmente, una región de directividad cero o un nulo en un diagrama de radiación se produce mediante la suma de un diagrama principal que tiene una distribución de ganancia plana amplia y un haz de cancelación que es de la misma amplitud pero en antifase con respecto al haz principal en la ubicación requerida de intensidad de campo cero. Se conoce usar múltiples elementos de alimentación cuidadosamente combinados con la amplitud y fase relativas correctas para producir tal cancelación.

30 El documento US 5 913 151 da a conocer una técnica de síntesis apertura para crear nulos en el diagrama de radiación.

35 Actualmente, la mayoría de satélites comerciales usan antenas de reflector conformadas para proporcionar la cobertura regional deseada. La superficie del reflector en la antena de reflector puede modificarse durante el proceso de diseño usando software de síntesis de perfil de reflector para producir el diagrama de haz requerido. Un ejemplo de software de síntesis de perfil de reflector adecuado es POS de Ticsra. El software de síntesis de perfil de reflector del tipo usado en la sintetización de reflectores conformados para haces contorneados puede usarse también para generar un diagrama con intensidad de campo baja en una dirección predeterminada. El software de síntesis de perfil de reflector analiza numéricamente el campo lejano deseado para sugerir un perfil de superficie del reflector para crear el haz deseado. En la figura 1 se muestra un ejemplo de un perfil de superficie de un reflector convencional para producir un diagrama con intensidad de campo baja en una posición predeterminada. En la figura 40 2 se muestra un ejemplo de un diagrama de radiación de campo lejano generado por un reflector convencional para producir un diagrama con intensidad de campo baja en una posición predeterminada. Los algoritmos de mínimo/máximo empleados por el software de síntesis convencional para producir el perfil de superficie apropiado se basan en hacer cambios diferenciables suaves en la superficie y el campo resultante, cercano a cero, presenta el comportamiento cuadrático típico de un enfoque de haz de cancelación. Un problema con este enfoque es que los diagramas de cancelación cuadráticos son sensibles a errores de superficie aleatorios del reflector y a errores en el diagrama de alimentación como se muestra en las figuras 8b y 9b.

La invención tiene como objetivo mejorar la técnica anterior.

55 **Sumario de la invención**

La reivindicación 1 define la invención. Se proporciona un reflector para una antena de reflector para producir un diagrama de campo lejano que tiene intensidad de campo cercana a cero en una posición predeterminada, teniendo el reflector una superficie que comprende un perfil escalonado para generar la intensidad de campo cercana a cero.

60 El perfil escalonado puede comprender un escalón radial. El perfil escalonado puede comprender también un escalón en espiral. El perfil escalonado puede ser también un perfil escalonado suavizado que proporciona una aproximación adecuada al escalón discontinuo ideal.

65 La fase de dicho diagrama de campo lejano en la proximidad de la posición de la intensidad de campo cercana a cero puede aumentar progresivamente a lo largo de 360° con progresión angular a lo largo de 360° alrededor de la

posición y la amplitud de dicho diagrama de campo lejano en la proximidad de la posición puede variar de manera sustancialmente lineal alrededor dicha posición de intensidad de campo cercana a cero.

5 El reflector puede tener una forma parabólica y producir un haz puntual. El reflector puede estar conformado también para producir un haz contorneado. La intensidad de campo cercana a cero del diagrama de radiación de campo lejano puede ubicarse en o adyacente al haz contorneado.

Según la invención se proporciona también un conjunto de antena que comprende una alimentación y el reflector.

10 Por consiguiente, la invención proporciona una antena de reflector adecuada para rechazar señales no deseadas o minimizar la potencia de señal a receptores no deseados. El perfil escalonado produce una región profunda y aguda de intensidad de campo cercana a cero que es robusta en presencia de errores de diagrama de alimentación o superficie de reflector. La ubicación de la intensidad de campo cercana a cero puede orientarse posteriormente moviendo sólo el reflector. El conjunto de antena puede comprender un mecanismo de posicionamiento para orientar el reflector para reposicionar la ubicación de la directividad cercana a cero. La ubicación de la directividad cercana a 15 cero puede orientarse también ajustando la amplitud y fase de un haz de baja resolución adicional que cubre la misma región. Por consiguiente, el conjunto de antena puede comprender además una alimentación para producir un haz que cubre la misma región que la antena, pudiendo controlarse la alimentación para ajustar la amplitud y fase del haz para reposicionar la ubicación de la intensidad de campo cercana a cero.

20 Según la invención se proporciona también una carga útil de satélite que incorpora el conjunto de antena. La carga útil puede comprender además otros aparatos de comunicaciones tales como antenas adicionales, receptores y amplificadores de alta potencia.

25 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se describirán realizaciones de la invención, a modo de ejemplo, con referencia a las figuras 3 a 15 de los dibujos adjuntos, en los que:

30 la figura 1 muestra un reflector convencional para producir un diagrama de respuesta de campo lejano con intensidad de campo cercana a cero en una región predeterminada;

la figura 2 es una ilustración tridimensional de un diagrama de respuesta de campo lejano producido por un reflector convencional;

35 la figura 3 es un diagrama esquemático de un sistema de comunicación;

la figura 4 muestra un reflector según una realización de la invención;

40 la figura 5 es un diagrama de contorno del diagrama de respuesta de campo lejano del reflector de la figura 4;

la figura 6 es una ilustración tridimensional del diagrama de respuesta de campo lejano del reflector de la figura 4;

45 la figura 7 muestra un reflector según otra realización de la invención;

las figuras 8a y 8b ilustran el desplazamiento angular de la posición de directividad cercana a cero con errores de superficie en un reflector con una estructura radialmente escalonada (a) y un reflector convencional (b);

50 las figuras 9a y 9b ilustran la variación en la directividad de la directividad cercana a cero con errores de superficie en un reflector con una estructura radialmente escalonada (a) y un reflector convencional (b);

la figura 10 ilustra la sensibilidad a la frecuencia del reflector con una estructura radialmente escalonada y un reflector convencional;

55 la figura 11 muestra un reflector según aún otra realización de la invención;

la figura 12 ilustra la sensibilidad a la frecuencia del reflector de la figura 11;

60 la figura 13 muestra un reflector según aún otra realización de la invención;

la figura 14 es un diagrama de contorno del diagrama de respuesta de campo lejano del reflector de la figura 13;

la figura 15 es un diagrama esquemático de un conjunto de antena de un sistema de comunicación.

