



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI0613013-5 A2**



* B R P I O 6 1 3 0 1 3 A 2 *

(22) Data de Depósito: 11/07/2006
(43) Data da Publicação: 14/12/2010
(RPI 2084)

(51) *Int.Cl.:*
H01Q 19/17
H01Q 15/16

(54) Título: **REDE DE ANTENA COM REFLETOR(ES) CONFORMADO(S), DE ELEVADA RECONFIGURAÇÃO EM ÓRBITA**

(30) Prioridade Unionista: 13/07/2005 FR 0552175

(73) Titular(es): THALES

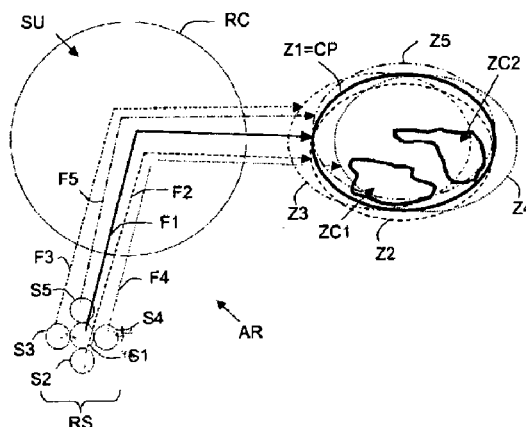
(72) Inventor(es): ERIC VOURCH, JACQUES MAUREL, MICHEL LEVEQUE

(74) Procurador(es): Dannemann, Siemsen, Bigler & Ipanema Moreira

(86) Pedido Internacional: PCT FR2006050708 de 11/07/2006

(87) Publicação Internacional: WO 2007/007011 de 18/01/2007

(57) **Resumo:** Patente de Invenção: REDE DE ANTENA COM REFLETOR(ES) CONFORMADO(S), DE ELEVADA RECONFIGURAÇÃO EM ÓRBITA. A presente invenção refere-se a uma antena rede com refletor(es) (AR), compreendendo 1) uma rede (RS) de pelo menos duas fontes (S1-S5), incluindo uma fonte central (Si), ajustadas e posicionadas de maneira a emitir e/ou receber feixes de ondas eletromagnéticas (F1-F5) em direções escolhidas, II) meios de formação de feixes encarregados de controlar a amplitude e a fase de cada uma dessas fontes por meio de leis de amplitude 1 fase aplicadas sobre seus acessos e assegurar um nível de amplificação apropriado, a fim de que cada fonte (Si -S5) emita um diagrama de radiação escolhida (constituindo um feixe e compreendendo um lóbulo principal, destinado a abranger uma zona escolhida (Z1-Z5), e III) pelo menos um refletor (RC) munido de uma superfície (SU) própria para refletir os feixes emitidos por essas fontes e/ou destinados a essas fontes e conformada de forma tridimensional, de maneira a refletir o feixe liberado por fonte (Si -S5)), aferindo sua energia de modo que abranja a zona associada escolhida, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado à essa fonte central (Si) defina uma abrangência primária (CP), englobando integralmente cada zona de abrangência ativa (ZO1, ZC2) da antena (AR), de forma e dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de radiação associada a cada fonte não central (S2 - S5) abranja pelo menos parcialmente essa abrangência primária (CP).





Relatório Descritivo da Patente de Invenção para **"REDE DE ANTENA COM REFLETOR(ES) CONFORMADO(S), DE ELEVADA RECONFIGURAÇÃO EM ÓRBITA"**.

5 A presente invenção refere-se às antenas redes com refletor(es), embarcadas sobre satélites e destinadas a transmitirem e/ou receberem feixes de ondas eletromagnéticas.

Entende-se no caso por "antena rede com refletor(es)" uma antena composta de um conjunto de fontes (ou elementos irradiadores), definindo uma rede, e de um ou vários refletores.

10 As antenas redes com refletor(es) precitadas são particularmente interessantes devido ao fato de permitirem formar e posicionar um ou vários feixes irradiadores para uma ou várias abrangências determinadas. Essa formação de feixes é feita por controle de amplitude e/ou de fase a nível das fontes.

