

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 952 624 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:

27.10.1999 Bulletin 1999/43(51) Int Cl.⁶: **H01Q 3/46**(21) Numéro de dépôt: **99400963.7**(22) Date de dépôt: **20.04.1999**

(84) Etats contractants désignés:

**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**

Etats d'extension désignés:

AL LT LV MK RO SI(30) Priorité: **24.04.1998 FR 9805182**(71) Demandeur: **THOMSON-CSF****75008 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:

- **Herault, Joel**
94117 Arcueil Cedex (FR)
- **Soiron, Michel**
94117 Arcueil Cedex (FR)
- **Garnier, Gérard**
94117 Arcueil Cedex (FR)

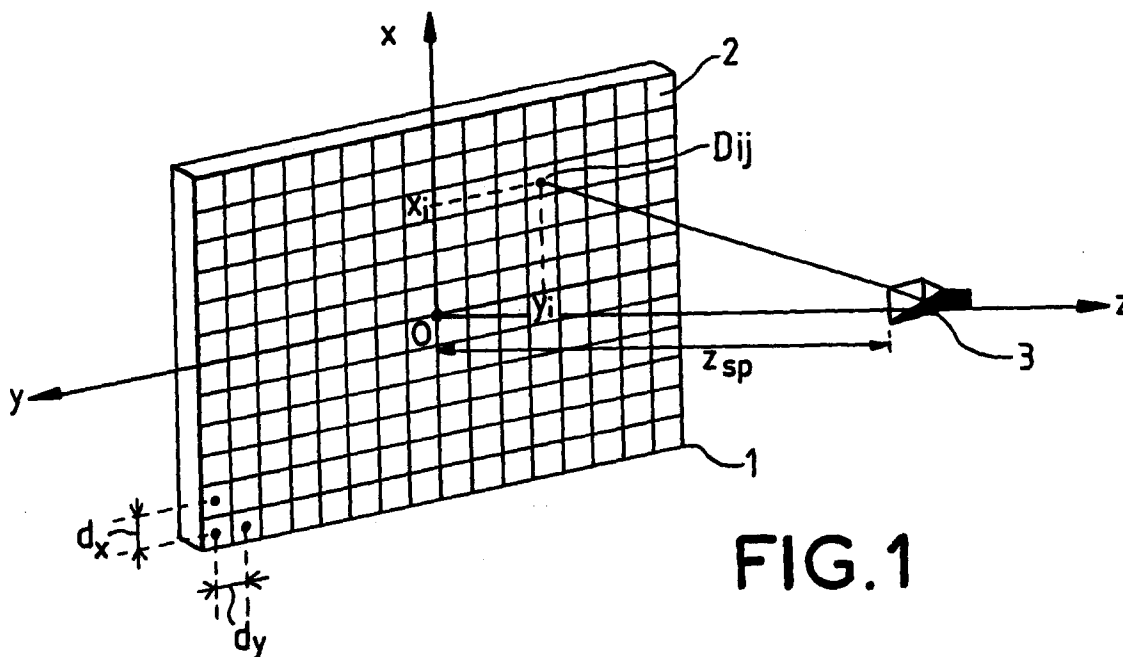
(54) Antenne à balayage électronique à multifaisceaux

(57) L'invention concerne une antenne à balayage électronique à multifaisceaux.

L'antenne comportant un réseau de déphaseurs (2, D_{ij}), les N faisceaux simultanés sont obtenus dans N directions par une loi d'excitation (f_{ij}) appliquée à chaque déphaseur (D_{ij}) qui est calculée en sommant les lois de phases $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k, \dots, \psi_N$ associées respectivement

à chaque direction d'ordre 1, 2, ..., k, ..., N et en appliquant le déphasage résultant ($\psi_{t_{ij}}$) sur le déphaseur, sans appliquer la modulation d'amplitude résultante (ρ_{ij}).

Application : notamment antennes à commande de phase uniquement dans le cadre de communications par satellites ou terrestres nécessitant une communication simultanée avec plusieurs sites variables.

**FIG.1****EP 0 952 624 A1**

Description

[0001] La présente invention concerne une antenne à balayage électronique à multifaisceaux. Elle s'applique notamment pour des antennes à commande de phase uniquement dans le cadre par exemple de communications par satellites ou terrestres nécessitant une communication simultanée avec plusieurs sites variables.

