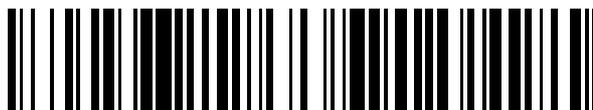


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 781**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 13/02 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.09.2011 E 11306118 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2429036**

54 Título: **Antena de telecomunicaciones multihaz embarcada en un satélite de gran capacidad y sistema de telecomunicaciones asociado**

30 Prioridad:

10.09.2010 FR 1057193

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

03.07.2020

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
(100.0%)
2, Place Maurice Quentin
75001 Paris , FR**

72 Inventor/es:

**PALACIN, BAPTISTE y
DEPLANCQ, XAVIER**

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 770 781 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

Antena de telecomunicaciones multihaz embarcada en un satélite de gran capacidad y sistema de telecomunicaciones asociado.

5

La presente invención se refiere a una antena de telecomunicaciones destinada a ser embarcada a bordo de un satélite de telecomunicaciones, a una carga útil de un satélite de telecomunicaciones que comprende la antena, y a un sistema de telecomunicaciones que utiliza la carga útil y por lo tanto la antena de telecomunicaciones.

10

En general y hasta la actualidad en el caso de las telecomunicaciones espaciales que utilizan los satélites geoestacionarios para la transmisión de servicios multimedia en banda Ka, se busca ampliar la cobertura proporcionada por la o las antenas de telecomunicaciones embarcadas a bordo del satélite y aumentar la capacidad de transmisión asegurando al mismo tiempo unas prestaciones de C/I (relación entre señal útil y señales interferentes) elevadas.

15

Para obtener las prestaciones de nivel de sistema esperadas, es preciso disponer de antenas de telecomunicaciones que aseguren un aislamiento espacial suficiente entre haces o sus huellas en el suelo denominadas en lo sucesivo zonas elementales o puntos, de manera que permitan unas reutilizaciones programadas de manera fija o dinámica de la totalidad o parte de los recursos en frecuencias asignadas al sistema (reutilización de frecuencias).

20

Teniendo en cuenta el gran número de puntos a realizar, se debe implantar un número elevado de antenas directivas en una misma plataforma de satélite y es necesario asimismo disponer de estructuras de gran focal para realizar unas prestaciones de aislamiento elevadas entre haces asociados a una estabilidad de apuntado severa.

25

El documento US 6 157 811A describe una familia de sistemas de radiocomunicaciones y de procedimientos de tipo matricial que permiten minimizar, incluso anular las interferencias entre canales.

30

El documento US 7 161 549 B1 describe una antena de telecomunicaciones multihaz que comprende por lo menos un reflector y un bloque fuente asociado.

35

En la actualidad, las misiones multimedia en banda Ka utilizan unas soluciones de antena con múltiples reflectores. La utilización de varios reflectores permite utilizar en efecto unas fuentes lo suficientemente grandes para iluminar de manera óptima los reflectores y formar así unos haces finos con una directividad máxima elevada (rendimiento de antena elevado).

40

El satélite más reciente en Europa que utiliza este tipo de antena es así el satélite llamado Ka-sat del operador Eutelsat. Proporciona una cobertura europea con la ayuda de aproximadamente 80 haces de 0,45° de apertura angular generados por cuatro reflectores de 2,6 metros de diámetro. Cada uno de estos reflectores funciona en una vía de emisión de ida descendente y en una vía de recepción de vuelta ascendente. Este sistema de comunicación está previsto para proporcionar una capacidad total de aproximadamente 70 Gbits/s, siendo la relación de C/I mínima y la cobertura del orden de 14 dB.

45

Se debe observar que el satélite Ka-sat habría podido utilizar un único reflector de 2,6 metros de diámetro. En este caso, habría sido necesario realizar unas fuentes de iluminación más pequeñas, lo cual habría degradado el rendimiento de la antena en particular por el aumento de las pérdidas de energía por desbordamiento (denominadas en inglés "spill-over"), típicamente de 4 a 6 dB. Como las prestaciones en C/I siguen siendo del orden de 12 dB, la pérdida de eficacia de la antena habría provocado una degradación de la Potencia Radiada Isotrópica Emitida (PIRE), lo cual se habría traducido en una pérdida de capacidad del sistema de telecomunicaciones notable y no deseada.

50

En la actualidad, se distinguen varias misiones que van desde la cobertura de una región de gran tamaño, por ejemplo, Europa, hasta unas coberturas que abarcan uno o un número limitado de varios países europeos.

55

El estudio de las coberturas que abarcan de uno a tres países es actualmente el objeto de numerosas investigaciones y desarrollos. Por ejemplo, está previsto el suministro de un satélite de telecomunicaciones multimedia con capacidad elevada y que tiene como zona de cobertura un país del tamaño de Francia.

60

En estos sistemas en curso de estudio y de desarrollo, siempre se busca el aumento de la capacidad mediante la utilización de una banda pasante asignada más ancha cuando la reglamentación lo permita o también mediante la reutilización del espectro en unas zonas reducidas con la ayuda de pequeños haces muy finos.

65

Franquear esta zanja en términos de capacidad necesita entonces la utilización de haces más finos.

Ahora bien, las capacidades de carga de las plataformas y de las lanzaderas actuales no permiten prever

soluciones con múltiples reflectores de diámetro superior a 3 metros o 3,5 metros.

La utilización de cuatro reflectores de 3,2 metros de diámetro corresponde así actualmente a una configuración límite de carga en un satélite para entrar en una cubierta de una lanzadera.

5 Para esta configuración de antenas con cuatro reflectores y optimizando al máximo los parámetros determinantes significativos del sistema, se obtiene una capacidad de aproximadamente 65 Gbits/s con 36 haces en Francia.

10 En esta configuración límite, las fuentes están optimizadas para los cuatro reflectores y las pérdidas por desbordamiento se elevan a aproximadamente 2 dB para una C/I mínima del orden de 9 dB.

Además, cuando aumenta el número de haces, las C/I observadas se vuelven muy bajas y, a pesar de la reutilización de la frecuencia, la capacidad disminuye.

15 El problema técnico es aumentar la capacidad de transmisión del satélite en unas condiciones de funcionamiento del satélite idénticas a las presentadas para la configuración límite en términos de potencia consumida por la carga útil multimedia del satélite, de banda de frecuencias asignada a la vía descendente, de características de los terminales y de limitaciones de carga en un satélite destinado a entrar en una cubierta de una lanzadera.

20 Con este fin, la invención tiene por objeto una antena de telecomunicaciones multihaz destinada a equipar una carga útil de telecomunicaciones de alta velocidad para cubrir en emisión y/o en recepción una zona geográfica desde una órbita geoestacionaria, apta para ser montada mecánicamente en una o dos plataformas de satélite y para ser acoplada electromagnéticamente a un repetidor, que comprende:

25 por lo menos un reflector radioeléctrico, y

un bloque fuente asociado, formado por una pluralidad de fuentes radioeléctricas elementales dispuestas en un plano,

30 estando la pluralidad de fuentes radioeléctricas elementales configurada para iluminar el reflector mediante una radiación electromagnética en una banda de frecuencias y/o para ser iluminado mediante una radiación electromagnética en una banda de frecuencias reflejada por el reflector según un conjunto multihaz primario de haces adyacentes primarios distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces primarios adyacentes, estando cualquiera de los dos haces primarios adyacentes separados por una primera separación angular θ_{S1} ,

35 estando el reflector configurado para reflejar una parte de la energía electromagnética emitida por el bloque fuente y/o para interceptar una parte de la energía electromagnética emitida desde la zona geográfica, según un conjunto multihaz secundario de haces reflejados adyacentes secundarios distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces secundarios adyacentes, estando cualquiera de los dos haces secundarios adyacentes separados por una segunda separación angular θ_{S2} ,

40 caracterizada por que

45 el reflector es único, y

50 el bloque fuente está dimensionado y dispuesto de manera que cada fuente sea apta para generar y/o recibir un haz único diferente y que la primera separación angular θ_{S1} sea sustancialmente igual a la segunda separación angular θ_{S2} , y

las pérdidas de energía por desbordamiento asociadas a cada fuente están comprendidas entre 3 y 10 dB, comprendidas preferentemente entre 3 y 7,5 dB.

55 Según unos modos de realización particulares, la antena de telecomunicaciones comprende una o varias de las características siguientes:

el reflector es un reflector no conformado, y

60 el plano en el que están dispuestas las fuentes radioeléctricas es un plano focal del reflector;

- el reflector es una porción de paraboloides centrada en su centro de simetría de paraboloides C_P ,

65 el plano focal del reflector en el que están dispuestas las fuentes radioeléctricas es ortogonal al eje que pasa por el centro de simetría C_P del paraboloides y el punto focal F1 del paraboloides,

cualquier fuente del bloque fuente tiene un tamaño de apertura referenciado T_{fuente} , que verifica la relación

$$T_{fuente} \leq F * \tan(\theta_{s2} * (1 + \varepsilon))$$

5 en la que

F designa la distancia focal igual a la distancia entre el centro C_P de simetría de la porción de paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide,

10 θ_{s2} designa la separación angular de dos haces adyacentes secundarios, y

ε es un coeficiente numérico comprendido entre 0 y +0,35;

15 - el reflector es una porción de un paraboloide desplazada con respecto al bloque fuente de manera que evite el enmascarado de los haces secundarios por el bloque fuente, y

cualquier fuente del bloque fuente tiene un tamaño de apertura referenciado T_{fuente} , que verifica la relación

$$T_{fuente} \leq Feq * \tan(\theta_{s2} * (1 + \varepsilon))$$

20 en la que

Feq designa una distancia focal equivalente igual a la distancia entre un centro C_D de recorte de la porción de paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide,

25 θ_{s2} designa la separación angular de dos haces adyacentes secundarios, y

ε es un coeficiente numérico comprendido entre 0 y +0,35;

30 - el reflector es una porción de un paraboloide y

el bloque fuente comprende por lo menos un conjunto de fuentes radioeléctricas adyacentes formadas por cornetes de apertura circular, teniendo cada cornete del conjunto un diámetro D_{fuente} que incluye el grosor metálico de la pared del cornete, y

35 el diámetro D_{fuente} de la apertura verifica la relación:

$D_{fuente} = Feq * \tan(\theta_{s2} * (1 + \varepsilon))$ cuando el reflector es una porción de paraboloide desplazada con respecto al bloque fuente, y la relación

40 $D_{fuente} = F * \tan(\theta_{s2} * (1 + \varepsilon))$ cuando el reflector es una porción de paraboloide centrada en su centro de simetría de paraboloide C_P .

en las que

45 F designa la distancia focal igual a la distancia entre el centro C_P de simetría de la porción de paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide,

50 Feq designa una distancia focal equivalente igual a la distancia entre un centro C_D de recorte de la porción de paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide,

θ_{s2} designa la separación angular de dos haces adyacentes secundarios, y

ε es un coeficiente numérico comprendido entre 0 y +0,35;

55 - el bloque fuente y el reflector están configurados para funcionar en una banda de frecuencia comprendida en el conjunto de las bandas C, Ku, Ka;

60 - la disposición de las fuentes radioeléctricas en el plano es la de una configuración correspondiente a una distribución optimizada para un número de colores igual a 3, 4 o 7;

65 - el valor mínimo sobre la cobertura geográfica de la relación C/I entre, por un lado la energía emitida y/o recibida por el reflector en cualquier haz secundario, y por otro lado la suma de las energías emitidas y/o recibidas en el mismo haz secundario y emitidas y/o recibidas por el reflector desde los otros haces del mismo color que el haz secundario, es inferior a 15 dB, preferentemente a 12 dB.