15 A capacidade de modificar a posição e a forma das abrangências em órbita (dupla reconfigurabilidade) é particularmente interessante notadamente para considerar a evolução do tráfego, para alcançar o relé de um satélite em pane, ou em caso de mudança de posição sobre o arco orbital com conservação do balanço de ligação sobre uma zona determinada. A
20 fim de permitir uma dupla reconfigurabilidade, as três soluções apresentadas abaixo são mais freqüentemente utilizadas.

Uma primeira solução consiste em utilizar uma antena de rede ativa de irradiação direta (ou DRA), isto é, desprovida de refletor. Esse tipo de antenas rede oferece uma capacidade muito boa de dupla reconfigurabilidade, mas necessita de um grande número de controles que torna freqüentemente proibitivo seu custo e seu peso. Além disso, à emissão, o baixo rendimento dos amplificadores que são associados a cada um dos controles do DRA induz uma dissipação freqüentemente proibitiva.

30 Uma segunda solução consiste em utilizar uma rede de fontes no plano focal ou nas proximidades do plano focal de um refletor parabólico não conforme (ou FAFR). Essa solução é notadamente descrita no documento patente US 4.965.587. A fim de abranger uma zona determinada, a

rede de fontes é dimensionada de modo que cada uma de suas fontes contribui para uma parte da abrangência total. A posição das fontes é diretamente ligada à zona a abranger. Ela é determinada de forma geométrica, aplicando o princípio de reflexão sobre o refletor. As leis de amplitude / fase dos diferentes controles devem ser otimizadas para que os feixes emitidos pelas fontes se combinem, dando um diagrama de radiação adaptado a cada zona a abranger. Caso se deseje apenas abranger uma das zonas, previstas inicialmente, utiliza-se apenas a parte da rede correspondente. A dinâmica de amplitude aplicada aos elementos irradiadores é importante, o que torna freqüentemente necessário, à emissão, a utilização de um dispositivo de equilíbrio da potência entre os amplificadores (denominado MPA).

O fato de cada uma das fontes ser diretamente ligada a uma parte da abrangência, por um lado, impõe uma redundância a nível dos amplificadores, a fim de evitar a perda dessa zona em caso de pane parcial, e, por outro lado, induz um número de fontes (e freqüentemente de controles) diretamente ligado à extensão da abrangência. A arquitetura de formação dos feixes se mostra, portanto, particularmente complexa, induz perdas suplementares ligadas à presença do MPA, e acarreta volume e massa bastante elevados.

Uma terceira solução, variante da segunda, foi proposta no documento de patente US 2004/0222932. Ela consiste em instalar uma rede de fontes no plano focal de um refletor cuja superfície refletora está de acordo, de maneira a ampliar a zona abrangida por feixe, apresentando um diagrama de irradiação "plano" no lóbulo principal liberado por uma fonte elementar. O princípio permanece o mesmo que aquele descrito acima, cada fonte apenas contribuindo com uma parte da abrangência. Devido à ampliação dos feixes elementares introduzida pela conformação do refletor, o número de fontes necessárias à amostragem da abrangência pode, portanto, ser reduzido, o que permite diminuir o número dos controles da antena.

Nenhuma solução conhecida fornece uma satisfação completa em termos de custo e/ou de peso e/ou de simplicidade dos controles e/ou de capacidade de reconfigurabilidade em órbita, a invenção tem, portanto, por

finalidade melhorar a situação.

Ela propõe para isso uma antena rede com refletor(es) compreendendo I) uma rede de pelo menos duas fontes, incluindo uma fonte dita central, ajustadas e posicionadas de maneira a emitir (ou receber) feixes de ondas eletromagnéticas em direções escolhidas, II) meios de formação de feixes, permitindo controlar a amplitude e a fase de cada uma das fontes por meio de leis de amplitude / fase aplicadas a seus acessos e assegurar um nível de amplificação apropriado, a fim de que cada fonte emita um diagrama de radiação escolhido (constituindo um feixe e compreendendo um lóbulo principal) destinado a abranger uma zona escolhida, e III) um ou vários refletores encarregados de refletir os feixes emitidos pelas fontes (ou em direção dessas fontes).

