

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 880**

51 Int. Cl.:
H01Q 21/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **10187135 .8**
- 96 Fecha de presentación: **11.10.2010**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2320522**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **11.05.2011**

54 Título: **Arquitectura de antena que implementa una síntesis de haces con muestreadores de paso variable**

30 Prioridad:
20.10.2009 FR 0905031

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.06.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.06.2012

73 Titular/es:
THALES
45, rue de Villiers
92200 Neuilly-sur-Seine, FR

72 Inventor/es:
Raguenet, Gérard

74 Agente/Representante:
Carpintero López, Mario

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).

ES 2 382 880 T3

DESCRIPCIÓN

Arquitectura de antena que implementa una síntesis de haces con muestreadores de paso variable

5 La presente invención se refiere a un dispositivo de antena que genera uno o varios haces y se destina a estar embarcado en un satélite, principalmente un satélite del tipo geoestacionario o funcionando en el modo HEO (High Elliptical Orbit).

10 La concepción de la antena embarcada de acuerdo con la invención se inscribe en el contexto de una problemática general ligada al mantenimiento de los rendimientos en términos de campo de visión, de directividad y de factor de calidad G/T, en la que G es la ganancia de la antena y T la temperatura del ruido equivalente producido a nivel del sistema, y que por lo tanto implementa la arquitectura de la carga útil, con un mínimo de fuentes. El objetivo es llegar a un dimensionamiento optimizado de dicha antena en términos de complejidad y de coste, a la vez que se mantienen los objetivos de sistemas precisos con relación a la calidad del enlace previsto. Estos objetivos de sistemas se pueden parametrizar en función de la capacidad o de la velocidad o, a nivel del segmento de a bordo, por unas magnitudes como la ganancia G o el factor de calidad G/T.

15 La evolución actual de los satélites se efectúa en el sentido de servicios que generan unos focos, es decir unos haces, cada vez más finos, apropiados para aumentar las capacidades de los segmentos de a bordo. Varios motivos pueden explicar esta evolución.

De entrada, para unas aplicaciones de telecomunicaciones, el usuario es cada vez más móvil y dotado de un terminal portátil de pequeño tamaño, lo que necesita unos focos finos con el fin de alcanzar un nivel de rendimiento satisfactorio.

20 A continuación, para unas aplicaciones de alta velocidad, el problema consiste en maximizar la ganancia, principalmente en el caso en que los focos están fuertemente desalineados, lo que induce una directividad cada vez más fuerte. Los enfoques del tipo de servicio de envío conducen a unos haces finos, fuertemente desalineados y que deben seguir a los usuarios en órbita base, tales como unos satélites de observación civiles o militares, a unas estaciones orbitales, a unos drones e incluso a unos aviones de reconocimiento o de cartografía.

25 En el contexto de esta búsqueda de un dimensionamiento óptimo de antenas embarcadas de buenas prestaciones y con costes de desarrollo lo más asegurados que sea posible, un eje de mejora consiste en reducir el número de fuentes. Para esto, es interesante el muestreo de una red focal constituida a partir de dichas fuentes. De esta manera, se espera mantener un alto nivel de rendimiento mientras se disminuye la complejidad técnica del sistema.

30 Con el fin de ilustrar el problema técnico resuelto por la invención, la presente descripción se basa en unos ejemplos de dimensionamiento de antenas embarcadas de haces múltiples. Partiendo de un procedimiento de dimensionamiento conocido, la descripción que sigue muestra cómo la presente invención permite principalmente reducir el número de fuentes necesarias, mientras se conservan unos objetivos de los sistemas de acuerdo a las necesidades del servicio.

35 Unos satélites de telecomunicación tales como los satélites conocidos del sistema INMARSAT IV comprenden 120 fuentes que permite generar 220 haces. Éstos inducen cada uno la implementación de una red focal que ilumina un reflector de 9 m de diámetro. Esta red focal ocupa una superficie de aproximadamente 2,5 m por 2,5 m para un grosor de unos sesenta centímetros. La complejidad del sistema es el resultado del producto del número de fuentes por el número de haces.

40 Otros tipos de servicios de telecomunicación pueden inducir la implementación de 1000 haces: como se ha visto, el número de fuentes es un parámetro de dimensionamiento de tales sistemas y la reducción de este número reviste una importancia primordial.

Para las aplicaciones de alta velocidad afianzadas por unos satélites de observación en órbita base, reforzados por unos satélites geoestacionarios, se presenta igualmente la problemática de la reducción del número de fuentes.