La invención tiene asimismo por objeto una carga útil de telecomunicaciones destinada a transmitir y/o recibir datos a alta velocidad, que comprende una antena de emisión y/o de recepción tal como la definida anteriormente y un repetidor, caracterizada por que

5

el repetidor comprende un conjunto de vías de transmisión en emisión y/o en recepción,

comprendiendo cada vía de transmisión

10

un borne de salida y/o de entrada radioeléctrico conectado a una fuente radioeléctrica única y diferente del bloque fuente, y

15

estando configurado para proporcionar unas señales radioeléctricas en una subbanda de frecuencias $B(i)$ de entre un número predeterminado N_b de subbandas de frecuencias que forman una banda de frecuencia asignada, y por que

20

estando cada subbanda $B(i)$ asociada a un color, las vías de transmisión son aptas para distribuir en emisión y/o en recepción las subbandas de frecuencias al conjunto de las fuentes radioeléctricas elementales de manera que el diagrama en el suelo formado por los colores asociados a los diferentes haces secundarios generados por la antena es un diagrama de N_b colores de reutilización de frecuencias optimizado, es decir un diagrama para el cual la distancia angular entre dos haces que utilizan un mismo color es la más grande en el conjunto de los diagramas posibles.

25

La invención tiene asimismo por objeto un sistema de telecomunicaciones por satélite que comprende:

un satélite de telecomunicaciones equipado con una carga útil como la definida anteriormente,

30

un conjunto de terminales de telecomunicaciones que pueden transmitir y/o recibir unas señales radioeléctricas hacia/desde el satélite,

una o varias estaciones de acceso satelital aptas para emitir y/o recibir unas señales radioeléctricas hacia/desde los terminales a través del satélite según un enlace ascendente de ida y/o de vuelta, y

35

cada terminal es apto para determinar la relación $C/I+N$ observada por su antena respectiva y/o por la antena satélite entre, por un lado la energía C recibida asociada a la señal radioeléctrica útil del terminal y contenida en el haz secundario de cobertura del terminal, y por otro lado la suma I de las energías recibidas en el mismo haz secundario pero emitidas desde los otros haces secundarios del mismo color que la fuente asociada al haz secundario de cobertura del terminal y de la energía N del ruido térmico recibido,

40

y comprende un dispositivo de adaptación de velocidad recibida o transmitida en función de las condiciones de $C/I+N$ observadas, siendo la velocidad variable por la modificación del número de estados de una modulación y/o la tasa de codificación y/o el flujo de símbolo.

45

La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción de única forma de realización siguiente dada únicamente a título de ejemplo y realizada haciendo referencia a los dibujos, en los que:

50

- la figura 1 es una vista general de la arquitectura de un sistema de telecomunicaciones con satélite geoestacionario según la invención;

55

- la figura 2 es una vista geométrica del satélite y de la cobertura de servicio que permite visualizar el ángulo de elevación del satélite visto desde cualquier punto de la cobertura;

- la figura 3 es una vista parcial de la cobertura de la antena de telecomunicaciones del satélite de las figuras 1 y 2 con la distribución de las frecuencias asociadas a los haces según una configuración de cuatro colores;

60

- la figura 4 es un esquema del sistema de telecomunicaciones que permite ver el enlace entre la distribución de las subbandas sobre las fuentes de la antena y la distribución de las subbandas sobre los haces de la vía descendente que van desde el satélite a los terminales.

65

- la figura 5 es una vista del bloque fuente de la antena de la figura 4 configurado según una distribución de cuatro colores;

- la figura 6 es una vista de una sección de la antena de la figura 4 según el eje VI-VI;

- la figura 7 es una variante a tres colores del bloque fuente de la figura 5;

- la figura 8 es una vista parcial del repetidor del satélite y de su acoplamiento eléctrico al bloque fuente de la antena;

5 - la figura 9 es una vista parcial de la cobertura de servicio obtenida con el satélite de la figura 2 equipado con la antena de telecomunicaciones de las figuras 4 y 5, y del bloque fuente de cuatro colores de la figura 5;

10 Según la figura 1, un sistema 2 de telecomunicaciones, en la presente memoria de servicios multimedia, con satélite comprende un conjunto 4 de terminales multimedia 6, 8, 10, un satélite 12 en órbita geoestacionaria alrededor de la Tierra 14, una infraestructura terrestre multimedia 16 y varias estaciones 18, 19, 20, 21 de acceso al satélite (denominadas clásicamente "gateway" en inglés), conectadas cada una a la infraestructura terrestre 16 por un enlace de comunicaciones diferente, no representado, en unos bornes de conexión respectivos 22, 23 24, 25.

15 Se supone que el sistema multimedia 2 sirve a una zona geográfica de cobertura 26 de pequeña extensión, comprendida entre 500000 km² y 1500000 km².

20 Típicamente, esto corresponde para el hemisferio norte a uno, dos o tres países del tamaño de Francia cada uno.

En la presente memoria a título de ejemplo, la zona de cobertura 26 del servicio de telecomunicaciones es Francia, y está comprendida entre los meridianos situados 5° oeste y 6° este, entre las latitudes 43° norte y 51° norte.

25 El satélite geoestacionario 12 en órbita geoestacionaria alrededor de la Tierra 14 está colocado sobre un primer arco de la órbita geoestacionaria cercana, o contenido en un segundo arco geoestacionario que sobrevuela los meridianos extremos que rodean Francia. En este caso en la figura 1 el satélite geoestacionario 12 está situado sobre un meridiano mediano que atraviesa el centro de Francia.

30 Con respecto a la zona de cobertura 26, el satélite 12 está situado según una dirección sur geográfica 30 representada por la flecha del extremo que va hacia la parte posterior del plano de la figura 1. Una dirección norte 32, opuesta a la dirección sur 30, está representada por una flecha circunferencial en la superficie de la Tierra 14.

35 Desde la zona de cobertura 26, el satélite 12 se ve según un ángulo de elevación designado por El y representado en la figura 2 como un ángulo medio comprendido entre la tangente según una dirección longitudinal 34 en cualquier punto 36 de la cobertura 26 y el radio vector 38 que une el punto 36 de la cobertura 26 y el satélite 12.

40 Según la figura 1, el satélite 12 comprende una plataforma geoestacionaria 40 estabilizada, dos paneles solares 42, 44 y una carga útil de telecomunicaciones multimedia 46.

45 La carga útil 46 es apta para asegurar la retransmisión de servicios multimedia desde las estaciones de acceso 18, 19, 20, 21 hacia los terminales multimedia 6, 8, 10.

La carga útil 46 es apta para recibir unas señales multimedia emitidas en una vía de ida ascendente 48 en una primera banda Ka por las estaciones de acceso 18, 19, 20, 21.

50 La carga útil 46 es apta para transmitir las señales multimedia recibidas con destino a los terminales 6, 8, 10 según una vía de ida descendente 50 que funciona en una segunda banda Ka, separada de la primera banda Ka.

La carga útil 46 es aquí transparente al limitarse a la amplificación y transposición a frecuencias de las señales multimedia.

55 La carga útil 46 comprende una antena satélite de recepción multimedia 52, una antena satélite de emisión multimedia 54, y un repetidor de misión multimedia 56 conectado entre la antena satélite de recepción multimedia 52 y la antena satélite de emisión multimedia 54 por unas uniones eléctricas 58 y 60.

60 El repetidor multimedia 56 comprende una alimentación eléctrica 61 de la carga útil 46 apta para acondicionar la energía eléctrica proporcionada por los paneles solares 42, 44 para los elementos eléctricos constitutivos de la carga útil 46.

La antena satélite de emisión multimedia 54 es una antena multihaz con reflector.

65 Comprende un único reflector 62 que tiene un plano focal 63 alejado en una longitud focal F y un bloque fuente

64 que comprende una pluralidad de fuentes elementales 66 de número predeterminado Ns.

5 El reflector único 62 es apto para interceptar una parte de la energía electromagnética emitida por el bloque fuente 64 y para reflejar la energía electromagnética hacia la zona de cobertura 26 en unos multihaces descendentes.

El reflector 62 es único y tiene un diámetro aparente D de 5 metros de manera que forme unos haces de tamaño angular comprendido entre 0,10° y 0,22°.

10 En efecto, es muy conocido que el ángulo de apertura de un haz generado por una abertura radiante que tiene un diámetro aparente es proporcional a la longitud de onda de la radiación e inversamente proporcional al diámetro aparente. En este caso la abertura radiante es el reflector 62.

15 Las fuentes radioeléctricas elementales 66 están dispuestas en el plano focal 63 y son aptas para iluminar el reflector único 62 por una radiación electromagnética en una banda de frecuencia Ka o Ku.

20 El bloque fuente 64 es del tipo una monofuente por haz (en inglés SFB por Single Feed per Beam), siendo cada fuente apta para generar un haz único diferente y siendo el diámetro de cada fuente elemental igual al diámetro imagen en el plano focal del haz asociado.

25 De manera general y en la continuación, un haz de energía electromagnética se denomina "primario" cuando está establecido entre una fuente elemental 66 del bloque fuente 64 y el reflector 62, y el haz se denomina "secundario" cuando está establecido entre el reflector 62 y una zona elemental de la cobertura 26, esto independientemente de la dirección de propagación de la energía en el haz, es decir del modo de emisión o recepción de la antena 46.

30 La disposición del reflector 62 con respecto a la plataforma 40, la posición orbital y la actitud estabilizada de la plataforma 40, la configuración de la antena se seleccionan de modo que la antena 54 genere unos haces secundarios descendentes que cubren por su huella la zona de cobertura 26 geográfica que corresponde a Francia.

35 La pluralidad 64 de las fuentes radioeléctricas elementales 66 que forman el bloque fuente está configurada para iluminar el reflector 62 por una radiación electromagnética según un conjunto multihaz primario de haces adyacentes primarios, no representados en la figura 1, distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces primarios adyacentes, estando cualquiera de los dos haces primarios adyacentes separado por una primera separación angular.

40 El reflector 62 está configurado para interceptar una parte de la energía electromagnética emitida por el bloque fuente 64 y para reflejarla según un conjunto multihaz secundario de haces reflejados adyacentes secundarios 68 distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces secundarios adyacentes, estando cualquiera de los dos haces secundarios adyacentes separado por una segunda separación angular.