65 **Descripción detallada**

Con respecto a la figura 3, una carga 1 útil de satélite comprende un sistema de comunicación que comprende una antena 2 de recepción y una antena 3 de transmisión. La antena de recepción comprende un reflector 4 montado de manera que puede moverse en un bastidor 5, una alimentación 6 para recibir la radiación reflejada desde el reflector 4 y un módulo 7 de posicionamiento para hacer rotar el reflector 4. De manera similar, la antena 3 de transmisión comprende un reflector 8 rotatorio montado en un bastidor 9, una alimentación 10 para generar un haz de radiación electromagnética para su reflexión desde el reflector 4 y un módulo 11 de posicionamiento para hacer rotar el reflector 4. La carga útil de satélite comprende también una unidad 12 de procesamiento de señal de recepción para demodular la señal recibida, un controlador 13 para procesar los datos y controlar los módulos de posicionamiento, una unidad 14 de procesamiento de señal de transmisión para modular las señales que van a transmitirse y una memoria 15 para almacenar datos e instrucciones para controlar los reflectores y las alimentaciones. Opcionalmente, el controlador 13 puede estar ubicado remotamente (por ejemplo en tierra). Las unidades 12, 14 de procesamiento de señal de recepción y de transmisión comprenden amplificadores y filtros adecuados, tal como entenderá el experto en la técnica.

A continuación se describirá la disposición 3 de antena de transmisión más detalladamente. Debe entenderse que muchas de las características de la disposición de antena de transmisión se aplican también a la disposición 2 de antena de recepción.

Cuando se aplica excitación a la alimentación 10, se transmite energía electromagnética desde la misma al reflector 4, lo que hace que el reflector refleje un haz. La energía reflejada se propaga a través de una región espacial. El diagrama de radiación de antena de reflector está determinado por el diagrama de radiación de la antena de alimentación y la forma del reflector. A grandes distancias, el diagrama de radiación de antena de reflector es aproximadamente la transformada de Fourier de la distribución de plano de apertura.

La forma del reflector 4 de la figura 3 se muestra más detalladamente en la figura 4. El reflector tiene una forma parabólica con un escalón radial para definir una singularidad de fase en el diagrama de campo de apertura del reflector. Considerando una analogía con la óptica, el reflector puede conformarse de tal modo que la profundidad a lo largo del lugar geométrico de todos los puntos a una distancia constante del centro del reflector aumenta progresivamente para crear una variación de una longitud de onda en la longitud de la trayectoria óptica alrededor de la apertura de antena. El reflector produce un diagrama de radiación de campo lejano en forma de un haz puntual con una intensidad de campo cercana a cero en una región predeterminada. La intensidad de campo es exactamente cero en algún punto a cualquier frecuencia. En un ángulo sólido diferente de cero y/o un ancho de banda diferente de cero, la intensidad de campo será sólo cercana a cero. El desplazamiento del reflector es proporcional a la parte imaginaria del logaritmo de la amplitud compleja y el escalón de reflector radial es una realización concreta de un corte de ramificación en el plano complejo.

La alimentación 10 puede ser una bocina ondulada idealizada ubicada en el punto focal del reflector. La alimentación puede transmitir una señal polarizada circularmente hacia la izquierda (LHCP) que genera una señal polarizada circularmente hacia la derecha (RHCP) desde el reflector 8. La alimentación normalmente produce una señal con una frecuencia de 30 GHz.

El reflector mostrado en la figura 4 tiene un diámetro de 1 m, una longitud focal de 1 m y una excentricidad de 0,5 m. La altura del escalón se elige para producir una variación deseada en la longitud de la trayectoria óptica en la apertura. La altura debe ser aproximadamente la mitad de la longitud de onda de la radiación. Se requiere ligeramente más que la mitad de la longitud de onda porque la delta de longitud de trayectoria es aproximadamente igual a $dz(1+\cos(\zeta))$, donde ζ es el ángulo de reflexión total y dz es el movimiento de superficie paralelo a la dirección del rayo reflejado. Por tanto, el reflector de la figura 4 necesitaría una altura de aproximadamente 6 mm para producir la variación deseada en longitud de trayectoria óptica en la apertura para una señal con una frecuencia de 30 GHz.

El experto observará que aunque se ha descrito una realización de la invención para una alimentación polarizada de manera particular para producir una señal con una frecuencia particular, puede usarse cualquier polarización y frecuencia adecuadas.

Con referencia a las figuras 5 y 6, el diagrama de radiación de campo lejano producido por el reflector tiene amplitud cero en una posición predeterminada correspondiente al centro del haz puntual. La amplitud del diagrama de respuesta de campo lejano en la proximidad de la posición varía sustancialmente de manera lineal alrededor de dicha posición. La fase de dicho diagrama de respuesta de campo lejano en la proximidad de dicha posición aumenta progresivamente a lo largo de 360 grados con progresión angular a lo largo de 360 grados alrededor de la posición. En la figura 5 se muestran los contornos a 40, 30, 20, 10 y 0 dBi. La amplitud máxima es del orden de 40 dBi.

Un receptor ubicado en tierra en la posición de la intensidad de campo cercana a cero no podrá captar una señal procedente del satélite. Por consiguiente, la intensidad de campo cercana a cero puede usarse para impedir que receptores no deseados reciban señales procedentes del satélite.

Aunque el reflector de las figuras 4, 5 y 6 se ha descrito con respecto a una antena 3 de transmisión, puede usarse también en la antena 2 de recepción y el diagrama de recepción de la antena de recepción que tiene un reflector según se describe con respecto a la figura 4 sería idéntico al diagrama de radiación de campo lejano de la antena de transmisión, según el teorema de reciprocidad.

En una antena de recepción, la directividad mínima puede usarse para evitar una señal de interferencia intencionada. Una señal de interferencia intencionada es una señal de alta potencia dirigida a la antena de satélite para que la antena de satélite deje de recibir y procesar las señales destinadas a la antena. Cuando se determina la ubicación de la fuente de la señal de interferencia intencionada, el módulo 7 de posicionamiento puede usarse para ajustar la posición del reflector de tal modo que la región de directividad cercana a cero se dirija a la fuente de la señal de interferencia intencionada. Eso significa, obviamente, que todo el haz puntual se desplaza. Sin embargo, sin la región de directividad cero, el satélite no podría recibir ninguna señal en absoluto. Como consecuencia de la rotación del reflector 4, el reflector no podrá recibir señales en todos sus enlaces ascendentes previstos pero aún estará operativo para la mayoría de sus enlaces ascendentes previstos.

Con referencia a la figura 7, el escalón no tiene que ser agudo para producir el nulo requerido. Por el contrario, el escalón puede ser una versión suavizada de un escalón discontinuo matemático, tal como se muestra en la figura 7. El escalón suave no tiene esquinas o bordes agudos. En una realización, la singularidad se suaviza mediante convolución con una función de Bessel. La forma suave no tiene un efecto significativo sobre el rendimiento de creación de nulos pero hace que el reflector sea más fácil de fabricar.