45 En efecto, el enlace entre satélites de un satélite estacionario hacia el satélite en órbita base presenta un requisito sobre la directividad de los haces de la antena embarcada sobre dicho satélite geoestacionario. De ese modo, la fijación de un requisito sobre la directividad, típicamente 44 dBi y de una limitación en la relación G/T, siendo G la ganancia de la antena y T la temperatura de ruido equivalente, típicamente 17 dB/K, supone, para una frecuencia de funcionamiento dada, por ejemplo 8 GHz, un diámetro mínimo para el reflector de la antena, 2,5 metros en el presente ejemplo. De acuerdo con los procedimientos conocidos del estado de la técnica en función de los requisitos ligados al servicio, es posible a continuación calcular la geometría de una bocina adaptada a una antena así, que presenta típicamente en este caso un diámetro de 14 centímetros para una longitud de 45 centímetros y el tamaño de una red focal correspondiente, configurada para asegurar los rendimientos deseados en términos de directividad, a saber 44 dBi, para una desalineación que pueda alcanzar 9°. Los cálculos, con los datos del ejemplo elegido aquí, dan una red focal de 1,25 a 1,3 metros de diámetro. Queda, para cerrar este ejemplo de aplicación, determinar el número de fuentes a implementar, que depende del paso de las fuentes, siendo conocido el tamaño de la red focal.

55

En el estado de la técnica, el muestreo de las fuentes se realiza con paso constante.

Es necesario indicar que el paso de la fuente se elige proporcional a la longitud de onda de funcionamiento de la antena. Aplicando los procedimientos conocidos de dimensionamiento, se encuentra un óptimo para un paso de muestreo de alrededor de 1 a 1,2 veces la longitud de onda de funcionamiento, lo que da, con las ya 217 fuentes, un diámetro máximo de la red focal de 800 milímetros, lo que está demasiado lejos de los requisitos de 1,25 a 1,3 metros. Esto implica añadir unas coronas de una parte y otra de las fuentes con el fin de crear una red focal de aproximadamente 1,3 metros de diámetro.

Encontrándose la desalineación requerida en aproximadamente $\pm 9^\circ$, es necesario incrementar el número de coronas y hacer evolucionar este primer resultado de dimensionamiento hacia un número mayor de fuentes. El cálculo óptimo, dado un paso de las fuentes de 1,2 veces la longitud de onda de funcionamiento, y que permite mantener los rendimientos invocados, permite calcular un número de fuentes próximo a 630.

Un objetivo de la invención es simplificar la concepción y sobre todo el dimensionamiento de las antenas embarcadas de haces simples o múltiples y principalmente disminuir el número de fuentes a implementar, con rendimientos iguales o superiores.

El hecho inventivo se apoya en tres elementos: una observación del orden del sistema, un principio de flexibilidad en el nivel de las fuentes muestreadas y un saber hacer en la concepción de las antenas para unas aplicaciones espaciales.

Con este fin, la invención tiene por objetivo un sistema de antena embarcado para satélite, que comprende un conjunto de fuentes, que constituyen una red focal y separadas en un paso de muestreo, presentando cada fuente del conjunto de fuentes un ángulo de desalineación, presentando dicha antena embarcada una directividad, una ganancia y una temperatura de ruido equivalente, caracterizada porque dicho paso de muestreo es:

- variable,
- y configurado de manera que se optimice la directividad de la antena en función del ángulo de desalineación de dichas fuentes y que se mantenga sensiblemente constante la relación de la ganancia a la temperatura de ruido equivalente, correspondiente a un factor de calidad del sistema.

De acuerdo con un modo de realización de la invención, dicha antena genera una pluralidad de haces.

Ventajosamente, la antena del sistema de acuerdo con la invención puede comprender n filas de fuentes en el que un primer subconjunto de p filas de fuentes presenta un primer paso de muestreo, constante, y un segundo subconjunto de n-p n presenta un segundo paso de muestreo, constante y diferente de dicho primer paso de muestreo, siendo n y p números naturales superiores o iguales a 1 y siendo n superior o igual a p.

Ventajosamente, la antena del sistema de acuerdo con la invención puede comprender n filas de fuentes en el que un primer subconjunto de p filas de fuentes presenta un primer paso de muestreo, constante, y un segundo subconjunto de n-p filas presenta un segundo paso de muestreo, variable, siendo n y p números naturales superiores o iguales a 1 y siendo n superior o igual a p.