45 El bloque fuente 64 está dimensionado y dispuesto de manera que la primera separación angular sea sustancialmente igual a la segunda separación angular. La variación relativa entre la primera separación angular y la segunda separación angular es inferior al 25%.

En un sentido estricto, la primera separación angular y la segunda separación angular están unidas por la relación:

50
$$\theta_{s2} = \theta_{s1} \cdot BDF,$$

en la que θ_{s2} designa la segunda separación angular, θ_{s1} designa la primera separación angular, y BDF es un coeficiente denominado factor de desviación de haz (en inglés Beam Deviation Factor) inferior a 1 y depende de la relación F/D y la apodización de la fuente elemental.

55 En la práctica el coeficiente BDF está comprendido entre 0,7 y 1.

En este caso, un único haz secundario 68 descendente, está representado en trazos de puntos.

60 Las pérdidas de energía por desbordamiento asociadas a cada fuente 66 están comprendidas entre 3 y 10 dB, comprendidas preferentemente entre 3 y 7,5 dB.

65 Cada fuente 66 se distingue con la ayuda de un índice entero k, con k variando entre 1 y Ns, y anotado S(k). Cada fuente S(k) es apta para recibir un conjunto distinto de señales multimedia en una subbanda B(i) de emisión tomada de entre un conjunto de Nb subbandas distintas y sin banda de recubrimiento, constituyendo el conjunto de las subbandas bandas (B(i)) una partición de la banda de emisión de la vía de ida descendente, es

decir una partición de la segunda banda.

Cada fuente S(k) es apta para iluminar el reflector de manera que reexpida las señales según la vía de ida descendente 50 a una zona elemental asociada diferente S(k) de la zona de cobertura 26.

5

En este caso en la figura 1, está representadas solo 16 zonas elementales que forman un pavimento conexo parcial de la zona de cobertura 26 y designadas por las referencias 210, 212, 214, 216, 218, 220, 222, 224, 226, 228, 230, 232, 234, 236, 238, 240.

10

La utilización óptima del espectro de frecuencia asignado en la vía de ida descendente 68 en términos de capacidad se obtiene mediante la reutilización de frecuencias a través de la antena multihaz 54.

La antena multihaz 54, con reflector único 62 y con bloque fuente de tipo "monofuente por haz" o SFB, tal como la descrita anteriormente, permite la reutilización de frecuencias.

15

La reutilización de la misma banda de frecuencias en varias zonas elementales de la zona de cobertura 26 requiere tener en cuenta las prestaciones de aislamiento de la antena 54 multihaz.

20

En efecto, como el aislamiento entre haces adyacentes es difícil de obtener, no se puede reutilizar la misma banda de frecuencias para estos. La banda de frecuencias asignada para el servicio multimedia o segunda banda está particionada y se define una reutilización de $1/N_b$, en la que N_b designa un número de colores diferentes, asociando un color a un subconjunto de zonas elementales (denominadas asimismo en inglés "spot"), separadas y alejadas entre sí de manera que presenten un aislamiento suficiente. A cada color diferente está asignado un índice entero i , con i variando de 1 a N_b , y un subconjunto de zonas elementales $A(i)$ o de haces $F(i)$. La reutilización permite separar espacialmente dos haces que utilizan la misma frecuencia portadora o subbanda.

25

Una repartición o distribución de los N_b colores sobre las zonas elementales o los haces descendentes, "óptima" en términos de frecuencia de reutilización y de C/I mínima, se selecciona de entre las distribuciones posibles de N_b colores sobre el conjunto de los haces y por consiguiente sobre el conjunto de sus huellas en el suelo, es decir las zonas elementales de cobertura.

30

La distribución "óptima" de los N_b colores es óptima en términos de frecuencia de reutilización cuando la frecuencia de reutilización de cada color es sustancialmente la misma, es decir igual a $1/N_b$, siendo los efectos de borde despreciables cuando el número de las zonas elementales es elevado.

35

Una distribución "óptima" de N_b colores es óptima en términos de C/I cuando la C/I sobre la cobertura 26 es máximo sobre el conjunto de las distribuciones posibles de N_b colores sobre la totalidad de los haces.

40

Es ventajosa la utilización de la antena multihaz 54 con un único gran reflector 62 que tiene un diámetro superior a 4 metros que utiliza el concepto de monofuente por haz (en inglés SFB por Single Feed per Beam).

En efecto, la antena multihaz 54 permite para un factor de reutilización de frecuencias fijo y un esquema óptimo de reutilización aumentar la capacidad del sistema.

45

La antena de telecomunicaciones propuesta es ciertamente subóptima desde un punto de vista de subsistema de antena si se considera de manera aislada. En efecto, la separación entre los spots de la cobertura impone la utilización de fuentes de pequeños diámetros. Son así poco directivas e inducen grandes pérdidas en términos de "spill-over", comprendidas entre 5 y 6 dB.

50

Esta solución permite prever una cantidad de haces sobre la cobertura mucho más importante ya que son más finos que en las soluciones ya conocidas.

Como primer enfoque, la capacidad de un sistema multihaz satisface la relación siguiente:

55

$$C = B(\text{total}) * \eta = B(\text{asignada}) * \rho * \eta$$

en la que B(total) designa la banda total disponible expresada en Hz, B(asignada) designa la banda de frecuencia asignada según las disposiciones reglamentarias para la segunda banda, ρ designa el factor de reutilización de frecuencia, η designa la eficacia espectral expresada en bits/s/Hz.

60

La eficacia espectral η depende de la densidad frecuencial de PIRE (Potencia Isotrópica Radiada en Emisión) expresada en W/MHz, de la C/I, del factor de mérito del terminal por lo tanto de la relación C/N, designando N el ruido de origen térmico observado, y la forma de onda prevista.

65

La banda total disponible crece con el número de haces sobre la cobertura.

La eficacia espectral decrece con el número de haces a razón de una C/I más baja sobre el conjunto de los haces y por lo tanto con la degradación de la C/N+I.

- 5 En este caso, la antena multihaz 54 permite una ganancia de capacidad en términos de incremento del número de haces a pesar de pérdidas de energía por desbordamiento ("spill over") más importantes.

Los dos terminales multimedia 6, 8 están situados en la zona elemental 210.

- 10 El tercer terminal 10 está situado en la zona elemental 234 supuesta en este caso a título de ejemplo asignada con el mismo color, es decir que funciona en una misma subbanda de frecuencias de la segunda banda.

15 La C/I observada así por el tercer terminal 10 comprende una componente generada por las señales de los terminales 6 y 8, y recibida en razón del fallo de aislamiento del haz 68 que cubre la zona elemental 210 con el haz que cubre la zona elemental 234.

Cada terminal tiene un factor G/T igual a 16,4 dB/K, una ganancia de antena igual a 40 dB, lo cual corresponde a un diámetro de antena de aproximadamente 65 cm.

- 20 Cada terminal 6, 8, 10 comprende respectivamente un dispositivo de adaptación de velocidad 250, 252, 254 en función de las condiciones de C/I observadas.

25 Cada dispositivo de adaptación de velocidad es apto para realizar un modo de adaptación de velocidad típicamente el modo "ACM" del DVB-S2 descrito en la norma correspondiente del ETSI (European Telecommunication Standard Institute).

30 Se puede elegir una modulación en función de la C/I+N observada entre la modulación QPSK (en inglés Quadrature Phase Shift Keing), la modulación 8-PSK (en inglés 8-Phase Shift Keing), la modulación 16-APSK (en inglés 16-Amplitude & Phase Shift Keing) y la modulación 32-APSK (en inglés 32-Amplitude & Phase Shift Keing). La codificación puede variar entre las tasas 1/4 y 9/10 propuestas por el código LDPC utilizado en la norma DVB-S2.

En este ejemplo, la tasa de codificación adaptativa asociada a la modulación QPSK puede variar entre 3/4 y 8/9.

- 35 En este ejemplo, la tasa de codificación adaptativa asociada a la modulación 8-PSK puede variar entre 3/5 y 3/4.

40 Debido a los bajos valores de C/I que se pueden observar con la antena multihaz 54, es decir unos valores que pueden alcanzar un C/I mínimo igual a +9 dB, los dispositivos de adaptación de velocidad 250, 252, 254 permiten utilizar unas combinaciones modulación/codificación con una eficacia espectral que permite maximizar la capacidad del sistema.

Al contrario de lo que se conoce, el sistema de telecomunicaciones multimedia de la invención funciona con unos valores de eficacia espectral bajos.

- 45 El hecho de aumentar la redundancia en el código corrector de error, es decir la tasa de codificación de 8/9 a 3/4 o de 3/4 a 3/5, o de disminuir el número de estados de la modulación, es decir de 8 a 4 estados de fases diferentes, provoca para una misma banda de frecuencias una disminución de la velocidad pero permite funcionar para una relación señal/ruido muy inferior que necesita menos potencia o que permite funcionar con una C/I baja que va hasta +9 dB.

50 Según la invención, es más interesante hasta cierto límite aumentar la banda de frecuencias asignada a los terminales (en particular multiplicando el número de zonas elementales) a riesgo de degradar la eficacia espectral. La capacidad del sistema obtenida entonces es 42% mejor que la capacidad del caso típico en el que la C/I mínima sobre la cobertura global 26 es igual a 15 dB.

- 55 Se debe observar que la capacidad aumenta de manera significativa para una C/I mínima inferior a 13 dB cuando es posible aumentar el número de haces.

60 De hecho, el modo ACM (Adaptive Coding and Modulation) definido en la norma DVB-S2 necesita unos aumentos de potencia de señal útil C y/o unas disminuciones de la componente de ruido recibido N+I más bajas para pasar de una configuración de modulación y codificación a otra cuando el punto de funcionamiento del sistema corresponde a una zona de valores de C/N+I bajos. En otras palabras, pequeñas variaciones de C/N+I pueden aportar una ganancia más importante de eficacia espectral cuando el sistema funciona en una zona de valores de C/N+I bajos. De esta manera, es posible generar unos haces particularmente finos como se propone con la antena de la invención.

65

Según la figura 3, el número Nb de subbandas es igual a 4 y la distribución de los cuatro colores asociados a las cuatro subbandas de frecuencias B(i) es una repartición o distribución "óptima" de cuatro colores en términos de frecuencia de reutilización y de C/I mínima.

5 La distribución de los "cuatro colores" como la representada es la distribución "óptima" de entre las distribuciones posibles de cuatro colores sobre el conjunto de los haces y por consiguiente el conjunto de sus huellas en el suelo, es decir las zonas elementales de cobertura.

10 La distribución "óptima" de cuatro colores es óptima en términos de frecuencia de reutilización cuando la frecuencia de reutilización de cada color es sustancialmente la misma, es decir igual a un cuarto, siendo los efectos de borde despreciables cuando el número de zonas elementales es suficientemente grande.

15 Se dice que una distribución de cuatro colores es "óptima" en términos de C/I cuando el valor de C/I mínimo sobre el conjunto de la cobertura observada para esta distribución es un valor máximo sobre el conjunto de las distribuciones posibles con cuatro colores. Esto corresponde a una distancia angular máxima entre dos haces cualesquiera que tengan el mismo color, es decir utilizando la misma subbanda.