La región de intensidad de campo cercana a cero producida por las estructuras escalonadas es robusta frente a errores porque la pendiente de ganancia cercana a la región de intensidad de campo cero es alta. El mismo nivel de potencia interferente movería la región de intensidad de campo mínima producida por una estructura escalonada una distancia proporcionalmente menor de lo que haría la región de intensidad de campo mínima producida por un reflector convencional. Asimismo, debido a la naturaleza matemática del nulo, una señal interferente pequeña, aunque moverá la ubicación precisa del nulo, no provocará un relleno de nulos y, por tanto, no degradará la profundidad de nulos. Esto contrasta con la situación con creación de nulos convencional, tal como muestran las figuras 9a y 9b. Errores típicos incluyen errores de superficie aleatorios en el reflector y errores en el diagrama de haz de la alimentación para la que está diseñado el reflector.

Con referencia a las figuras 8a y 8b, las gráficas muestran la variación en las ubicaciones de la directividad mínima para 1000 antenas de reflector con errores de superficie aleatorios de media cuadrática (RMS) fija de 0,1 mm y periodo de rizado mínimo filtrado a 0,2 m. La figura 8a muestra los resultados para un reflector con una estructura radialmente escalonada, del tipo descrito con respecto a las figuras 4, 5 y 6, para producir la posición de directividad cero y la figura 8b muestra los resultados para un reflector convencional del tipo descrito con respecto a las figuras 1 y 2. Las gráficas se han generado usando análisis de Monte Carlo. Los perfiles de error aleatorio se han producido generando valores aleatorios en una cuadrícula fina, filtrando mediante transformada discreta de Fourier (DFT) y ajustando a escala para la RMS correcta. Resulta evidente a partir de las figuras 8a y 8b que el desplazamiento de la ubicación de la directividad mínima de su posición prevista en $x=0$ grados e $y=0$ grados es menor para el reflector con una estructura escalonada que para el reflector convencional. Mientras que la posición del nulo varía entre -0,02 grados y 0,02 grados con la estructura escalonada, la posición del nulo producido por un reflector convencional varía entre -0,1 y 0,1 grados.

Con referencia a las figuras 9a y 9b, las gráficas muestran la variación en la profundidad de la directividad mínima para 1000 antenas de reflector con errores de superficie aleatorios de RMS fija de 0,1 mm y periodo de rizado mínimo filtrado a 0,2 m. La figura 9a muestra los resultados para un reflector con una estructura escalonada del tipo descrito con respecto a las figuras 4, 5 y 6 y la figura 9b muestra los resultados para un reflector convencional del tipo descrito con respecto a las figuras 1 y 2. Las gráficas se han generado usando análisis de Monte Carlo. Los perfiles de error aleatorio se han producido generando valores aleatorios en una cuadrícula fina, filtrando mediante DFT y ajustando a escala para la RMS correcta. Resulta evidente a partir de las figuras 9a y 9b que la profundidad del nulo creado usando una estructura radialmente escalonada no es tan sensible a errores como el nulo creado usando un reflector convencional. Mientras que, algunas veces, errores de superficie aleatorios en el reflector convencional provocan un relleno de nulos (hasta aproximadamente 20 dBi en la gráfica de la figura 9b), errores de superficie aleatorios en el reflector con una estructura radialmente escalonada no afectan significativamente a la profundidad del nulo. En la figura 9b, algunas veces los errores de superficie aumentan la directividad del nulo de tal modo que el nulo es inutilizable en la práctica. Por consiguiente, el diagrama producido por el reflector con una estructura radialmente escalonada es más robusto frente a errores de superficie que el diagrama producido por el reflector convencional.

En las figuras 9a y 9b, la directividad en la posición de directividad mínima está entre aproximadamente -60 dBi y -100 dBi. La razón para esta variación es la falta de precisión adicional en el programa usado para realizar la simulación y encontrar la ubicación de directividad mínima. La pendiente de ganancia en el nulo es tan alta que cuando la rutina de búsqueda de ubicación termina, la distancia desde el nulo real es suficiente para elevar la directividad a aproximadamente entre -60 dBi y -100 dBi. En la aproximación aplicada en el sistema, el nulo real es infinitamente profundo.

En la disposición de reflector del sistema de comunicación de la figura 3, el desplazamiento en la ubicación de la directividad mínima puede compensarse haciendo rotar el reflector ligeramente usando los módulos 7, 11 de posicionamiento. Si la ubicación de directividad mínima se ha desplazado 0,02 grados por errores aleatorios, la ubicación prevista puede restablecerse haciendo rotar el reflector 0,02 grados para reposicionar el punto de directividad mínima. Usando el ejemplo de una señal de interferencia intencionada, una señal de interferencia intencionada en el sistema de comunicación de la figura 3 puede dar como resultado una potencia recibida de al menos 100 veces la potencia recibida prevista. El reflector puede hacerse rotar usando el módulo 7 de posicionamiento hasta que la potencia recibida se reduzca a su nivel normal. El operador de satélite sabe que, cuando la potencia recibida se reduce, la región de directividad cero se dirige a la fuente de la señal de interferencia intencionada. En otras palabras, la posición de directividad cero puede modificarse mediante la orientación del reflector para minimizar la potencia recibida e impedir así que la antena experimente interferencia intencionada. La orientación se controla mediante un controlador 13 que puede estar ubicado en el satélite o en tierra.

La directividad cero es también robusta frente a variaciones en el diagrama de radiación de la alimentación debido a, por ejemplo, variaciones de fabricación en cuanto a las dimensiones, idealizaciones en el software de modelado o expansión térmica. Si una fuente de interferencia transmitiera señales incoherentes en ambas polarizaciones, el factor limitante es el rendimiento de polarización cruzada de la antena. En este caso pueden aplicarse maneras tradicionales de mejorar el rendimiento de polarización cruzada de un reflector excéntrico no conformado para reducir este efecto. Por ejemplo mediante el uso de una alimentación diseñada para eliminar la polarización cruzada producida desde el reflector principal mediante síntesis de alimentación directa o mediante el uso de uno o más reflectores secundarios para crear una alimentación imagen en el foco de reflector principal.

Con referencia a la figura 10 se muestra el desplazamiento angular de la ubicación de la directividad mínima para un reflector radialmente escalonado y un reflector conformado para producir un haz de cancelación según el método convencional para una frecuencia de entre 27 GHz y 30 GHz. Resulta evidente que, al menos en una dirección, el reflector con una estructura escalonada es menos sensible a variaciones de frecuencia. Sin embargo, en la otra dirección, la ubicación de la directividad mínima para una señal de 27 GHz está a 0,06 grados de la ubicación de la directividad mínima para una señal de 30 GHz. Se ha encontrado que la sensibilidad a variaciones de frecuencia puede reducirse adicionalmente modificando la estructura escalonada tal como se muestra en la figura 11.