Essa antena rede com refletor(es) se caracteriza pelo fato de:

- a superfície de pelo menos um de seus refletores ser conformada de modo tridimensional (3D), de maneira a refletir o feixe que é liberado por fonte, aferindo sua energia, a fim de que abranja a zona associada escolhida, que o lóbulo principal do diagrama de irradiação associado à fonte central defina uma abrangência dita primária, englobando integralmente cada zona de abrangência ativa da antena, de forma e dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de irradiação associado a cada fonte não central abranja pelo menos parcialmente a abrangência primária; e

- seus meios de formação de feixes serem encarregados de aplicar aos acessos da rede de fontes uma lei de amplitude e/ou de fase escolhida de modo que a combinação dos feixes emitidos pelas fontes da rede defina, cada uma, zonas de abrangência ativa da antena.

A antena rede com refletor(es), de acordo com a invenção, pode comportar outras características que podem ser consideradas separadamente ou em combinação, e notadamente:

- suas fontes podem ser posicionadas seja no plano focal do refletor, seja fora deste, de qualquer forma diante do refletor;

- suas fontes podem ser constituídas de um elemento irradiador de qualquer tipo (por exemplo, cartucho circular ou retangular, elemento im-

presso (ou "patch"), fenda, ou hélice), funcionando em emissão e/ou em recepção e não importa qual a polarização;

- a superfície de um de seus refletores apresenta, de preferência, uma forma geral de tipo paraboloidal conformada de forma tridimensional;

- pelo menos um de seus refletores pode compreender um mecanismo de marcação encarregado de modificar a posição do lóbulo principal associado à fonte central da rede.

Outras características e vantagens da invenção aparecerão como exame da descrição detalhada a seguir, desenhos anexados, nos quais:

- a figura 1 ilustra, de forma muito esquemática e funcional, um exemplo de modalidade de uma antena rede com refletor(es), de acordo com a invenção; e

- a figura 2 ilustra, de forma esquemática, o princípio de formação de zonas de abrangência ativa por meio de uma antena rede com refletor(es), de acordo com o inventor.

Os desenhos anexados poderão não somente servir para completar a invenção, mas também contribuir para sua definição, se for o caso.

Será feita referência inicialmente à figura 1 para descrever uma antena rede com refletor(es) AR, de acordo com a invenção.

No que se segue, considera-se a título de exemplo não limitativo que a antena rede com refletor(es) AR é consagrada à única transmissão de feixes de ondas eletromagnéticas, comporta apenas um único refletor AR, que sua rede RS comporta apenas cinco fontes SI ($i = 1$ a 5) oferece apenas duas zonas de abrangência ativas (ZC1 e ZC2). Mas a invenção não está limitada a essa aplicação. Com efeito, a antena rede com refletor(es), de acordo com a invenção, pode funcionar em transmissão, ou ainda em transmissão e em recepção, e/ou pode comportar vários refletores, e/ou pode comportar uma rede composta de um número qualquer de fontes, e/ou pode oferecer mais de duas zonas de abrangência ativas. Essa antena tem por vocação principal ser embarcada sobre um satélite de telecomunicação.

Uma antena (rede com refletor(es)) AR, de acordo com a inven-

ção, compreende inicialmente uma rede RS constituída de pelo menos duas fontes Si ajustadas e posicionadas, de maneira a liberar feixes de ondas eletromagnéticas Fi (comportando sinais) em direções escolhidas. O número N de fontes Si da rede RS, o posicionamento das fontes Si umas em relação às outras, o tipo das fontes Si e as orientações respectivas das fontes Si são escolhidos em função da missão que é atribuída à antena AR. Considera-se no que se segue, a título de exemplo não limitativo, que o número N de fontes Si é igual a 5 ($i = 1$ a 5). Mas, esse número N pode assumir qualquer valor superior ou igual a dois.

10 Dentre essas fontes Si, uma (no caso Si) é dita central, por exemplo devido ao fato de se achar instalada sensivelmente no meio da rede RS.

 Cada fonte Si da rede RS pode ser constituída de um elemento irradiador de qualquer tipo, e, por exemplo, um cartucho circular ou retangular, um "patch" (elemento impresso), uma "fenda" ou uma hélice, podendo funcionar em emissão e/ou em recepção e em qualquer polarização.