20 Los spots o huellas en el suelo de los haces se reagrupan en grupos elementales de cuatro spots adyacentes de colores diferentes según un mismo motivo geométrico o disposición espacial de los cuatro colores.

En este caso, en la figura 3, solo están representados cuatro grupos adyacentes 302, 304, 306, 308 que repiten cuatro veces el motivo de colores.

25 El primer grupo 302 comprende las cuatro zonas de cobertura elementales 210, 212, 214, 216 que funcionan respectivamente en el enlace descendente de ida 50 en las subbandas B(4), B(3), B(3), B(1) a las cuales están asignados los colores designados respectivamente por las letras D, C, B, A.

30 El segundo grupo 304 comprende las cuatro zonas de cobertura elementales 218, 220, 222, 224 que funcionan respectivamente en el enlace descendente de ida 50 en las subbandas B(4), B(3), B(2), B(1) a los cuales están asignados los colores designados respectivamente por las letras D, C, B, A.

35 El tercer grupo 306 comprende las cuatro zonas de cobertura elementales 226, 228, 230, 232 que operan respectivamente en el enlace descendente de ida 50 en las subbandas B(4), B(3), B(2) B(1) a los cuales están asignados los colores designados respectivamente por las letras D, C, B, A.

El cuarto grupo 308 comprende las cuatro zonas de cobertura elementales 234, 236, 238, 240 que operan respectivamente en el enlace descendente de ida 50 en las subbandas B(4), B(3), B(2) B(1) a los cuales están asignados los colores designados respectivamente por las letras D, C, B, A.

40 Cada zona elemental de cobertura es la huella en el suelo de un haz imagen diferente, generado solamente por una fuente elemental única diferente del conjunto-fuente.

45 Se obtiene así una reutilización de frecuencias eficaz en la que la C/I mínima obtenida sobre el conjunto de la cobertura es la más grande posible sobre el conjunto de las leyes de asignación de los cuatro colores posibles.

50 En el caso de un reflector único de diámetro igual a 5 metros, el tamaño de las fuentes es tal que todos los haces son generados por el conjunto de las fuentes situadas en el mismo plano focal y que las pérdidas de energía por desbordamiento son mínimas para el conjunto de fuentes. Esto corresponde a colocar los centros de las fuentes de manera que generen los rayos centrales de cada haz de la cobertura y se seleccionen los radios de las fuentes más grandes posible hasta que entren en contacto.

55 Debido a que hay menos espacio para colocar las fuentes con un solo reflector que con varios reflectores, los tamaños de las fuentes que corresponden al único reflector se han reducido con respecto a los tamaños de las fuentes que corresponden a varios reflectores, y las pérdidas de energía por desbordamiento correspondientes han aumentado.

60 Según las figuras 4 y 5, la antena multihaz 54 está representada de manera más detallada de manera que se ponga en evidencia la correspondencia entre la red 64 de fuentes 66 y la distribución de los haces sobre la cobertura de servicio 26 según las zonas elementales y el coloreado con cuatro colores descritos en la figura 3.

Según la figura 5, el bloque fuente 64 o red focal comprende por lo menos un conjunto conexo de fuentes elementales. Las fuentes elementales 66 son en este caso unas antenas de tipo cornetes.

65 En este caso, solo están representadas dieciséis fuentes, designadas por las referencias 502, 504, 506, 508, 510, 512, 514, 516, 518, 520, 522, 524, 626, 528, 530, 532, 534, 536, 538, 540.

La disposición de las fuentes radioeléctricas en el plano focal es la de una configuración correspondiente a la distribución optimizada de las subbandas para los cuatro colores designados por las letras A, B, C y D.

5 Las fuentes 502, 504, 506, 508 están dispuestas una al lado de la otra según una primera fila 542. Las fuentes 510, 512, 514, 516 están dispuestas una al lado de la otra según una segunda fila 544. Las fuentes 518, 520, 522, 524 están dispuestas una al lado de la otra según una tercera fila 544. Las fuentes 526, 528, 530, 532 están dispuestas una al lado de la otra según una cuarta fila.

10 Las cuatro filas 542, 544, 546, 548 están dispuestas una al lado de la otra de forma que las fuentes 502, 510, 518, 526 formen una primera columna 552 de dirección perpendicular a la dirección común de las cuatro filas 542, 544, 546, 548.

15 Asimismo, las fuentes 504, 512, 520, 528 forman una segunda columna 554, las fuentes 506, 514, 522, 530 forman una tercera columna 556, las fuentes 508, 516, 524, 532 forman una cuarta columna 558.

El color A está asignado a las fuentes 502, 506, 518, 522. El color B está asignado a las fuentes 504, 508, 520, 524. El color C está asignado a las fuentes 510, 514, 526, 530. El color D está asignado a las fuentes 512, 516, 528, 532.

20 Las fuentes 502, 504, 510, 512 corresponden respectivamente a las zonas elementales 240, 238, 236, 234 del cuarto grupo 308.

Las fuentes 506, 508, 514, 516 corresponden a las zonas elementales del tercer grupo 306.

25 Las fuentes 518, 520, 526, 528 corresponden a las zonas elementales del segundo grupo 306.

Las fuentes 506, 508, 514, 516 corresponden a las zonas elementales del primer grupo 306.

30 Según las figuras 4 y 6, el reflector 62 es un reflector de casco rígido plegable o de tecnología de mallas desplegadas (denominada en inglés "Mesh technology"), apta para ser alojada en una plataforma según una posición de carga en la que el conjunto formado por la plataforma y el reflector está contenido en la cubierta de una lanzadera.

35 El reflector único 62 es apto para ser desplegado desde la posición de carga sobre una plataforma hasta una posición de despliegue representada en las figuras 4 y 6.

40 En este caso, el reflector 62 es una porción de un paraboloide P desplazada con respecto al bloque fuente 64 de manera que se evite el enmascarado por el bloque fuente 64 de los haces secundarios, en este caso los haces descendentes hacia la zona de cobertura 26.

La porción de paraboloide es por ejemplo un recorte de forma elíptica del paraboloide. El centro del paraboloide y el punto focal del paraboloide están designados respectivamente por C_P y $F1$, mientras que el centro de recorte está designado por C_D .

45 Según la figura 6, la altura de liberación del bloque fuente 64 con respecto al reflector 62 está designada por H. El diámetro aparente del reflector 62, designado por D, es igual al tamaño de la superficie proyectada obtenida por proyección ortogonal de la superficie del reflector en el plano que contiene C_P y teniendo como normal el eje que pasa por C_P y el punto focal $F1$.

50 Cuando la forma del recorte es elíptica, el punto de recorte C_D está situado a una altura igual $H+D/2$ con respecto al eje que pasa por el centro C_P y el punto focal $F1$.

La distancia focal designada por la letra F es igual a la distancia entre el centro C_P de simetría de la porción de paraboloide y el punto focal $F1$ del paraboloide.

55 La distancia focal equivalente, designada por F_{eq} , es igual a la distancia entre el centro C_D de recorte de la porción de paraboloide P y el punto focal $F1$ del paraboloide P.

60 En la figura 6, vistas en sección están representadas solamente las tres fuentes elementales 502, 510 y 518 y de manera correspondiente las zonas elementales asociadas 240, 236, 224.

65 Como se ha mencionado para la figura 1, el ángulo de separación angular entre dos haces primarios adyacentes, representado en la figura 6 por θ_{s1} para el primer par de fuentes 501 y 510 y para el segundo par de fuentes 510 y 518, es sustancialmente igual al ángulo de separación angular entre dos haces secundarios adyacentes, representado en la figura 6 por θ_{s2} para el primer par de zonas elementales correspondientes 240 y 236 y el segundo par de zonas elementales correspondientes 236 y 224.

En la continuación θ_{s1} y θ_{s2} serán designados de manera idéntica por θ_s .

5 Como primera aproximación, se puede considerar que el reflector se rige por las leyes de la óptica geométrica y entonces la dimensión o el tamaño de las fuentes se rige por la relación siguiente:

$$D_{fuente} \leq FEQ * \tan(\theta_{s2}/BDF)$$

10 en la que D_{fuente} designa el diámetro de apertura del cornete circular que forma una fuente elemental del conjunto conexo de fuentes elementales.

Preferentemente, el diámetro de apertura D_{fuente} del cornete verifica la relación:

$$15 \quad D_{fuente} = FEQ * \tan(\theta_{s2}/BDF)$$

ya que el diámetro D_{fuente} solución de esta ecuación corresponde al caso en el que el spill-over de la fuente es el más bajo. Para un tamaño de haz determinado, esta es la solución que permite reducir las pérdidas de spill-over de la antena.

20 Como variante, el reflector es una porción de paraboloide centrada en su centro de simetría de paraboloide C_P , el plano focal del reflector en el que están dispuestas las fuentes radioeléctricas 66 es ortogonal al eje que pasa por el centro de simetría C_P del paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide. Cualquier fuente elemental 66 del bloque fuente 64 tiene un tamaño de apertura denominado T_{fuente} , que verifica la relación

$$25 \quad T_{fuente} \leq F * \tan(\theta_{s2}/BDF)$$

Como variante, las fuentes elementales son unas aberturas que tienen un contorno cerrado de cualquier forma que tiene un tamaño designado T_{fuente} , y que corresponde a un diámetro equivalente.

30 La longitud focal F que separa el plano focal 63 y el centro de recorte 402 (C_D) del reflector 62, está comprendida en este caso entre 4 metros y 7 metros.

35 Resulta de ello sin embargo un nivel elevado de la energía perdida por el desbordamiento (denominado en inglés "spill-over") ya que este efecto está relacionado principalmente con la utilización de un solo y único reflector. Esto se traduce en una degradación significativa del rendimiento de la antena o de su eficacia.

40 El término representativo de la degradación de la eficacia de la antena por "spill-over" denominado coeficiente de "spill-over" traduce el grado de adecuación del diagrama de la fuente en el ángulo bajo el cual ésta ve el reflector y este término es igual a la relación entre la energía efectivamente interceptada y la energía total irradiada por esta fuente.

45 Según la invención, en el caso de un reflector de 5 metros y de una longitud focal igual a 7 metros, el reflector 62 capta solo aproximadamente una cuarta parte de la energía procedente de las fuentes 66 y el coeficiente de spill-over es igual a aproximadamente 0,25, lo cual da unas pérdidas de *spill-over* comprendidas entre 5 y 6 dB.

Ventajosamente y de manera inesperada este tipo de configuración de antena permite aumentar la capacidad de un sistema multimedia que cubre una zona geográfica del tamaño de Francia.

50 En efecto, dicha antena respeta las limitaciones de carga del satélite en la lanzadera y la potencia de alimentación limitada a bordo del satélite.

55 De manera clásica, se conocen unas soluciones que utilizan una red de formación de haces (denominada en inglés Beam Forming Network BFN) para generar una cobertura multihaz con la ayuda de un reflector grande y único y proporcionar un coeficiente de spill-over de calidad. Esta red de formación de haces BFN permite entrelazar las fuentes e iluminar de manera óptima el reflector.