Ventajosamente, existe un fenómeno de relajación que corresponde a la disminución de la temperatura del ruido debido a la desalineación del haz, caracterizado porque esta(s), entre el conjunto de fuentes, que presentan un ángulo de desalineación superior igual a un umbral predeterminado, constituye(n) dicho segundo subconjunto de fuentes, que presentan el segundo paso de muestreo, variable.

En el ejemplo de realización de la invención, el sistema de acuerdo con la invención presenta una longitud de onda de funcionamiento λ , caracterizada porque:

- el conjunto comprende aproximadamente 550 fuentes,
- dicho primer subconjunto está formado por unas fuentes, entre el conjunto de fuentes, que presentan un ángulo de desalineación inferior o igual a 7° , y presentan un paso de muestreo constante igual a $1,4 \lambda$,
- dicho segundo subconjunto está formado por unas fuentes, entre el conjunto de fuentes, que presentan un ángulo de desalineación comprendido entre 7° y 9° , y presentan un paso de muestreo variable, que varía de $1,4 \lambda$ a $1,6 \lambda$,
- dicha antena presenta una directividad sensiblemente igual a 44 dBi.

Ventajosamente, el sistema de acuerdo con la invención puede presentar unos rendimientos de pérdidas por desalineación de acuerdo al conjunto de las direcciones de dicha antena inferiores a 1 dB.

El sistema de acuerdo con la invención puede comprender por otro lado unas coronas dispuestas en uno y otro lado de al menos una parte de las fuentes.

Ventajosamente, el sistema de acuerdo con la invención comprende un reflector iluminado por el conjunto de fuentes y al menos una antena de bocina asociada con dicho conjunto de fuentes.

En un ejemplo de realización, el sistema de acuerdo con la invención presenta una relación de la distancia focal al diámetro del reflector superior o igual a 1,6.

De acuerdo con la invención, un procedimiento para dimensionar un sistema de antena embarcado de acuerdo con la invención puede comprender las etapas siguientes:

- 5
- el cálculo de la temperatura del ruido equivalente de dicha antena, en función del ángulo de desalineación de las fuentes del conjunto de fuentes, poniendo en evidencia un fenómeno de relajación;
 - el cálculo de la necesidad de la directividad de las fuentes del conjunto de fuentes en función del ángulo de desalineación de dichas fuentes, teniendo en cuenta el fenómeno de relajación;
- 10
- el cálculo del paso de muestreo de las fuentes de manera que satisfaga la necesidad de directividad calculada para conjunto de las fuentes.

El procedimiento para dimensionar un sistema de antena embarcado de acuerdo con la invención puede comprender por otro lado una etapa de cálculo del desfase a aplicar a una red focal con relación al reflector, de manera que tenga en cuenta la disimetría de los rendimientos de pérdidas por desalineación de acuerdo con el conjunto de las direcciones de dicha antena.

15 Otras características y ventajas de la invención surgirán con la ayuda de la descripción que sigue realizada con relación a los dibujos adjuntos que representan:

- la figura 1: un ábaco de la temperatura del sistema —que interviene en la ecuación del equilibrio del enlace— en función de la desalineación de los haces, demostrando un fenómeno de relajación;
 - la figura 2: un gráfico que representa la directividad requerida en función de la desalineación de los haces, demostrando una caída de la necesidad de directividad en cuanto el foco intercepta el espacio “frío”;
- 20
- la figura 3: la definición de las referencias asociadas a los reflectores y fuentes de una antena;
 - la figura 4: un esquema que representa principalmente la disposición de una red focal en relación a las fuentes, en la referencia definida en la figura 3.

25 La figura 1 muestra claramente que se producen fenómenos de relajación para unos ángulos de desalineación superiores a 7°. La figura 1 da en efecto, en el marco de una antena de recepción que presenta unas características y unos objetivos de rendimiento tales como los descritos en el ejemplo presentado anteriormente, la temperatura termodinámica del conjunto de recepción —que comprende una antena, un “alimentador” y una sección de recepción— T_{syst} , expresado en dBK, en función del ángulo de desalineación, indicado por Desal., del haz radiado.