 A antena AR compreende também um módulo de formação de feixes MFF encarregado de aplicar leis de amplitude e/ou de fase e amplificar de forma apropriada os sinais de cada uma das N fontes Si da rede RS, a fim de que cada fonte Si emita um diagrama de irradiação escolhido (constituindo um feixe Fi e compreendendo um lóbulo principal) destinado a abranger uma zona escolhida Zi. Quaisquer técnicas de aplicação de lei de amplitude / fase de amplificação conhecidas do técnico podem ser utilizadas para isso.

25 A antena AR compreende também um refletor RC munido de uma superfície SU conformada de modo tridimensional (3D). Essa conformação 3D, que se apresenta sob a forma de cavidades e de saliências feitos em locais escolhidos da superfície SU, é destinada a refletir o feixe Fi que é liberado por fonte Si, aferindo sua energia de modo, por um primeiro lado, que abrange a zona associada escolhida Zi, por uma segunda parte, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado à fonte central S1 defina uma abrangência dita primária CP, englobando integralmente cada zona de

30

abrangência ativa ZC_j da antena AR, de forma e dimensões escolhidas, e por um terceiro lado, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associada a cada fonte não central S_i (i diferente de 1) e, portanto, cada zona Z_i (i diferente de 1), abrange pelo menos parcialmente a abrangência primária CP a nível de uma zona de interseção ZIC_i .

Entende-se no caso por "zona de abrangência ativa" uma zona na qual as ondas eletromagnéticas transmitidas pela antena AR devem poder ser recebidas por meio de um receptor apropriado.

A zona Z_1 (definida pelo lóbulo principal do diagrama de radiação oriundo da fonte central S_1 da rede RS) define, portanto, uma abrangência dita primária CP. Cada ponto dessa abrangência primária CP se situa, portanto, em pelo menos uma zona de interseção ZIC_i , e, de preferência, em várias zonas de interseção ZIC_i . Em outros termos, cada ponto da abrangência primária CP é abrangido pelo lóbulo principal do feixe F_1 da fonte central S_1 e por um ou vários lóbulos principais dos feixes F_i (i diferente de 1) associados a outras fontes S_i (i diferente de 1) da rede RS.

O comportamento da antena no interior da abrangência primária CP se assemelha muito àquele de uma rede de radiação direta (DRA).

Conforme indicado acima, é no interior da abrangência primária CP que podem ser definidas as zonas de abrangência ativa ZC_j da antena AR por meio das leis e amplificações aplicadas pelo módulo de formação de feixes MFF. No exemplo não limitativo ilustrado na figura 2, a antena AR é concebida, de maneira a oferecer duas zonas de abrangência ativa ZC_1 e ZC_2 ($j = 1$ ou 2). Mas, a antena AR poderia ser concebida de maneira a oferecer mais de duas zonas de abrangência ativa ZC_j , ou bem, uma única.

A conformação do refletor RC que permite ampliar os feixes F_i é calculada em função da missão, já que é esta que vai definir o envoltório da abrangência primária CP devendo conter as diferentes zonas de abrangência ativa ZC_j da antena AR. Pode-se, por exemplo, determinar a conformação 3D por meio de funções polinomiais (por exemplo de tipo Spline ou Zernike) aplicadas a uma superfície de reflexão inicial de tipo paraboloidal, com o auxílio de softwares adaptados (por exemplo, de tipo POS4). Em função

da missão, as fontes Si são instaladas seja no plano focal do refletor RC, seja fora desse plano focal.

O refletor RC pode compreender um mecanismo de marcação (não representado nas figuras) destinado a modificar a posição do lóbulo principal que é associado à fonte central S1 da rede AR.

A antena AR, de acordo com a invenção, é particularmente bem adaptada, embora de forma não limitativa:

- a uma abrangência em modo simples "*spot*" de muita necessidade de reconfigurabilidade, por exemplo no caso de um satélite reconfigurável em função de sua posição orbital; e

- às missões multi-"*spots*" sobre largas aberturas, por exemplo no caso de uma amostragem de tipo CONUS por meio de zonas de abrangência ativa (ou "*spots*") de $0,4^\circ$ de diâmetro.