Con referencia a la figura 11 se muestra otra realización del reflector en la que la estructura escalonada para producir la directividad cercana a cero es un escalón en espiral. El desplazamiento entre 27 GHz y 30 GHz se reduce con el corte en espiral tal como se muestra en la figura 12. La ubicación de la directividad mínima para una señal de 27 GHz está a 0,015 grados de la ubicación de la directividad mínima para una señal de 30 GHz. Por tanto, se ha reducido la sensibilidad a la frecuencia en un factor de aproximadamente 2. Los puntos en la gráfica están separados 250 MHz. Resulta evidente que cuanto más próxima esté la frecuencia de la señal a 30 GHz, menos sensible será la directividad cero a errores en la frecuencia. Debe observarse que una espiral es sólo un ejemplo de una configuración diferente del escalón y que muchas otras configuraciones del escalón son posibles. Se elegirá una configuración particular de un escalón teniendo en cuenta la aplicación para el reflector y la sensibilidad frente a errores aceptable.

En otras realizaciones del reflector, el reflector puede conformarse para producir un haz contorneado pero aún tiene una región de directividad cero o cercana a cero. El reflector se produce conformando en primer lugar el reflector para producir el haz contorneado deseado sin ningún nulo. El reflector puede conformarse con software de síntesis de perfil de reflector que aplica numéricamente la transformada de Fourier a un diagrama de radiación de campo lejano deseado para determinar la forma del reflector requerida para producir el diagrama de radiación de campo lejano. Por ejemplo, el reflector puede conformarse para producir un haz que cubre una zona cuadrada. El nulo se inserta entonces en el diagrama mediante la multiplicación del campo lejano mediante la función de fase apropiada, y un campo de apertura aproximado generado por la transformada de Fourier. Esto produce un campo de apertura mayor que el reflector de modo que es necesario un truncamiento. La forma del campo lejano puede optimizarse de nuevo luego volviendo a ejecutar la síntesis de perfil de reflector, permitiendo sólo cambios suaves con respecto a la versión inicial. Dado que el nulo es robusto frente a errores de superficie, la nueva optimización no afecta significativamente al nulo. La ubicación de la directividad cero puede estar descentrada o adyacente al haz contorneado.

Con referencia a la figura 13 se muestra un reflector conformado que produce un diagrama de haz aproximadamente cuadrado con un nulo insertado adyacente al diagrama de haz cuadrado. El nulo se inserta a 0,2 grados del lado del cuadrado. En la figura 13 puede verse un escalón pequeño al otro lado del reflector. Este escalón puede eliminarse mediante suavizado. El contorno del diagrama de haz se muestra en la figura 14. Se muestran los contornos a 37, 35 y 30 dBi.

Con referencia a la figura 15, el sistema de comunicación puede comprender, además de o como alternativa al mecanismo para hacer rotar el reflector, un radiador 16 adicional ubicado cerca de la alimentación 10 principal en la antena para generar un diagrama de radiación que desplaza la ubicación de la directividad cero una cantidad igual a la cantidad que se desplazó por, por ejemplo, errores de superficie. El radiador 16 está posicionado de tal modo que

apunta directamente hacia el campo lejano y puede diseñarse para generar un haz que cubre sustancialmente la misma región que el haz reflejado por el reflector. En algunas realizaciones, el radiador 16 adicional puede ser una alimentación adicional tal como se muestra en la figura 15. El radiador 16 adicional puede usarse para reposicionar la región de intensidad de campo cercana a cero. El controlador 13 puede usarse para controlar el radiador 16 adicional para emitir un diagrama de radiación adecuado para modificar el diagrama de radiación del reflector usando un algoritmo de minimización de potencia simple. Puede crearse un diagrama de radiación adecuado ajustando la amplitud y fase del radiador. El radiador 16 adicional puede ser una bocina de ganancia baja simple. El radiador 16 adicional puede usarse también para corregir variaciones de frecuencia en la alimentación controlando el radiador para producir un diagrama que presente el grado correcto de sensibilidad a la frecuencia. El grado correcto de sensibilidad a la frecuencia puede producirse introduciendo amplitudes y fases adaptativas adicionales.

Pese a que se han descrito ejemplos específicos de la invención, el alcance de la invención se define mediante las reivindicaciones adjuntas y no se limita a los ejemplos. Por tanto, la invención puede implementarse de otros modos, tal como apreciarán los expertos en la técnica.

Por ejemplo, aunque la invención se ha descrito con respecto a un sistema de comunicación por satélite, debe entenderse que la invención puede aplicarse a cualquier sistema de comunicación que use una antena de reflector. Además, aunque cada reflector se ha descrito para producir sólo un nulo, debe entenderse que pueden producirse nullos adicionales en el haz produciendo escalones adicionales en el perfil del reflector. Los escalones no serán necesariamente cortes rectos sino que pueden combinarse y reforzarse entre sí.

Además, el reflector no tiene que tener una forma parabólica. La invención puede usarse también con, por ejemplo, reflectores secundarios de placa plana o cualquier otro tipo de reflector adecuado. Debe entenderse también que la técnica para producir el nulo puede lograrse en un sistema de reflector doble u otros sistemas de múltiples reflectores. La invención puede implementarse, por ejemplo, en un sistema de reflector gregoriano o de Cassegrain. Los escalones para crear la directividad cero pueden crearse tanto en el reflector principal como en el reflector secundario. La invención puede aplicarse también a antenas de rejilla doble.

Además, la invención según se describe puede realizarse con un reflector hecho de un material que puede volver a conformar la superficie dinámicamente o como instancia irreversible única *in situ* usando una red de puntos de control empleando actuadores mecánicos, piezoeléctricos, electrostáticos o térmicos. Una realización de ejemplo es una malla controlada mediante un conjunto de amarres cargados por resorte con actuadores mecánicos.