30 Se constata inmediatamente que la temperatura T_{syst} no es constante en el curso de la desalineación. Habitualmente, en la formulación por la expresión de FRIIS, se considera una temperatura de antena que es el resultado de la convolución del diagrama de la antena con una carta de temperatura. La elección, que consiste en fijar una temperatura, por ejemplo 295 K o 300 K, no es cierta más que si la totalidad del haz solo ve la Tierra. A partir del momento en el que el haz se desalinea, la convolución con una fuente fría, el espacio intersideral, rebaja esta temperatura. Es posible por tanto disponer de un ábaco de la temperatura T_{syst} en función del ángulo de desalineación del haz. O, la necesidad en cuanto a rendimiento al nivel del equilibrio del enlace, se expresa por medio de la relación G/T_{syst} , en la que si T_{syst} disminuye, la exigencia es menos fuerte sobre la directividad G . Existen por tanto fenómenos de relajación sobre las directividades en el curso de la desalineación, tal como se muestra en el ábaco de la figura 2.

35

40 En la figura 1, se observa que se parte de la necesidad de un sistema a 26 dBK, que corresponde a 400 K, para unos ángulos de desalineación que tengan aproximadamente 0° a 7°. A continuación, cuando el haz intercepta el frío, la temperatura del sistema T_{syst} disminuye en cerca de 2 dBK.

El primer principio de la invención consiste en explotar este fenómeno de relajación para adaptarse a la separación más justa de las fuentes con el fin de disminuir la complejidad global del sistema.

45 La figura 2 ilustra este principio. En efecto, la figura 2 presenta el requisito de directividad en función de la desalineación de los haces.

De ese modo, la toma en consideración del fenómeno de relajación descrito anteriormente conduce al segundo punto de la invención, que consiste en el muestreo de modo más ajustado, con unas fuentes adaptadas, de modo que se tengan unos requisitos de objetivos de directividad mínimos para funcionar a nivel del sistema con un G/T igualada. Esta condición se traduce en un equilibrio del enlace constante a todo lo largo de la desalineación y permite no sobredimensionar inútilmente el sistema tal como lo que se produce cuando se trabaja con una ganancia igualada. La condición de G/T igualada resultante del fenómeno de relajación equivale a ofrecer la misma capacidad del sistema a los usuarios cualquiera que sea su localización y abre asimismo las perspectivas de simplificación del segmento a bordo asociado.

50

55 En otros términos, se adaptará el paso de muestreo de las fuentes, al más ajustado, en función de la necesidad de directividad y por tanto en función de la desalineación de los haces, como se muestra en la figura 2.

En el caso presentado en el presente documento a modo de ejemplo, se constata una necesidad en directividad de 44 dBi hasta unos ángulos de desalineación de aproximadamente 7° .

5 A continuación, el segundo principio aplicado en la invención consiste en hacer evolucionar la separación de las fuentes, es decir el paso de muestreo de dichas fuentes, explotando el fenómeno de relajación y conservando un nivel de rendimiento constante desde el punto de vista de la relación G/T. La exigencia, como se ha visto, se traduce en forma de una necesidad en cuanto a directividad en función del ángulo de desalineación, que se beneficia como consecuencia de la relajación a partir de 7° desviado del eje.

Mediante unos cálculos clásicos, cuya síntesis se encuentra en la figura 2, y siempre en el marco de la aplicación numérica dada a modo de ejemplo en la presente descripción, se determina una geometría del sistema tal que:

- 10
- el paso de muestreo de las fuentes es de $1,4 \lambda$, siendo λ la longitud de onda de funcionamiento, hasta unos ángulos de desalineación de 7° , lo que permite obtener unos rendimientos de directividad de 44 dBi;
 - el paso de muestreo de las fuentes es de $1,6 \lambda$, para los ángulos de desalineación de 7° a 9° , permitiendo obtener unos rendimientos de directividad de 42,13 dBi para el caso extremo de 9° de desalineación fuera del eje.

15 Por otro lado, para la concepción completa de la antena, la toma en consideración de los rendimientos de pérdidas por desalineación de acuerdo con el conjunto de las direcciones de dicha antena es esencial. Ahora bien, estos rendimientos no se equilibran, según los cuatro planos cardinales, en razón de las aberraciones por pérdida de focalización más fuertes según los diferentes ejes de referencia de las fuentes o reflector.