Clásicamente, dos soluciones permiten una iluminación óptima del reflector.

60 En una primera solución, un BFN "de bajo nivel" está dispuesto antes de la sección de amplificación de potencia de la carga útil. En este caso, el número de dispositivos de amplificación es igual o incluso un múltiplo del número de fuentes de la red focal que es superior a su vez al número de haces de la cobertura. Por último, las fuentes tienen un diámetro idéntico al diámetro imagen de los haces en el plano focal.

65 La utilización de dicha BFN "de bajo nivel" necesita un gran número de amplificadores superior al número de haces a formar en la cubierta. Por consiguiente, las limitaciones en términos de consumo eléctrico y de disipación térmica a bordo de las plataformas actuales limitarán el número de haces en la cubierta. La limitación

de potencia eléctrica disponible a bordo del satélite se traduce así en una bajada de potencia de salida de nivel superior a la ganancia obtenida por la mejora del coeficiente de spill-over y a la obligación de revisar a la baja el número de haces.

5 En una segunda solución, un BFN de "alto nivel" está dispuesto después de la sección de amplificación de las vías del repetidor que corresponde cada una a un haz. En este caso, el número de dispositivos de amplificación es igual al número de haces de la cubierta. Por último, las fuentes elementales son dos veces más pequeñas que el diámetro imagen del haz en el plano focal. Un inconveniente de esta solución es la existencia de un diámetro mínimo de las fuentes debido a la limitación de la longitud focal del reflector. Con este tipo de solución, el
10 coeficiente de spill-over es de valor inferior al coeficiente de spill-over de la configuración de la invención, es decir una fuente elemental única por haz (solución denominada en inglés SFB por Single Feeder per Beam), y esto conduce a revisar el número de haces.

15 Las soluciones conocidas que utilizan un solo reflector para unas coberturas multihaz no permiten así beneficiarse de la capacidad óptima que se puede alcanzar con unos diámetros de reflector superiores a 4 metros, con respecto a las limitaciones de carga en las lanzaderas actuales y de consumo eléctrico sobre las plataformas actuales

20 Por ello, aceptar degradar el balance de enlace en términos de degradación del coeficiente de spill-over y de degradación de la C/I, estando el coeficiente de spill-over comprendido entre 5 y 6 dB y estando la C/I comprendida entre +9 dB y +23 dB, conduce a la solución de la invención, es decir una antena reflectora única y un conjunto fuente de tipo SFB que permite aumentar el número de haces y la capacidad respetando al mismo tiempo las limitaciones de carga de la antena en las lanzaderas habituales y las limitaciones de consumo en las
25 plataformas existentes.

Según la figura 7, como variante de la figura 5, un bloque fuente comprende un único conjunto conexo de fuentes radioeléctricas adyacentes formadas por unos cornetes.

30 En este caso, solo están representadas nueve fuentes, designadas por las referencias 602, 604, 606, 608, 610, 612, 614, 616, 618.

La disposición de las fuentes radioeléctricas en el plano focal es la de una configuración que corresponde a la distribución optimizada de las subbandas para tres colores designados por las letras A, B y C.

35 Las fuentes 602, 604, 606, respectivamente las fuentes 608, 610, 612 y las fuentes 614, 616, 618 están dispuestas según una primera fila, respectivamente una segunda fila y una tercera fila.

40 Las fuentes de dos filas consecutivas están desplazadas globalmente en una longitud igual a un radio de una fuente, de modo que por ejemplo las fuentes 602, 604, 610 forman un triángulo equilátero. Esta configuración que utiliza una malla o motivo ternario de distribución de color que tiene la forma de un triángulo equilátero corresponde a un esquema de reutilización de frecuencia óptimo para el cual la frecuencia de utilización de los tres colores y la C/I mínima son las más grandes sobre la cobertura angular generada por el conjunto de los haces procedentes de las fuentes.

45 Según la figura 8, el repetidor 56 de la carga útil comprende una entrada 602 de la antena de recepción 52 de la vía de ida ascendente a través de su fuente 603, un primer dispositivo de demultiplexado frecuencial 604 de las señales procedentes de dos estaciones de acceso satelitales diferentes conectado a la entrada 602 de la antena de recepción.

50 El repetidor 56 comprende asimismo, para cada conjunto de señales recibidas y emitidas por una misma estación de acceso, un segundo dispositivo de demultiplexado frecuencial 606 de las señales destinadas a unos haces descendentes diferentes, en este caso en número de cuatro y que corresponden a un mismo grupo de zonas elementales sobre cuatro vías de potencia de salida elementales diferentes.

55 En este caso, por simplificación y a título de ejemplo, se ha representado un solo segundo dispositivo de demultiplexado frecuencial 606 con sus cuatro vías de potencia de salida elementales 608, 610, 612, 614.

60 En efecto, se supone en este caso que las señales destinadas a un mismo haz descendente son emitidas en una misma subbanda de frecuencias ascendente de la vía de ida ascendente, y que las subbandas de frecuencias ascendentes asociadas a los haces descendentes de un mismo grupo de zonas elementales están yuxtapuestas para formar una banda de frecuencia asociada a un grupo.

65 Cada vía de transmisión elemental de potencia de salida 608, 610, 612, 614 comprende un dispositivo de transposición propio 616, 618, 620, 622 seguido de un medio de amplificación de potencia de salida asociado 624, 626, 628, 630, apto para suministrar a la fuente del haz correspondiente la potencia de salida.

Por ejemplo, las fuentes conectadas a los bornes de salida de las vías de transmisión elementales de potencia de salida son las fuentes de la figura 5 designadas por 502, 504, 510, 512.

5 Las otras fuentes elementales del conjunto fuente, al igual que las fuentes 502, 504, 510, 512, están conectadas a una vía única y diferente de transmisión elemental de potencia de salida. De esta manera, el repetidor está configurado para alimentar cada fuente de la antena 54 en una vía única de encaminamiento propio del tráfico descendente y destinado a la zona elemental correspondiente.

10 Cada medio de amplificación de potencia de salida 624, 626, 628, 630 es en este caso un Amplificador de tipo Tubo de Onda Progresiva (ATOP) que funciona en banda Ka.

15 Cada ATOP 624, 626, 628, 630 es apto para amplificar una subbanda o color de entre los cuatro colores de la segunda banda asignada, teniendo cada subbanda un ancho de banda de 1450 MHz y apto para suministrar una potencia de salida de 170 W.

Cada ATOP es utilizado en este caso en un punto de funcionamiento tomado a 3 dB de retroceso, siendo las pérdidas de salida entre la salida del ATOP y la entrada de la fuente iguales a 2,6 dB.

20 De manera general, los dispositivos de transposición están configurados para suministrar a cada vía de transmisión elemental de potencia de salida unas señales radioeléctricas en una subbanda de frecuencia B(i) de entre un número predeterminado N de subbandas de frecuencias que forman una banda de frecuencia asignada. Como cada subbanda B(i) está asociada a un color, los medios de transposición en frecuencia son aptos para distribuir las subbandas de frecuencias a las vías de transmisión de salida y al conjunto de las fuentes radioeléctricas elementales de manera que el diagrama en el suelo formado por los colores asociados a los diferentes haces generados por la antena sea un diagrama de N colores de reutilización de frecuencia optimizada, es decir un diagrama para el cual la distancia angular entre dos haces que utilizan el mismo color es la más grande en el conjunto de los diagramas posibles.

30 Según la figura 9, la cobertura general se descompone en 62 zonas elementales para las cuales se obtiene la capacidad total más importante en la vía descendente de ida.

35 Esta capacidad total máxima, igual a aproximadamente 100 Gbits/s se obtiene para un pavimento de la zona de cobertura en 62 zonas elementales, a condición de que se utilice un factor de reutilización de frecuencia igual a 4, una potencia eléctrica disponible a bordo del satélite para la carga útil igual a 12 kW, una C/I mínima admisible igual a 9 dB.

40 Esta capacidad máxima se alcanza cuando los terminales tienen un factor de G/T igual a 16,4 dB/°K, una ganancia de antena igual a 40 dB, y utiliza al mismo tiempo una modulación y una codificación adaptativa definidas según la norma DVB-S2 del ETSI (acrónimo inglés de European Telecommunication Standards Institute).

Como variante, la antena de telecomunicaciones y la carga útil están configuradas para funcionar en banda C.

45 Como variante, la antena funciona en modo recepción. En este caso, la pluralidad 64 de las fuentes radioeléctricas elementales 66 está configurada para ser iluminada por el reflector 62 mediante una radiación electromagnética en una banda de frecuencias según un conjunto primario multihaz primario de haces adyacentes distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces primarios adyacentes, estando cualquiera de los dos haces primarios adyacentes separados por una primera separación angular. El reflector 62 está configurado para interceptar una parte de la energía electromagnética emitida desde la zona geográfica 26, según un conjunto multihaz secundario de haces reflejados adyacentes secundarios distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces secundarios adyacentes, estando cualquiera de los dos haces secundarios adyacentes separados por una segunda separación angular. La primera separación angular y la segunda separación angular son sustancialmente iguales.

55 Como variante, la antena de telecomunicaciones está configurada para funcionar en emisión y en recepción con un mismo reflector.

60 Como variante, el reflector es un reflector conformado y las fuentes elementales que forman el bloque fuente están dispuestas en un plano medio con unas desviaciones de distancias alrededor de este plano medio en función de la conformación del reflector.

65 Como variante, el sistema de telecomunicaciones comprende dos satélites configurados en un "vuelo de formación". El reflector está montado sobre un primer satélite mientras que el bloque fuente y la carga útil están montados en un segundo satélite.