REIVINDICACIONES

1. Disposición (2, 3) de antena de satélite para un sistema de comunicación por satélite, que comprende:
 - 5 un reflector (4, 8) configurado para producir un diagrama de campo lejano con intensidad de campo cercana a cero en una ubicación predeterminada para rechazar señales no deseadas de dicha ubicación predeterminada o minimizar la potencia de señal transmitida a dicha ubicación predeterminada, teniendo el reflector una superficie que comprende un perfil escalonado dispuesto para generar la intensidad de campo
 - 10 caracterizada porque la superficie del reflector comprende un escalón que se extiende desde un borde del reflector hasta el centro del reflector.
 - 15 2. Disposición de antena de satélite según la reivindicación 1, en la que el reflector (4, 8) está conformado para producir un haz contorneado.
 3. Disposición de antena de satélite según la reivindicación 2, en la que la ubicación de intensidad de campo cercana a cero está ubicada adyacente al haz contorneado o descentrada con respecto al haz contorneado.
 - 20 4. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una alimentación (6, 10) configurada para recibir radiación desde dicho reflector (4, 8) o transmitir radiación hacia el reflector (4, 8).
 - 25 5. Disposición de antena de satélite según la reivindicación 4, en la que el perfil escalonado está configurado para generar una región de intensidad de campo cercana a cero en el haz principal de la radiación reflejada por el reflector.
 - 30 6. Disposición de antena de satélite según la reivindicación 5, que comprende además un radiador (16) configurado para generar un diagrama de radiación para reposicionar la ubicación de directividad cercana a cero.
 - 35 7. Disposición de antena de satélite según la reivindicación 6, en la que la alimentación (6, 10) configurada para recibir radiación desde dicho reflector o transmitir radiación hacia el reflector comprende una primera alimentación y dicho radiador (16) comprende una segunda alimentación posicionada para apuntar directamente hacia el campo lejano y configurada para producir un haz que cubre sustancialmente la misma región que un haz reflejado por el reflector, pudiendo controlarse la segunda alimentación para ajustar la amplitud y fase del haz de la segunda alimentación para reposicionar la ubicación de intensidad de campo cercana a cero.
 - 40 8. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además un mecanismo (7, 11) de posicionamiento configurado para orientar el reflector para reposicionar la ubicación de intensidad de campo cercana a cero.
 - 45 9. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el perfil escalonado comprende un escalón radial.
 10. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que el perfil escalonado comprende un escalón en espiral.
 - 50 11. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el perfil escalonado define una singularidad de fase en el diagrama de campo de apertura de la antena.
 - 55 12. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el perfil escalonado comprende un perfil escalonado suave sin esquinas o bordes agudos.
 - 60 13. Disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la fase de dicho diagrama de campo lejano en la proximidad de la posición de la intensidad de campo cercana a cero aumenta progresivamente a lo largo de 360° con progresión angular a lo largo de 360° alrededor de la posición y la amplitud de dicho diagrama de campo lejano en la proximidad de la posición varía de manera sustancialmente lineal alrededor de dicha posición de intensidad de campo cercana a cero.
 14. Carga (1) útil de satélite que comprende la disposición de antena de satélite según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