20 La figura 3 da una indicación de las referencias de reflector y fuente, utilizadas típicamente para definir una geometría de desviación del reflector. El reflector R de una antena se representa aquí en corte en la forma de un arco de parábola de vértice S. Tal como aparece en la figura 3, el reflector R está asociado a la referencia constituida por unos ejes X_R , Y_R y Z_R y el centro del vértice S de la parábola. La referencia de la fuente, asociada a las fuentes de la antena, está formada por los ejes X_s , Y_s y Z_s y presenta como centro el foco F de la parábola que corresponde al reflector R, tal como se representa en el esquema.

25 Estando definidas las referencias reflectora y de fuente, se constata que el caso que más penaliza en términos de impacto sobre la reducción de la directividad se refiere a las traslaciones de las fuentes del lado de los Y_s negativos.

30 En efecto, a modo de ejemplo según este eje, la evaluación de los rendimientos para diferentes casos de desalineación y de paso de muestreo de las fuentes muestra que una red focal RF que genera unos haces según una simetría cónica respecto al suelo, típicamente un cono de Tierra FOV a aproximadamente $\pm 9^\circ$ alrededor de un eje focal Z_F que corresponde al centro de la Tierra, no será simétrico alrededor del punto focal F, sino descentrado hacia los Y_s positivos en la referencia de la fuente, como se presenta en la figura 4.

Finalmente, un ejemplo de dimensionamiento de antena embarcada de haces múltiples de acuerdo con la invención proporciona, en el caso presente, los resultados siguientes:

- 35
- 25 filas de fuentes, es decir un número del orden de 550 fuentes de naturaleza diferente, distribuidas en un reflector iluminado por unas antenas de bocina de alta eficacia, por ejemplo de $1,4 \lambda$ y de $1,6 \lambda$.

Un dimensionamiento de acuerdo con el estado de la técnica hubiera dado, para un nivel de rendimientos equivalentes:

- 27 filas de fuentes, es decir 631 elementos.

40 La invención tiene como ventaja principal reducir significativamente la complejidad de una antena embarcada de haces simples o múltiples, reduciendo principalmente el número de fuentes a implementar y, en consecuencia, la invención permite reducir los costes de desarrollo asociados con una antena así.

45 Esta reducción de la complejidad general, que corresponde a una disminución del 10% al 15% en términos de componentes elementales a implementar, se obtiene sin penalizar los rendimientos globales del sistema, puesto que éste se dimensiona con una capacidad equivalente, traduciéndose esta condición en un G/T equivalente al nivel de los parámetros del segmento a bordo.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema de antena embarcado para satélite, que comprende un conjunto de fuentes, que constituyen una red focal, y separadas un paso de muestreo, presentando cada fuente del conjunto de las fuentes un ángulo de desalineación, presentando dicha antena embarcada una directividad, una ganancia y una temperatura de ruido equivalente (T_{syst}), **caracterizado porque** dicho paso de muestreo es:
- variable,
 - y configurado de manera que se optimice la directividad de la antena en función del ángulo de desalineación de dichas fuentes y que se mantenga sensiblemente constante la relación de la ganancia con la temperatura del ruido equivalente (T_{syst}), correspondiente al factor de calidad del sistema.
- 10 2. Sistema de antena embarcado de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha antena genera una pluralidad de haces.
- 15 3. Sistema de antena embarcado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** comprende n filas de fuentes en el que un primer subconjunto de p filas de fuentes presenta un primer paso de muestreo, constante, y un segundo subconjunto de $n-p$ filas presenta un segundo paso de muestreo, constante y diferente de dicho primer paso de muestreo, siendo n y p números naturales superiores o iguales a 1 y siendo n superior o igual a p .
- 20 4. Sistema de antena embarcado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** comprende n filas de fuentes en el que un primer subconjunto de p filas de fuentes presenta un primer paso de muestreo, constante, y un segundo subconjunto de $n-p$ filas presenta un segundo paso de muestreo, variable, siendo n y p números naturales superiores o iguales a 1 y siendo n superior o igual a p .
- 25 5. Sistema de antena embarcado de acuerdo con la reivindicación 4, para el que existe un fenómeno de relajación que corresponde a la disminución de la temperatura del ruido debido a la desalineación del haz, **caracterizado porque** esta(s), entre el conjunto de fuentes, que presentan un ángulo de desalineación superior o igual a un umbral predeterminado, constituye(n) dicho segundo subconjunto de fuentes, que presentan el segundo paso de muestreo, variable.
- 30 6. Sistema de antena embarcado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 5, que presenta una longitud de onda de funcionamiento λ , **caracterizado porque**:
- el conjunto de fuentes comprende aproximadamente 550 fuentes,
 - dicho primer subconjunto está formado por unas fuentes, entre el conjunto de fuentes, que presentan un ángulo de desalineación inferior o igual a 7° , y presentan un paso de muestreo constante igual a $1,4 \lambda$,
 - dicho segundo subconjunto está formado por unas fuentes, entre el conjunto de fuentes, que presentan un ángulo de desalineación comprendido entre 7° y 9° , y presentan un paso de muestreo variable, que varía de $1,4 \lambda$ a $1,6 \lambda$,
 - dicha antena presenta una directividad sensiblemente igual a 44 dBi.
- 35 7. Sistema de antena embarcado según la reivindicación 6, **caracterizado porque** presenta unos rendimientos de pérdidas por desalineación de acuerdo al conjunto de las direcciones de dicha antena inferiores a 1 dB.
- 40 8. Sistema de antena embarcado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende además unas coronas dispuestas en uno y otro lado de al menos una parte de las fuentes.
9. Sistema de antena embarcado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** comprende un reflector (R) iluminado por el conjunto de fuentes y al menos una antena de bocina asociada con dicho conjunto de fuentes.
10. Sistema de antena embarcado según la reivindicación 9, **caracterizado porque** presenta una relación de la distancia focal al diámetro del reflector (R) superior o igual a 1,6.
- 45 11. Procedimiento para dimensionar un sistema de antena embarcado de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** comprende las etapas siguientes:
- el cálculo de la temperatura del ruido equivalente (T_{syst}) de dicha antena, en función del ángulo de desalineación de las fuentes del conjunto de fuentes, poniendo en evidencia un fenómeno de relajación;
 - el cálculo de la necesidad de la directividad de las fuentes del conjunto de fuentes en función del ángulo de desalineación de dichas fuentes, teniendo en cuenta el fenómeno de relajación;
 - el cálculo del paso de muestreo de las fuentes de manera que satisfaga la necesidad de directividad calculada para el conjunto de las fuentes.
- 50