REIVINDICACIONES

1. Antena de telecomunicaciones multihaz destinada a equipar una carga útil (46) de telecomunicaciones de alta velocidad para cubrir en emisión y/o en recepción una zona geográfica (26) desde una órbita geoestacionaria, apta para ser montada mecánicamente sobre una o dos plataformas (40) de satélite (12) y para ser acoplada electromagnéticamente a un repetidor (56), que comprende:
- 5 por lo menos un reflector radioeléctrico (62), y
- 10 un bloque fuente (64) asociado, formado por una pluralidad de fuentes radioeléctricas elementales (66) dispuestas en un plano (63),
- 15 estando la pluralidad (64) de las fuentes radioeléctricas elementales (66) configurada para iluminar el reflector (62) mediante una radiación electromagnética en una banda de frecuencias y/o para ser iluminado mediante una radiación electromagnética en una banda de frecuencias reflejada por el reflector (62) según un conjunto multihaz primario de haces adyacentes primarios distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces primarios adyacentes, estando dos haces primarios cualesquiera adyacentes separados por una primera separación angular θ_{s1} ,
- 20 estando el reflector (62) configurado para reflejar una parte de la energía electromagnética emitida por el bloque fuente (64) y/o para interceptar una parte de la energía electromagnética emitida desde la zona geográfica (26), según un conjunto multihaz secundario de haces reflejados adyacentes secundarios distribuidos en por lo menos un conjunto conexo de haces secundarios (68) adyacentes, estando dos haces secundarios cualesquiera adyacentes separados por una segunda separación angular θ_{s2} ,
- 25 caracterizada por que
- el reflector (62) es único, siendo el reflector (62) un reflector no conformado,
- 30 dicho reflector (62) es de diámetro superior a 4 metros, y preferentemente es igual a 5 metros, y
- el plano (63) en el que están dispuestas las fuentes radioeléctricas (66) es un plano focal del reflector,
- 35 estando el plano focal (63) alejado de un centro de recorte del reflector (62) en una longitud focal comprendida entre 4 metros y 7 metros, y
- el bloque fuente (64) está dimensionado y dispuesto de manera que cada fuente sea apta para generar y/o recibir un haz único diferente y que la primera separación angular θ_{s1} sea sustancialmente igual a la segunda separación angular θ_{s2} ,
- 40 cualquier fuente (66) del bloque fuente (64) presenta un tamaño de apertura referenciado T_{fuente} , que verifica la relación
- 45 - $T_{fuente} \leq F * \tan(\theta_{s2} * (1 + \epsilon))$, cuando el reflector es una porción de paraboloide centrada en su centro de simetría de paraboloide C_P , y el plano focal (63) del reflector (62) en el que están dispuestas las fuentes radioeléctricas (66) es ortogonal al eje que pasa por el centro de simetría C_P del paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide, y
- 50 - $T_{fuente} \leq F_{eq} * \tan(\theta_{s2} * (1 + \epsilon))$ cuando el reflector (62) es una porción de un paraboloide desplazada con respecto al bloque fuente (64) de manera que se evite el enmascarado de los haces secundarios por el bloque fuente (64),
- en las que
- 55 F designa la distancia focal igual a la distancia entre el centro C_P de simetría de la porción de paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide,
- F_{eq} designa una distancia focal equivalente igual a la distancia entre un centro C_D de recorte de la porción de paraboloide y el punto focal F1 del paraboloide,
- 60 θ_{s2} designa la separación angular de dos haces adyacentes secundarios, y
- ϵ es un coeficiente numérico comprendido entre 0 y +0,35, y
- 65 las pérdidas de energía por desbordamiento asociadas a cada fuente (66) están comprendidas entre 3 y 10 dB, comprendidas preferentemente entre 3 y 7,5 dB.

2. Antena multihaz según la reivindicación anterior, en la que

el reflector es una porción de un paraboloide, y

el bloque fuente (64) comprende por lo menos un conjunto de fuentes radioeléctricas adyacentes formadas por cornetes de apertura circular, presentando cada cornete del conjunto un diámetro D_{fuente} que incluye el grosor metálico de la pared del cornete, y

el diámetro D_{fuente} de la apertura verifica la relación:

$D_{fuente} = F_{eq} \cdot \tan(\theta_{S2} \cdot (1 + \epsilon))$ cuando el reflector (62) es una porción de un paraboloide desplazada con respecto al bloque fuente (64), y la relación

$D_{fuente} = F \cdot \tan(\theta_{S2} \cdot (1 + \epsilon))$ cuando el reflector es una porción de paraboloide centrada en su centro de simetría de paraboloide C_P , en las que

F designa la distancia focal igual a la distancia entre el centro C_P de simetría de la porción de paraboloide y el punto focal $F1$ del paraboloide,

F_{eq} designa una distancia focal equivalente igual a la distancia entre un centro C_D de recorte de la porción de paraboloide y el punto focal $F1$ del paraboloide,

θ_{S2} designa la separación angular de dos haces adyacentes secundarios, y

ϵ es un coeficiente numérico comprendido entre 0 y +0,35.

3. Antena según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en la que el bloque fuente (64) y el reflector (62) están configurados para funcionar en una banda de frecuencia comprendida en el conjunto de las bandas C, K_U , K_A .

4. Antena de telecomunicaciones multihaz según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en la que la disposición de las fuentes radioeléctricas (66) en el plano (63) es la de una configuración que corresponde a una distribución optimizada para un número de colores igual a 3, 4 o 7.

5. Antena de telecomunicaciones multihaz según la reivindicación 3, en la que el valor mínimo sobre la cobertura geográfica (26) de la relación C/I entre, por un lado, la energía emitida y/o recibida por el reflector (62) en cualquier haz secundario y, por otro lado, la suma de las energías emitidas y/o recibidas en el mismo haz secundario y emitidas y/o recibidas por el reflector desde los otros haces del mismo color que el haz secundario, es inferior a 15 dB, preferentemente a 12 dB.

6. Carga útil de telecomunicaciones destinada a transmitir y/o recibir datos a alta velocidad, que comprende una antena (54) de emisión y/o de recepción definida según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4 y un repetidor (56), caracterizada por que

el repetidor (56) comprende un conjunto de vías de transmisión en emisión y/o en recepción (608, 610, 612, 614),

comprendiendo cada vía de transmisión (608, 610, 612, 614)

un borne de salida y/o de entrada radioeléctrico (632, 634, 636, 638) conectado a una fuente radioeléctrica única y diferente (502, 504, 510, 512) del bloque fuente (64), y

estando configurada para proporcionar unas señales radioeléctricas en una subbanda de frecuencia $B(i)$ de entre un número predeterminado N_b de subbandas de frecuencias que forman una banda de frecuencia asignada, y por que

estando cada subbanda $B(i)$ asociada a un color, las vías de transmisión son aptas para distribuir en emisión y/o en recepción las subbandas de frecuencias al conjunto de las fuentes radioeléctricas elementales de manera que el diagrama en el suelo formado por los colores asociados a los diferentes haces secundarios generados por la antena (54) es un diagrama de N_b colores de reutilización de frecuencias optimizado, es decir un diagrama para el cual la distancia angular entre dos haces que utilizan un mismo color es la más grande en el conjunto de los diagramas posibles.

7. Sistema de telecomunicaciones que comprende

un satélite de telecomunicaciones (12) equipado con una carga útil definida según la reivindicación anterior,

un conjunto (4) de terminales (6, 8, 10) de telecomunicaciones que pueden transmitir y/o recibir unas señales radioeléctricas hacia/desde el satélite (12),

5 una o varias estaciones de acceso satelital (18, 19, 20, 21) aptas para emitir y/o recibir unas señales radioeléctricas a/de los terminales a través del satélite (12) según un enlace ascendente de ida (48) y/o de vuelta, caracterizado por que

10 cada terminal (6, 8, 10) es apto para determinar la relación $C/I+N$ observada por su antena respectiva y/o por la antena satélite entre, por un lado, la energía C recibida asociada a la señal radioeléctrica útil del terminal y contenida en el haz secundario de cobertura del terminal y, por otro lado, la suma I de las energías recibidas en el mismo haz secundario pero emitidas desde los otros haces secundarios del mismo color que la fuente asociada al haz secundario de cobertura del terminal y de la energía N del ruido térmico recibido,

15 y comprende un dispositivo de adaptación de velocidad recibida o transmitida (250, 252, 254) en función de las condiciones de $C/I+N$ observadas, siendo la velocidad variable por la modificación del número de estados de una modulación y/o la tasa de codificación y/o el flujo de símbolo.