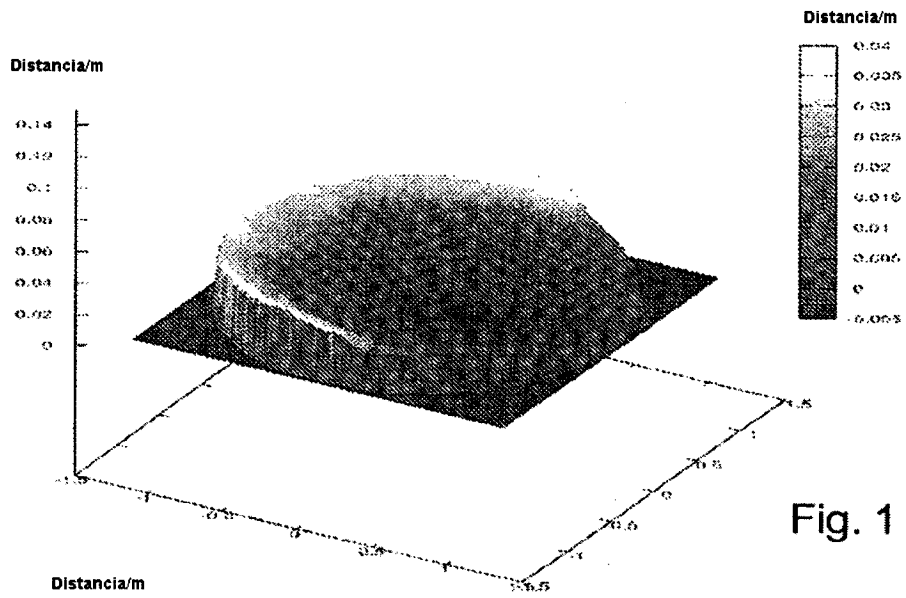


Fig. 1

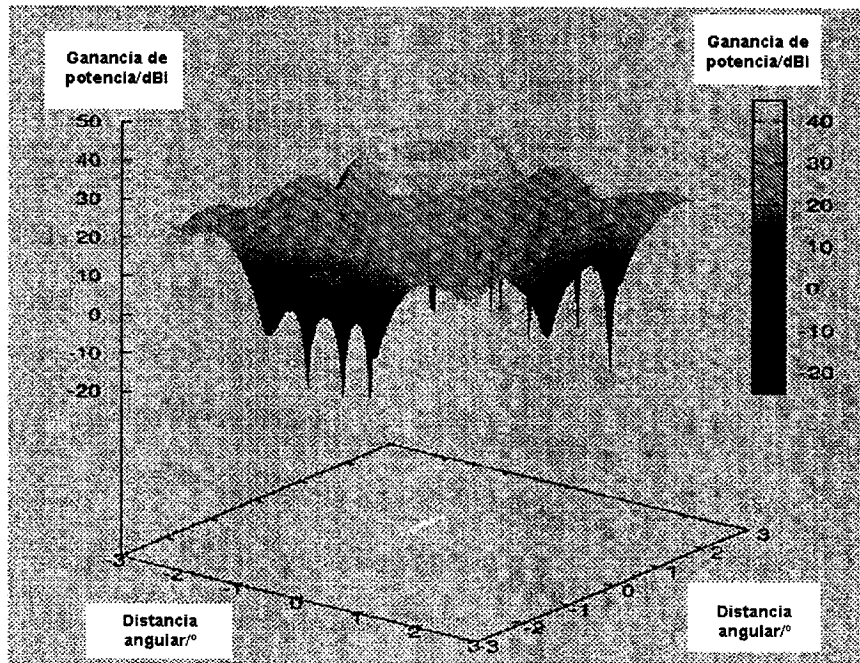


Fig. 2

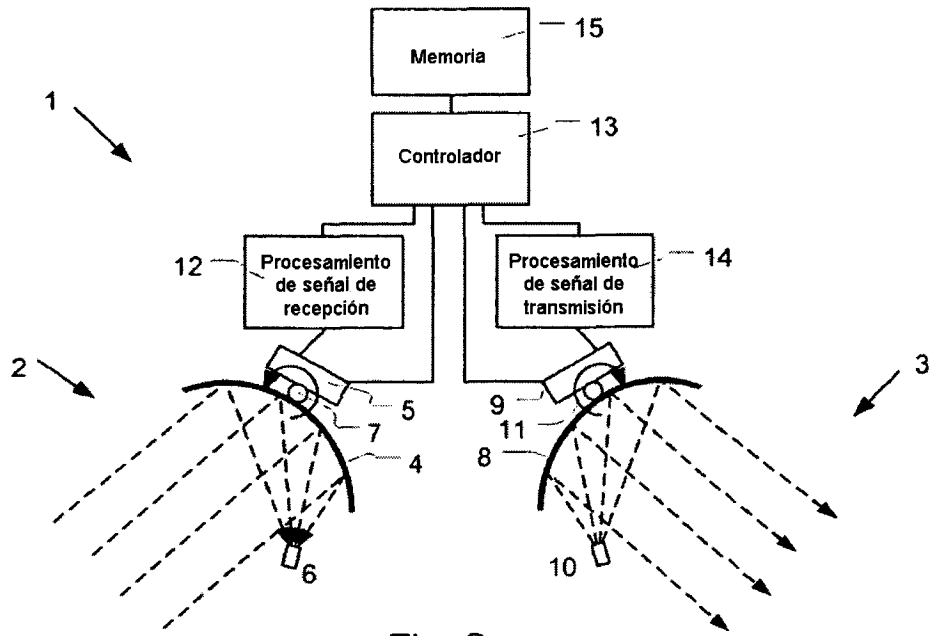


Fig. 3

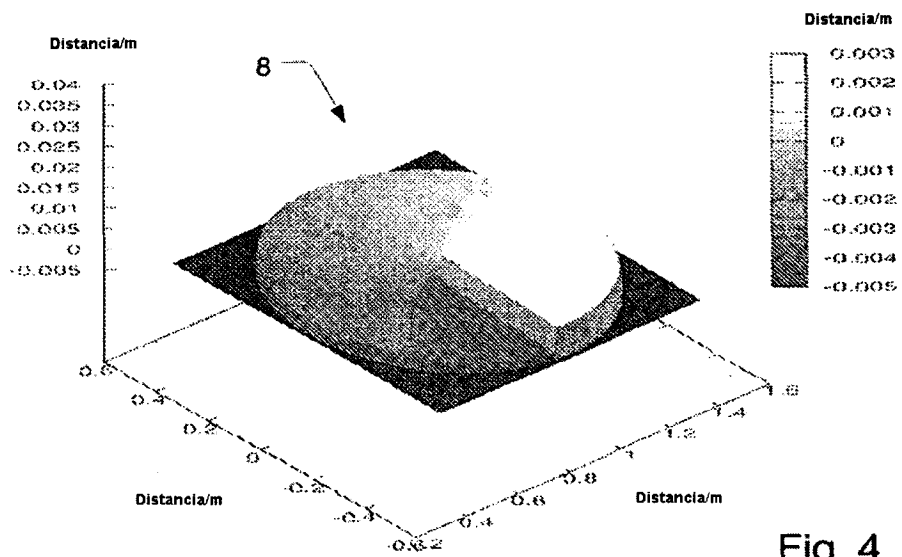


Fig. 4

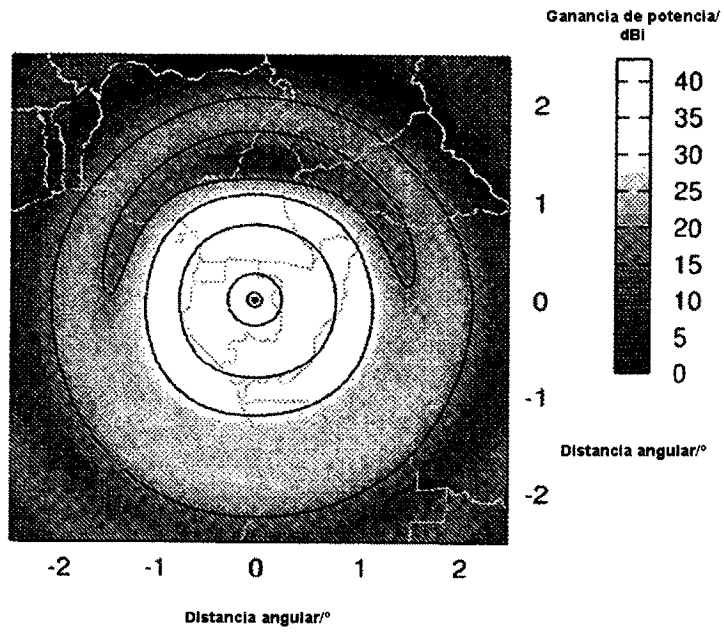


Fig. 5

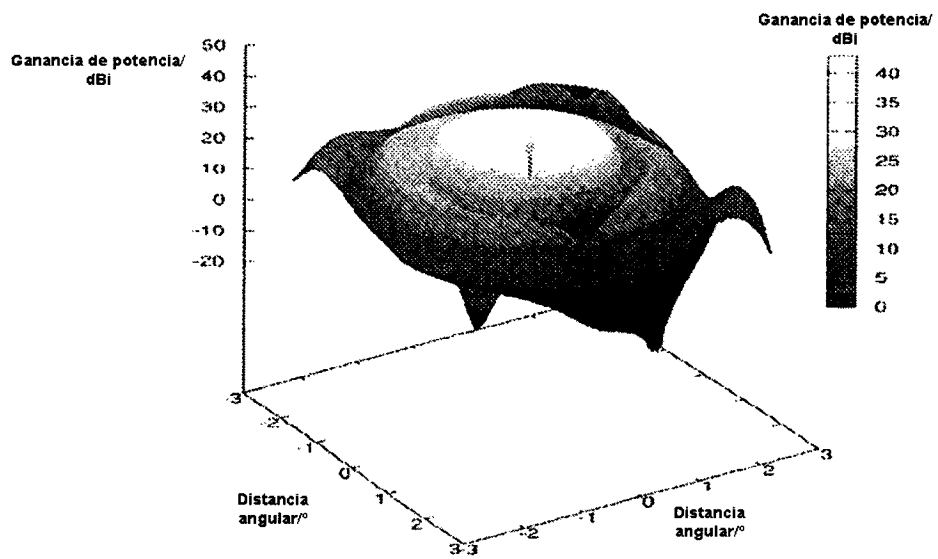