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, para el dimensionamiento de un sistema de antena embarcado de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizado porque** comprende por otro lado una etapa de cálculo del desfase a aplicar a la red focal con relación al reflector, de manera que tenga en cuenta la disimetría de los rendimientos de pérdidas por desalineación de acuerdo con el conjunto de las direcciones de dicha antena.

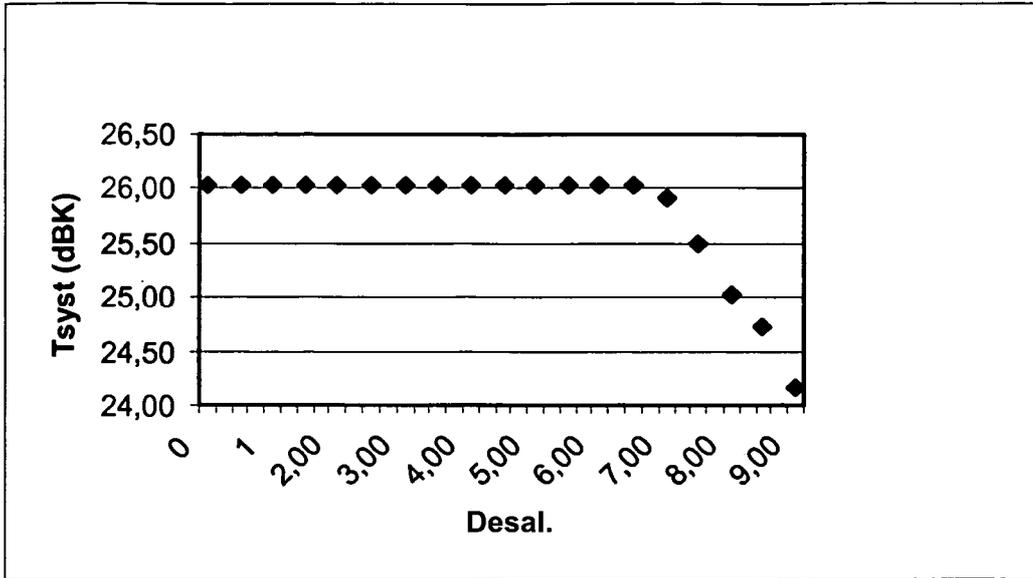


FIG. 1

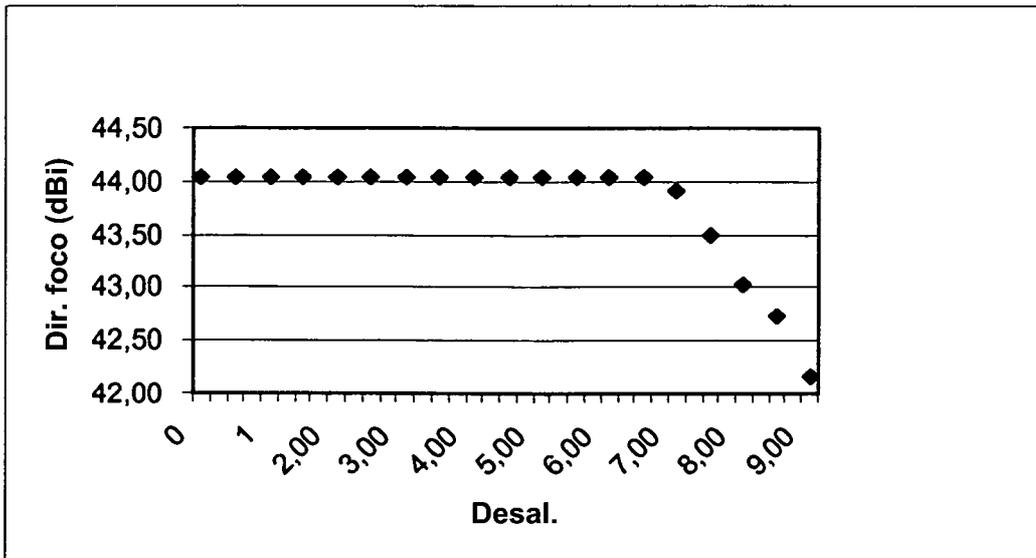


FIG. 2

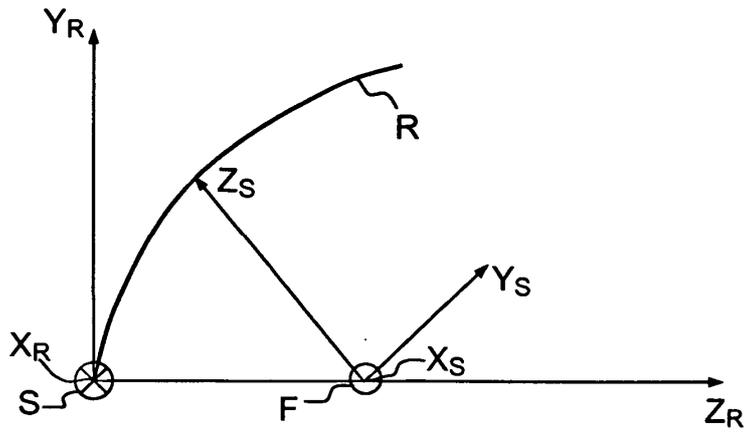


FIG.3

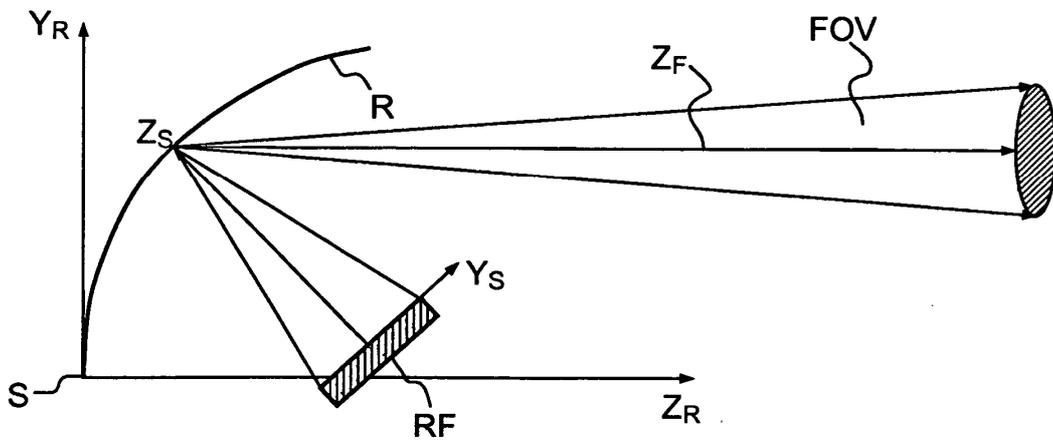


FIG.4