Graças à invenção, a disposição da rede de fontes é muito descorrelata da abrangência da antena, pois é a conformação 3D da superfície do refletor que define a abrangência primária CP ao interior da qual pode ser definido em qualquer número de "*spots*" (ou zonas de abrangência ativa ZCj) de qualquer forma. Isto permite limitar consideravelmente o tamanho da rede e o número de fontes e, por conseguinte, isto permite reduzir notavelmente o peso e a complexidade dos controles em relação a uma solução convencional com refletor parabólico ou em relação a uma solução de tipo DRA.

Por outro lado, uma fonte não estando mais ligada à elaboração de uma pequena parte de uma zona de abrangência ativa, como no caso de uma solução convencional com refletor parabólico, uma redundância natural pode ser obtida por meio da rede de fontes, embora as conseqüências de uma pane parcial sejam limitadas.

Além disso, reduzindo-se o tamanho da rede de fontes reduzem-se as aberrações da desfocalização, induzem-se naturalmente níveis de lóbulos secundários mais baixos (e, portanto, melhores relações C/I) comparados àqueles obtidos com uma solução convencional com refletor parabólico. A utilização de baixas relações entre a distância focal do sistema com refletor e o diâmetro do refletor principal é então facilitada (notadamente a

nível da implantação sobre um satélite).

5 A invenção combina assim as vantagens de uma antena de tipo
DRA (rede com radiação direta), a saber uma forte reconfigurabilidade e
uma redundância natural, e as vantagens de uma antena de tipo FAFR, a
saber uma forte diretividade obtida graças à superfície conformada do refle-
tor, evitando os inconvenientes desses dois tipos de antenas, a saber o nú-
mero de controles muito importante que contribui muito para o peso e o cus-
to, a perda de eficácia ligada aos lóbulos de redes no caso de uma antena
DRA, a perda de abrangência em caso de panes e o tamanho da rede de
10 fontes função da abrangência considerada no caso de uma antena FAFR.

A invenção não se limita às modalidades de antena rede com
refletor(es) descritos antes, somente a título de exemplo, mas ela abrange
todas as variantes que poderá considerar o técnico no âmbito das reivindica-
ções a seguir.

15 Assim, no que precede, descreveu-se um exemplo de antena
rede com refletor(es), de acordo com a invenção, dedicado à transmissão de
ondas eletromagnéticas. Mas, a invenção não está limitada a esse exemplo.
Ela se aplica com efeito também às antenas de rede com refletor(es) que
funcionam em recepção, ou em transmissão e em recepção.

REIVINDICAÇÕES

1. Antena rede com refletor(es) (AR), compreendendo I) uma rede (RS) de pelo menos duas fontes (Si), da qual uma fonte dita central (S1), ajustadas e posicionadas de maneira a emitir/ou receber feixes de ondas eletromagnéticas (Fi) em direções escolhidas, II) meios de formação de feixes (MFF), ajustados para controlar a amplitude e a fase de cada uma dessas fontes (Si) por meio de leis de amplitude / fase aplicadas sobre seus acessos e assegurar um nível de amplificação apropriado, a fim de que cada fonte (Si) emita um diagrama de radiação escolhida, constituindo um feixe (Fi) e compreendendo um lóbulo principal, destinado a abranger uma zona escolhida (Zi), e III) pelo menos um refletor (RC) munido de uma superfície (SU) própria para refletir os feixes (Fi) emitidos por essas fontes (Si) e/ou destinados a essas fontes (Si), caracterizada pelo fato de:

- essa superfície (SU) ser conformada de forma tridimensional, que se apresenta sob a forma de cavados e de bossas feitos em locais escolhidos da superfície (SU), de maneira a refletir o feixe (Fi) liberado por fonte (Si), aferindo sua energia de modo que abranja a zona associada escolhida (Zi), que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado à essa fonte central (S1) defina uma abrangência dita primária (CP), englobando integralmente cada zona de abrangência ativa (ZCj) da antena (AR), de forma e dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de radiação associada a cada fonte não central abranja pelo menos parcialmente essa abrangência primária (CP); e

- esses meios de formação de feixes serem ajustados para aplicar aos acessos da rede de fontes (Si) uma lei de amplitude e/ou de fase escolhida, de modo que a combinação dos feixes (Fi) liberados por essas fontes (Si) defina cada uma dessas zonas de cobertura ativa (ZCj).