Fig. 6

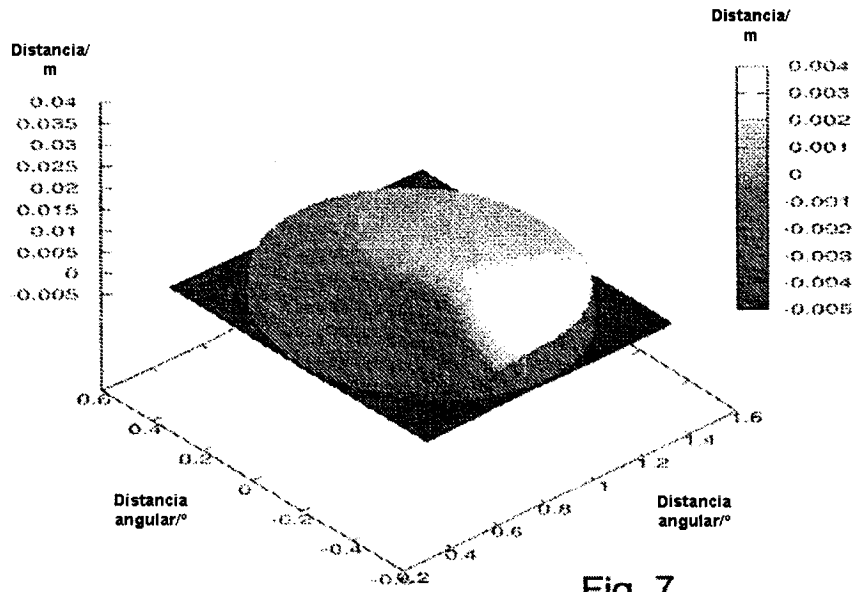


Fig. 7

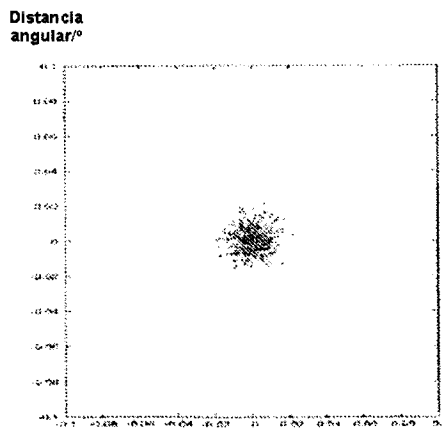


Fig. 8a

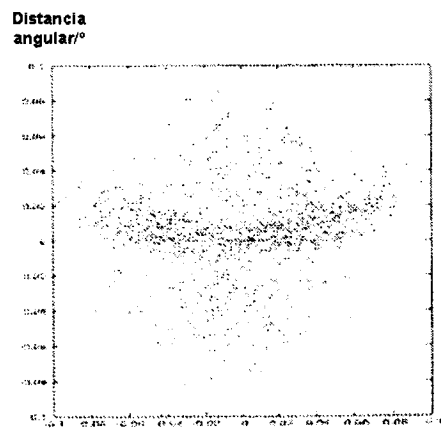


Fig. 8b

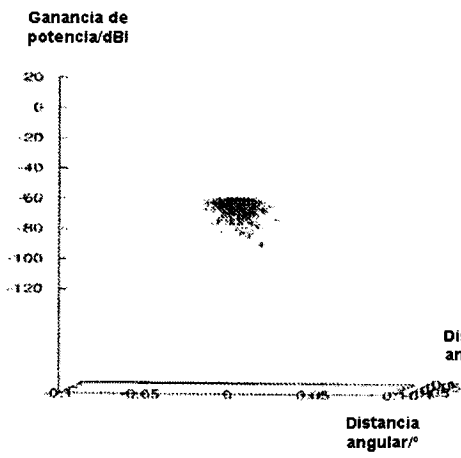


Fig. 9a

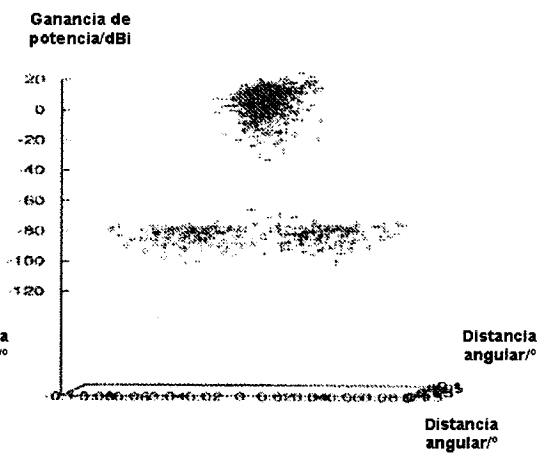


Fig. 9b