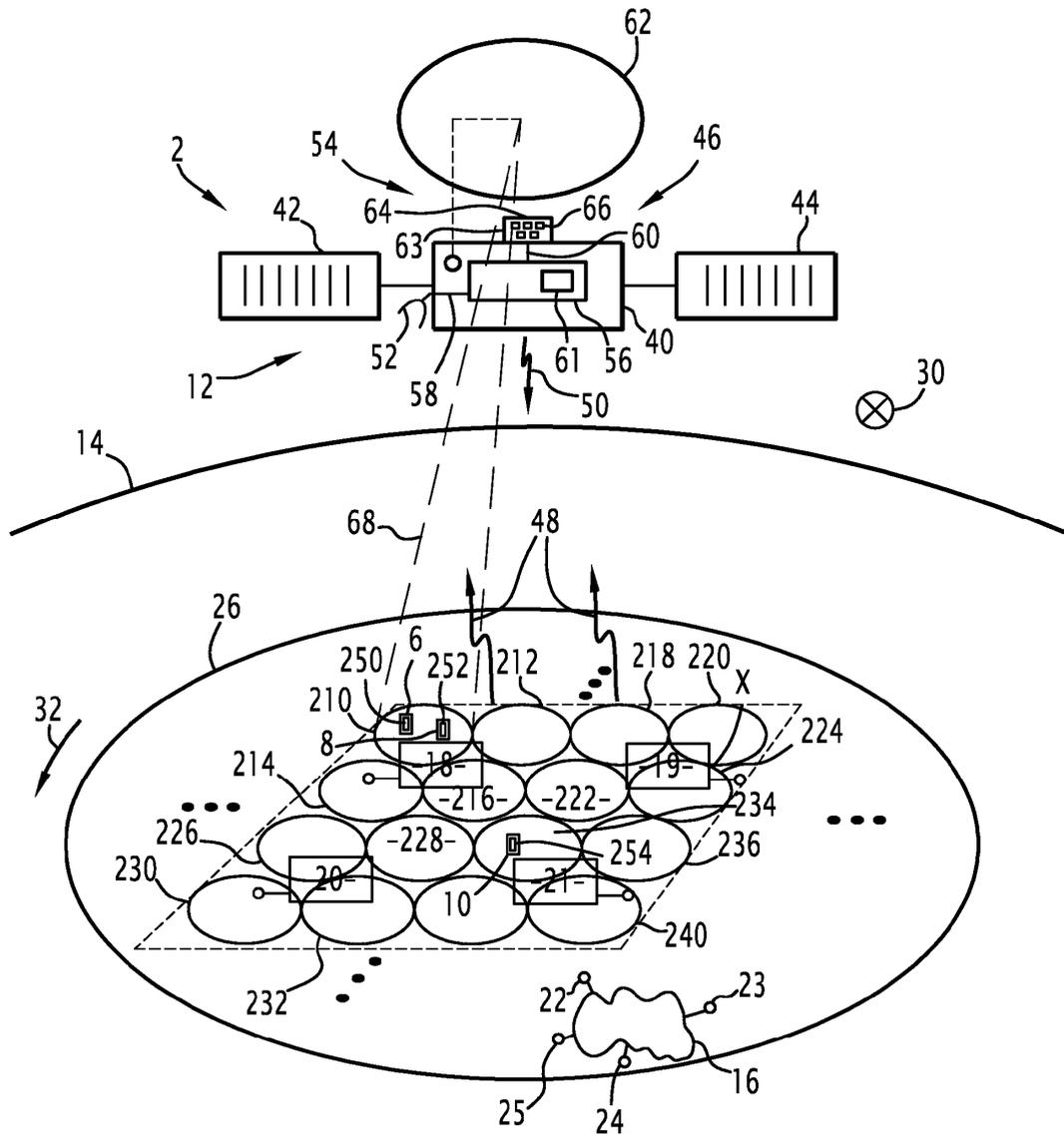


FIG.1

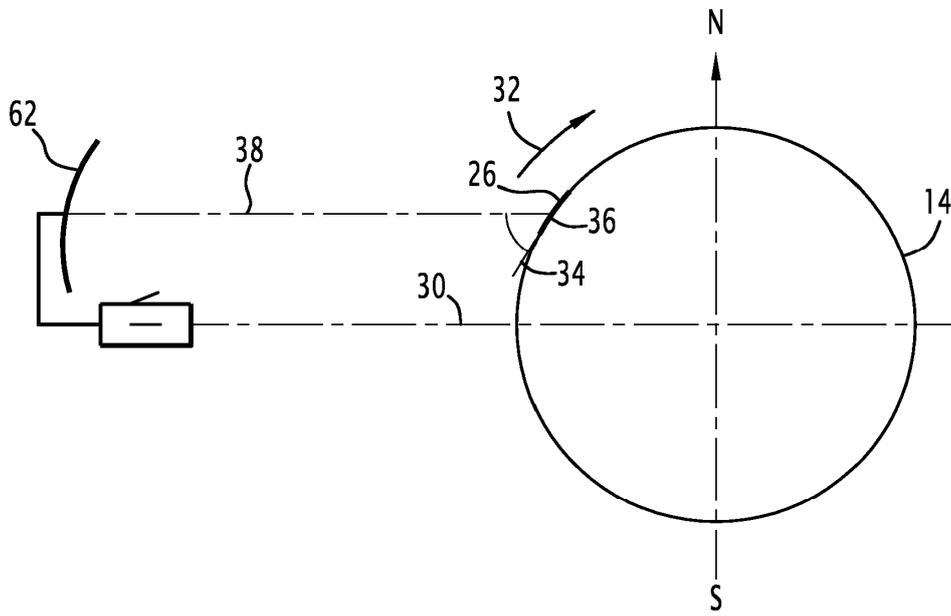


FIG.2

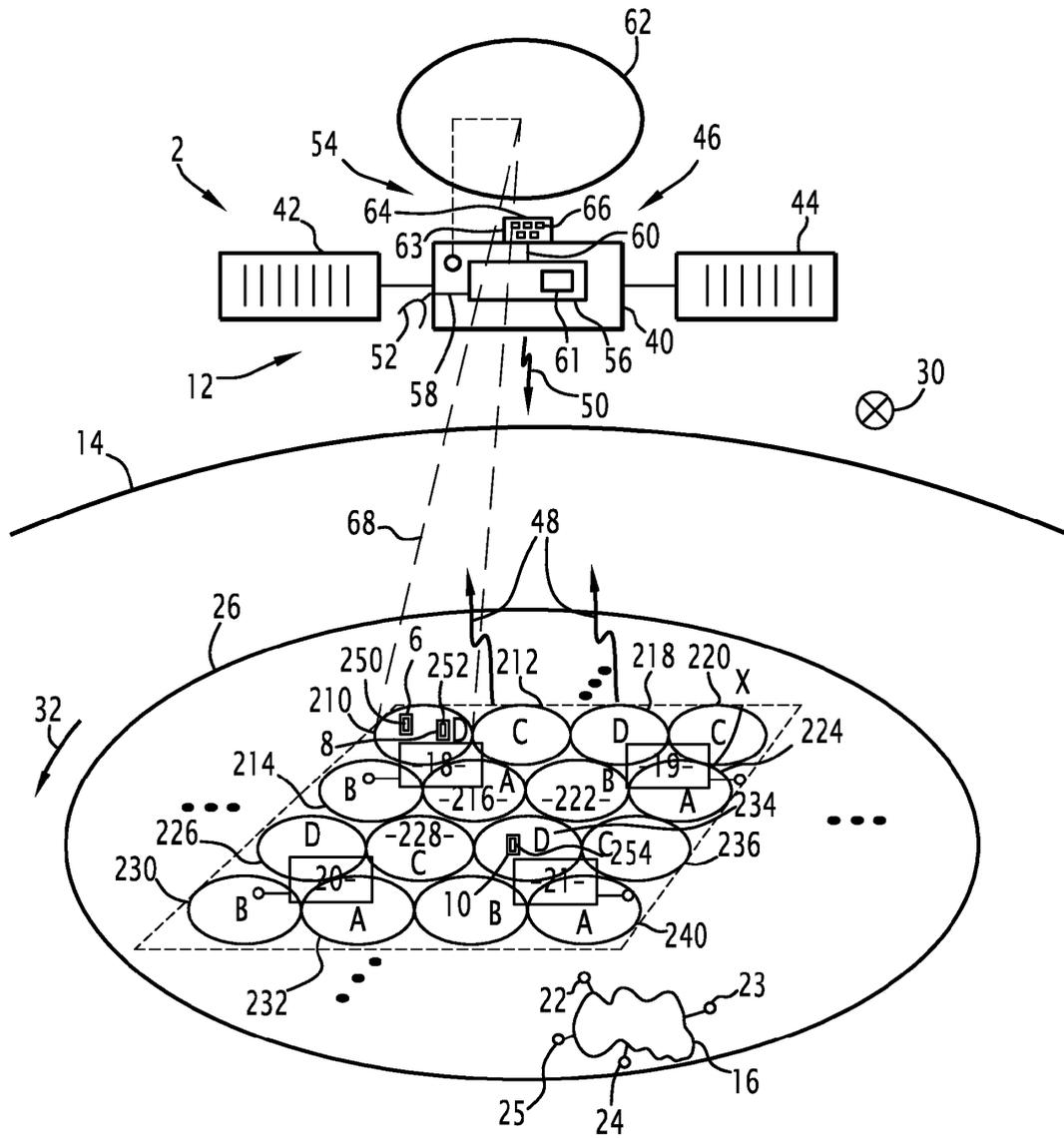


FIG.3

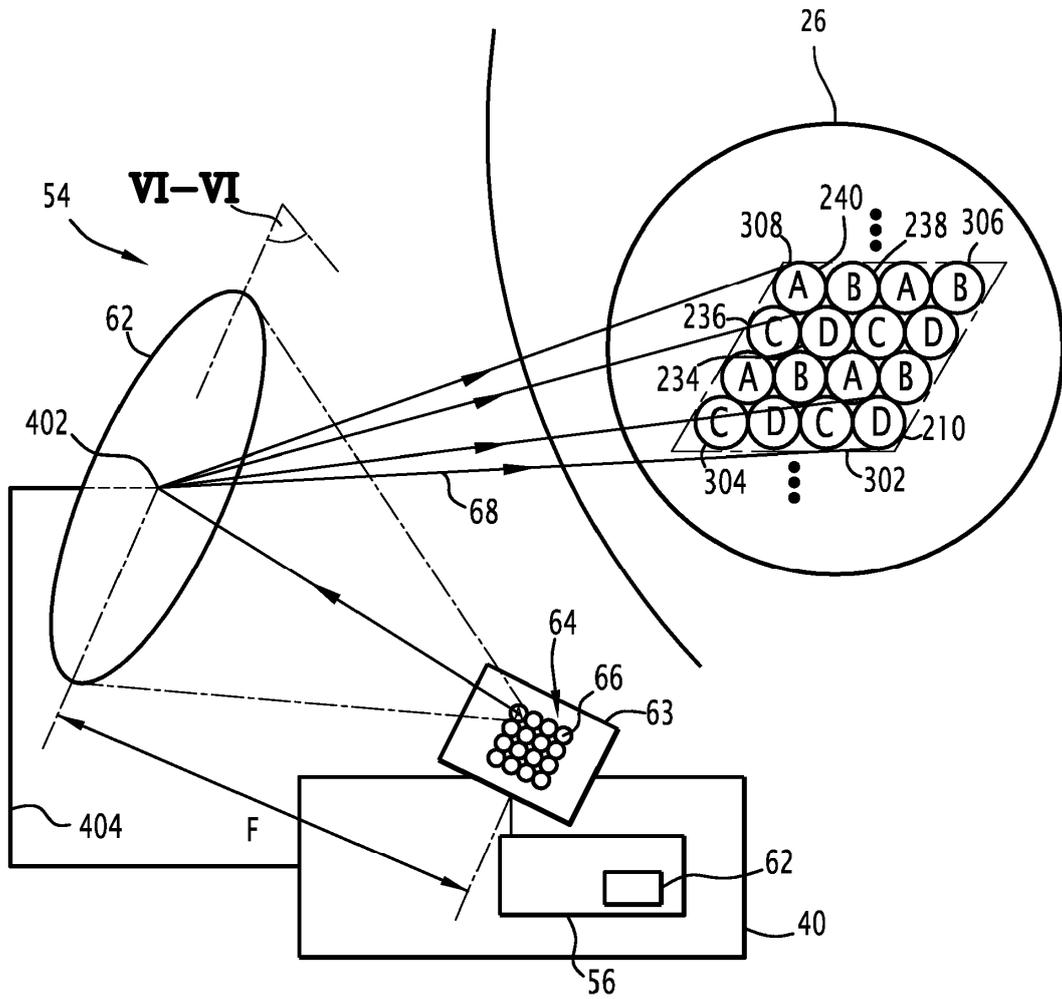


FIG. 4

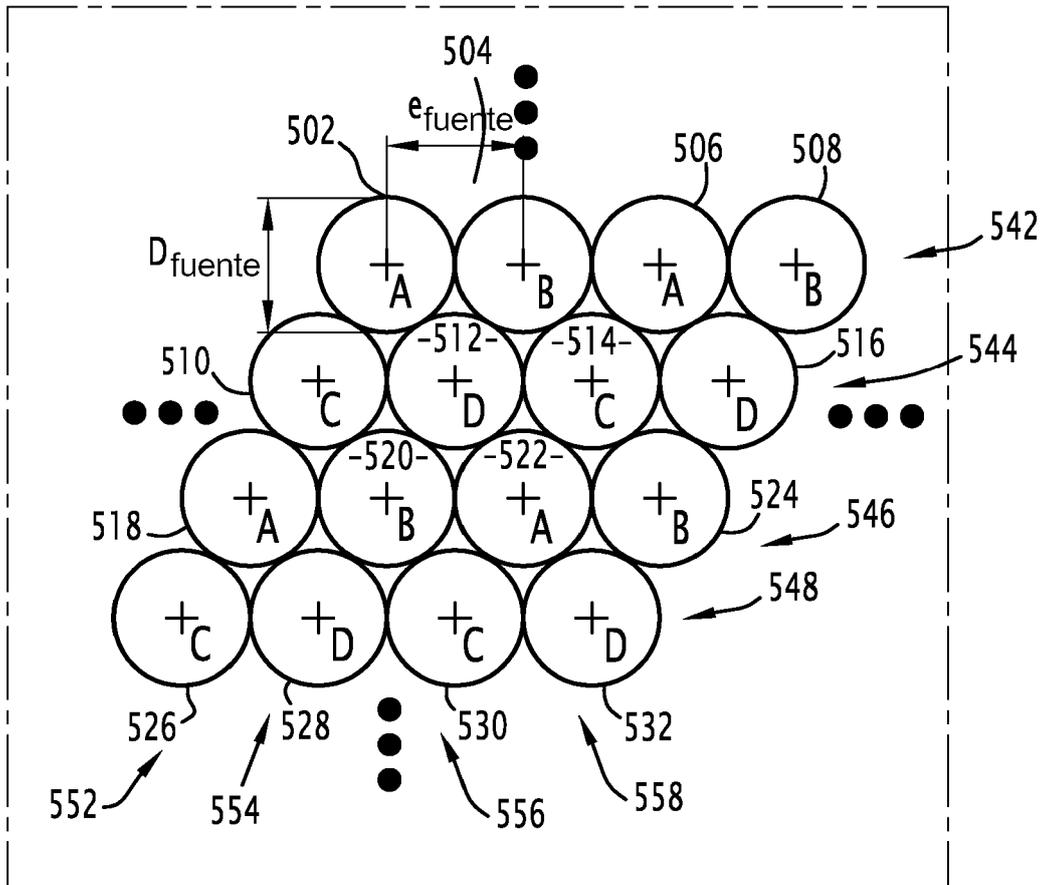