2. Antena rede com refletor(es), de acordo com a reivindicação 1, caracterizada pelo fato de essa abrangência primária (CP) englobar integralmente pelo menos uma zona de abrangência ativa (ZCj).

3. Antena rede com refletor(es), de acordo com uma das reivindicações 1 e 2, caracterizada pelo fato de essa abrangência primária (CP)

englobar integralmente pelo menos duas zonas de abrangência ativa (ZCj).

4. Antena rede com refletor(es), de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de essas fontes (Si) serem posicionadas em um plano focal de um desses refletores (RC).

5 5. Antena rede com refletor(es), de acordo com uma das reivindicações 1 a 3, caracterizada pelo fato de essas fontes (Si) serem posicionadas fora de um plano focal de um desses refletores (RC).

6. Antena rede com refletor(es), de acordo com uma das reivindicações 1 a 5, caracterizada pelo fato de essa superfície (SU) desse refletor
10 (RC) apresentar uma forma geral de tipo paraboloidal conformada de modo tridimensional.

7. Antena rede com refletor(es), de acordo com uma das reivindicações 1 a 6, caracterizada pelo fato de pelo menos um desses refletores compreender um mecanismo de marcação ajustado para modificar a posição
15 do lóbulo principal associado a essa fonte central (S1) da rede (RS).

8. Antena rede com refletor(es), de acordo com uma das reivindicações 1 a 7, caracterizada pelo fato de cada uma dessas fontes (Si) ser constituída de um elemento irradiador escolhido em um grupo que compreende pelo menos um cartucho circular ou retangular, um elemento impresso,
20 uma fenda ou uma hélice.