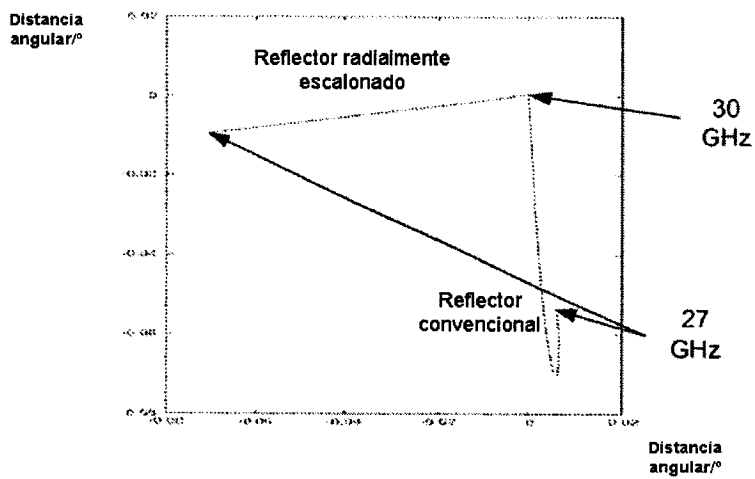


Fig. 10

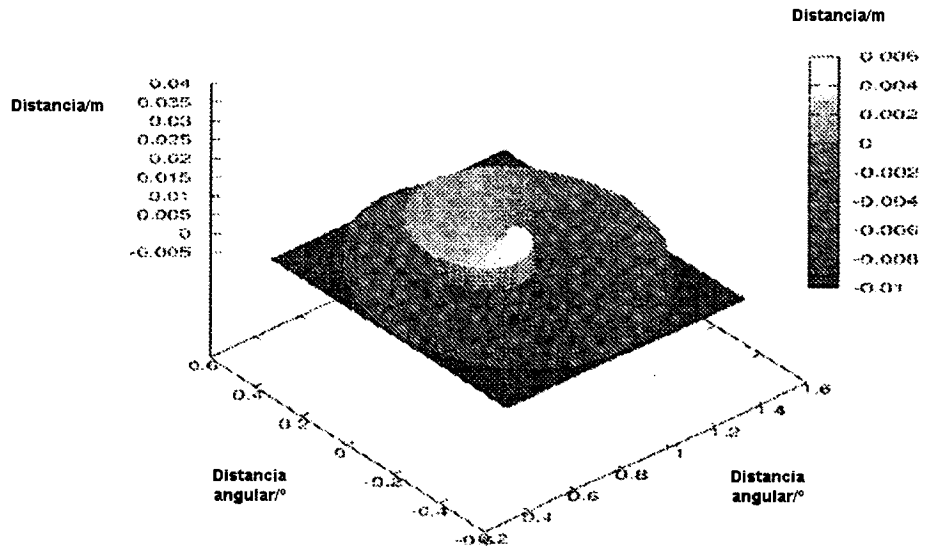
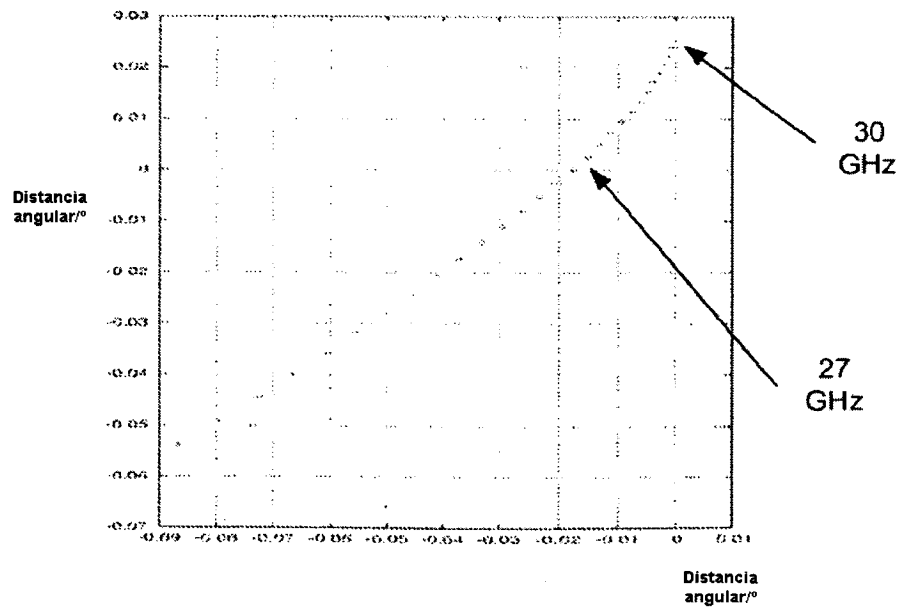


Fig. 11



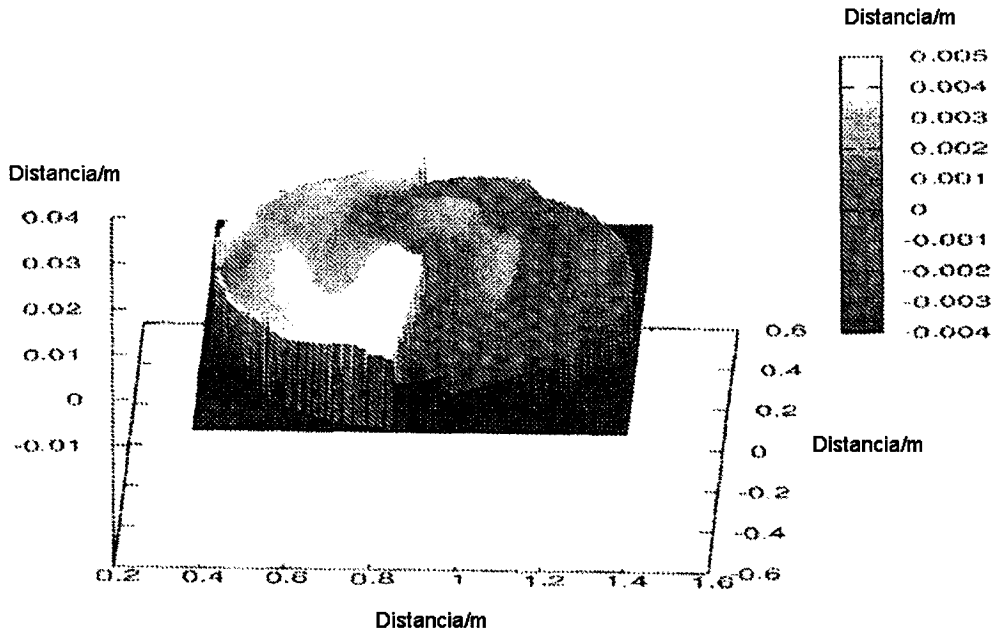


Fig. 13

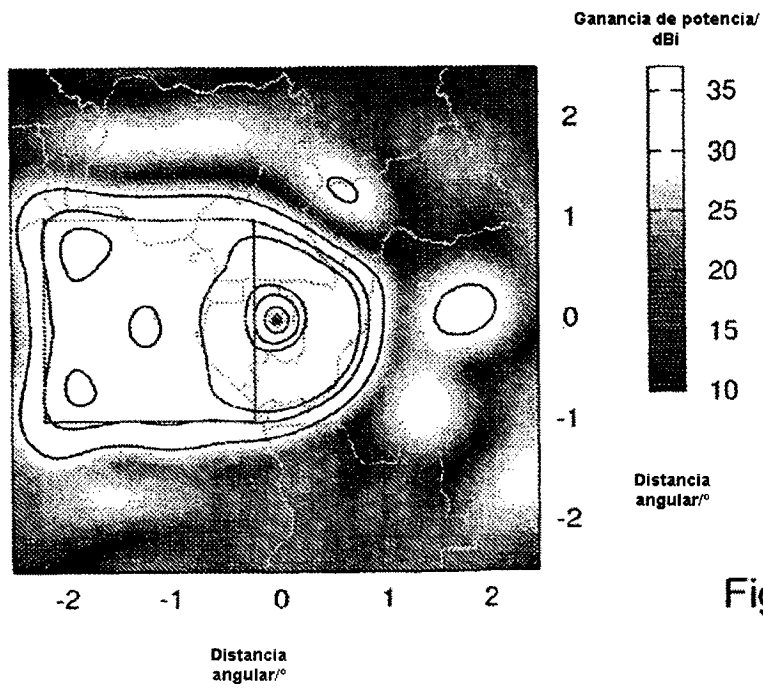


Fig. 14

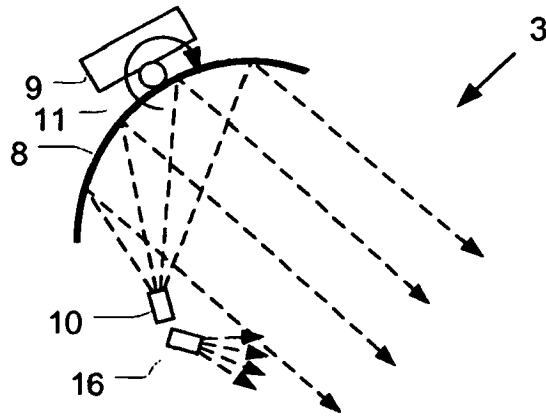


Fig. 15