FIG.5

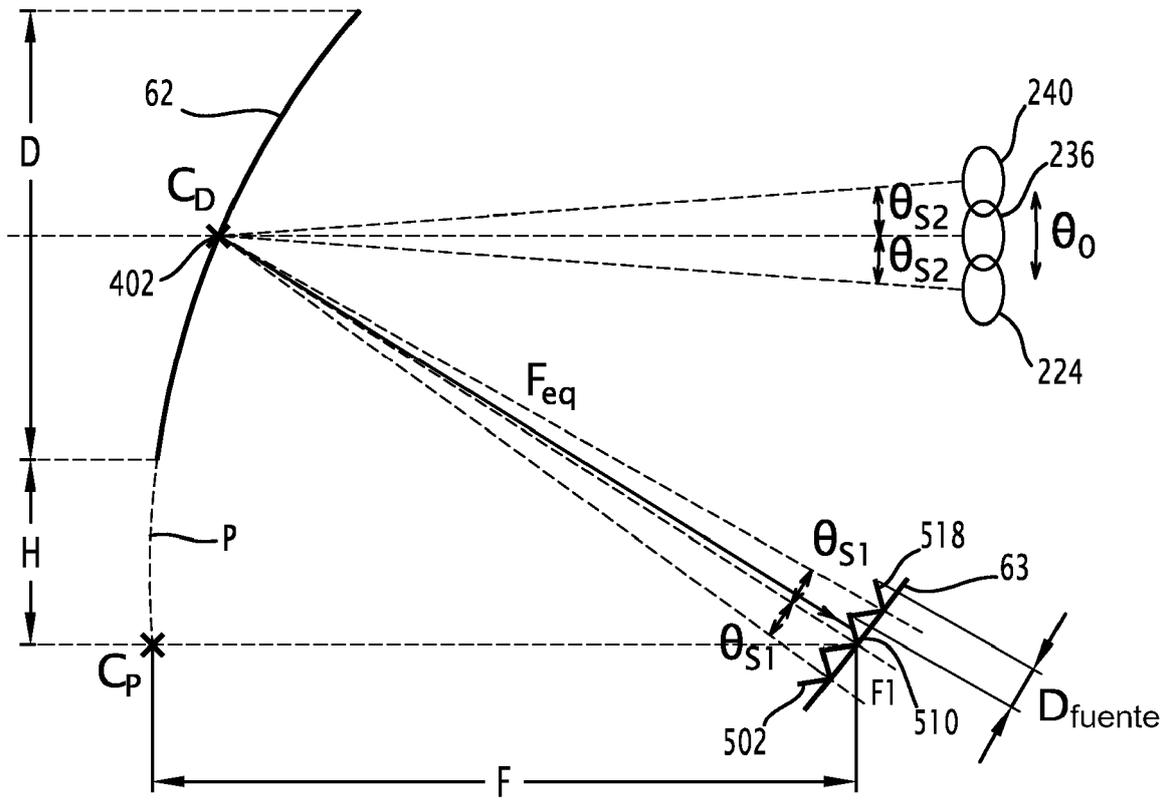


FIG.6

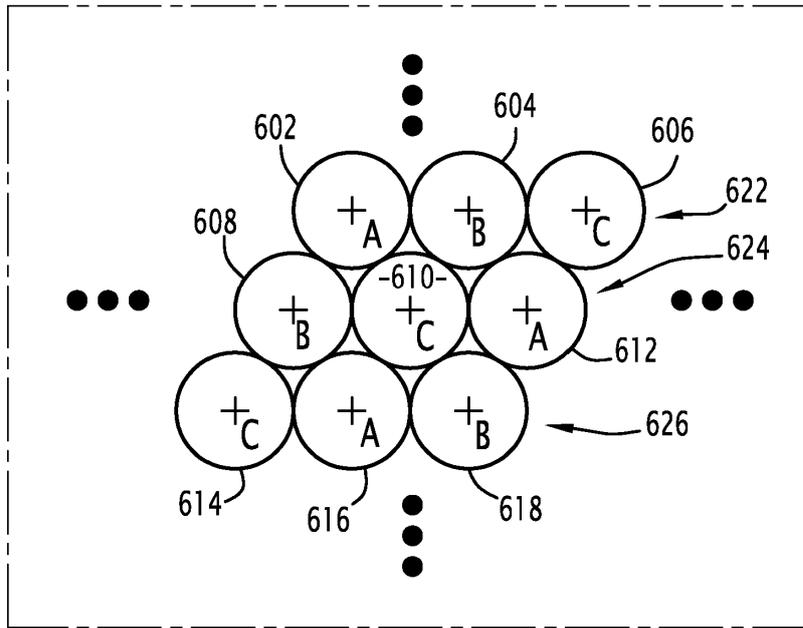


FIG. 7

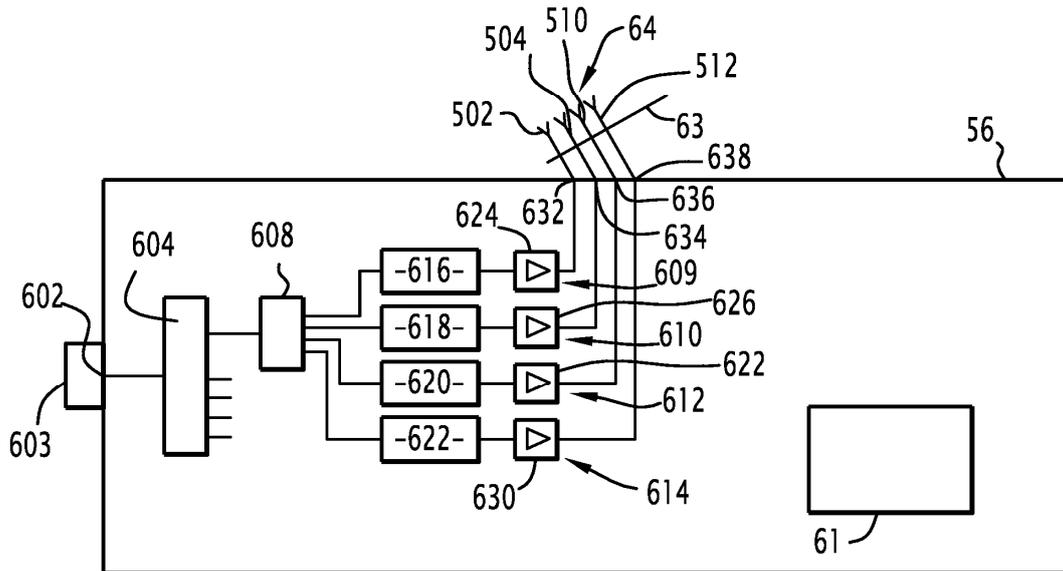


FIG. 8

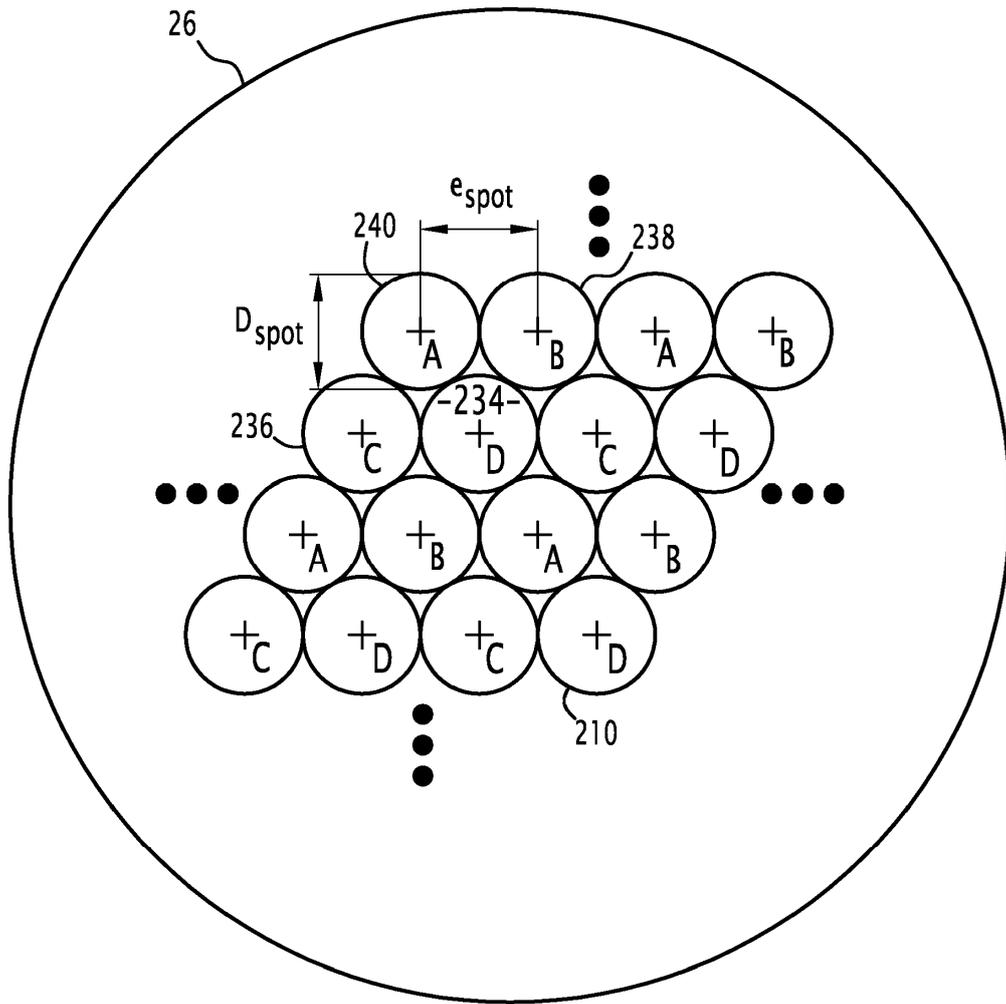


FIG.9