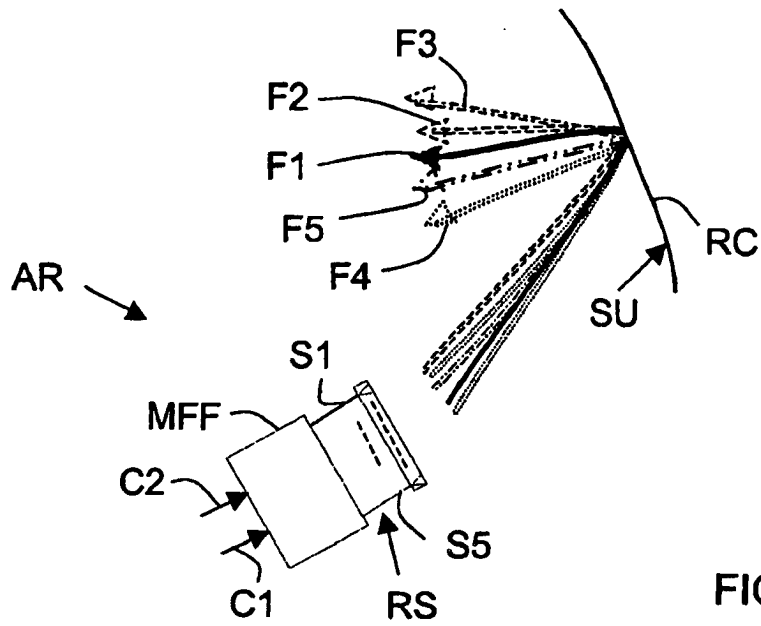


FIG.1

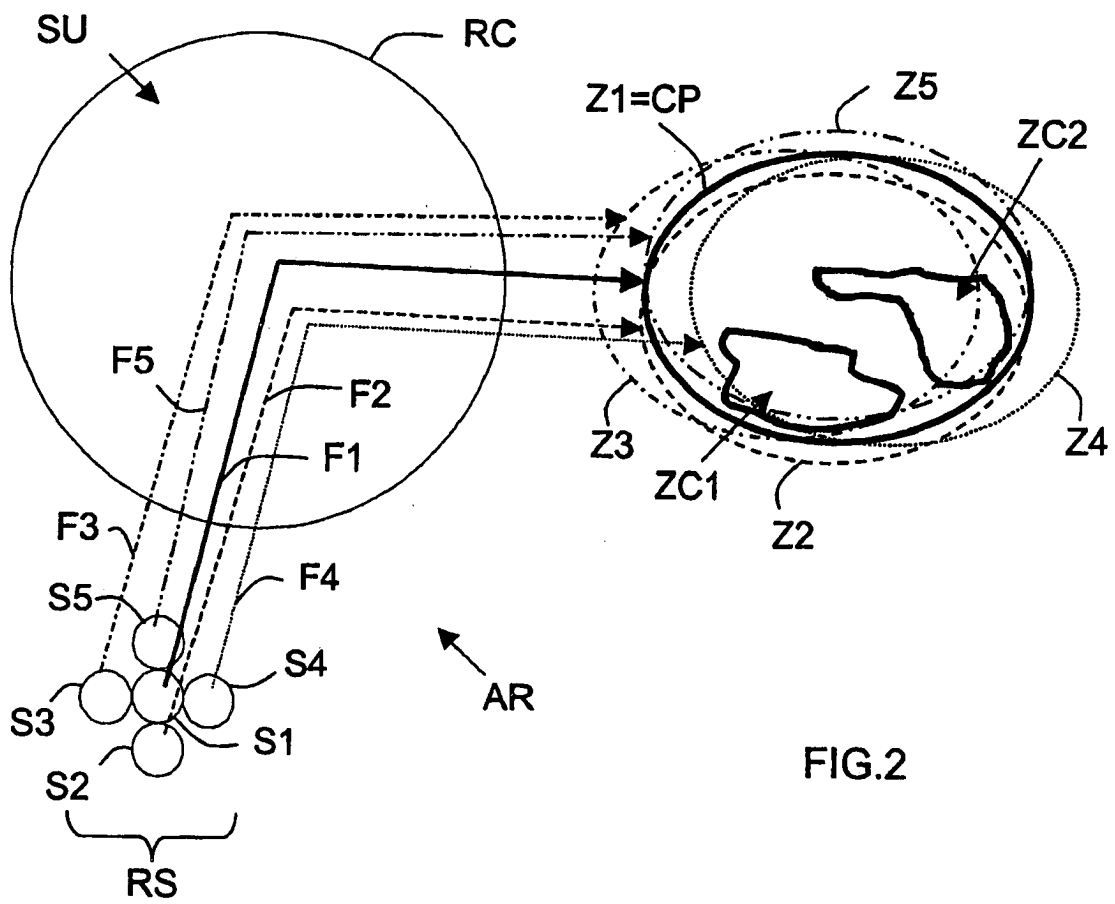


FIG.2

RESUMO

Patente de Invenção: **"REDE DE ANTENA COM REFLETOR(ES) CONFORMADO(S), DE ELEVADA RECONFIGURAÇÃO EM ÓRBITA"**.

A presente invenção refere-se a uma antena rede com refletor(es) (AR), compreendendo I) uma rede (RS) de pelo menos duas fontes (S1-S5), incluindo uma fonte central (S1), ajustadas e posicionadas de maneira a emitir e/ou receber feixes de ondas eletromagnéticas (F1-F5) em direções escolhidas, II) meios de formação de feixes encarregados de controlar a amplitude e a fase de cada uma dessas fontes por meio de leis de amplitude / fase aplicadas sobre seus acessos e assegurar um nível de amplificação apropriado, a fim de que cada fonte (S1-S5) emita um diagrama de radiação escolhida (constituindo um feixe e compreendendo um lóbulo principal, destinado a abranger uma zona escolhida (Z1-Z5), e III) pelo menos um refletor (RC) munido de uma superfície (SU) própria para refletir os feixes emitidos por essas fontes e/ou destinados a essas fontes e conformada de forma tridimensional, de maneira a refletir o feixe liberado por fonte (S1-S5)), aferindo sua energia de modo que abranja a zona associada escolhida, que o lóbulo principal do diagrama de radiação associado à essa fonte central (S1) defina uma abrangência primária (CP), englobando integralmente cada zona de abrangência ativa (ZC1, ZC2) da antena (AR), de forma e dimensões escolhidas, e que o lóbulo principal do diagrama de radiação associada a cada fonte não central (S2 - S5) abranja pelo menos parcialmente essa abrangência primária (CP).