[0002] Les demandes de télécommunication augmentent sans cesse. Par ailleurs les utilisateurs, militaires, civils professionnels ou particuliers exigent des coûts de plus en plus réduits. Pour répondre à ces exigences, les matériels de télécommunication doivent être très rentables. A cet effet, il est intéressant d'utiliser des antennes à plusieurs faisceaux qui permettent d'émettre ou de recevoir simultanément dans plusieurs directions différentes, par ailleurs non figées à l'avance. Ainsi, il est avantageux pour un satellite de communication de pouvoir communiquer avec plusieurs stations à la fois, variables en nombre et en position, à partir d'une même antenne. Il en est de même pour des radio-communications terrestres dans le cas par exemple où plusieurs sites mobiles d'un même réseau peuvent communiquer entre eux simultanément.

[0003] Il est connu de réaliser des antennes à balayage électronique multifaisceaux, mais ces antennes sont actives, c'est-à-dire qu'elles ne comportent pas simplement des déphaseurs mais des modules actifs commandables en phase mais aussi en modulation d'amplitude, plus particulièrement en modulation de la puissance émise par module. Or, une antenne à modules actifs est coûteuse.

[0004] L'invention permet de réaliser une antenne à balayage électronique multifaisceaux non pourvue de modules actifs, c'est-à-dire à commande de phase uniquement, une telle antenne étant plus économique. A cet effet, l'invention a pour objet une antenne à balayage électronique comportant un réseau de déphaseurs D_{ij} caractérisée en ce que N faisceaux simultanés sont obtenus dans N directions indépendantes par une loi d'excitation f_{ij} appliquée à chaque déphaseur D_{ij} qui est calculée en sommant les lois de phases $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_k, \dots, \psi_N$ associées respectivement à chaque direction d'ordre 1, 2, ..., k, ..., N selon la relation :

$$f_{ij} = e^{j\psi_1} + e^{j\psi_2} + \dots + e^{j\psi_k} + \dots + e^{j\psi_N} = \rho_{ij} e^{j\psi_{t_{ij}}}$$

et en appliquant le déphasage résultant $\psi_{t_{ij}}$ sur le déphaseur, sans appliquer la modulation d'amplitude résultante ρ_{ij} .

[0005] L'invention a pour principaux avantages qu'elle s'adapte à des antennes déjà réalisées, qu'elle s'applique à tous types d'antennes à balayage électronique, qu'elle permet de créer un grand nombre de faisceaux simultanément pour une même antenne et qu'elle est simple à mettre en oeuvre.

[0006] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit faite en regard des dessins annexés qui représentent :

- la figure 1, un exemple d'antenne à balayage électronique à réflecteur où l'invention peut être appliquée ;
- la figure 2, une approximation d'une modulation d'amplitude par une modulation à deux états, dans le cas d'une antenne à deux faisceaux.

[0007] La figure 1 présente un exemple d'antenne à balayage électronique, comportant un réflecteur. Dans ce type d'antenne, une source primaire éclaire le réflecteur qui focalise l'énergie reçue dans une direction désirée, la variation de direction s'effectuant par commande du réflecteur. Le réflecteur 1 comporte par exemple un réseau de $N \times M$ déphaseurs élémentaires 2, plus particulièrement N déphaseurs selon un premier axe x et M déphaseurs selon un deuxième axe y, par exemple orthogonal au précédent. L'antenne est par exemple à contrôle de phase, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de contrôle d'amplitude. Le réflecteur 1 de l'antenne est éclairé par un élément rayonnant 3. Cet élément rayonnant est par exemple un cornet alimenté par une source primaire de façon connue de l'homme du métier. Il est placé à une distance z_{sp} du réflecteur. En considérant l'origine de la phase par exemple au centre géométrique O du plan du réflecteur, qui est par exemple aussi l'origine des deux axes précités x, y, la loi de phase ψ théorique à appliquer à un déphaseur D_{ij} pour pointer un faisceau d'émission obtenu, dans une direction de balayage (θ_b, ϕ_b) s'écrit selon les relations suivantes :

$$\Psi = \Psi_x + \Psi_y \quad (1)$$

quelle que soit la distance entre les déphaseurs, avec en particulier en cas d'équidistance entre ces déphaseurs :

$$\Psi_{xi} = 2\pi i \frac{d_x}{\lambda} \sin \theta_b \cos \phi_b \quad (2)$$

5 et

$$\Psi_{yj} = 2\pi j \frac{d_y}{\lambda} \sin \theta_b \sin \phi_b \quad (3)$$

10

où :

- D_{ij} est le déphaseur d'ordre i selon l'axe x et d'ordre j selon l'axe y , i et j étant des entiers relatifs de sorte que deux déphaseurs disposés sur une même droite, parallèle à un des deux axes x , y , mais dont le segment est coupé par un de ces deux axes, qui passent par l'origine O , ont des ordres de signes opposés;
- d_x et d_y sont respectivement les distances selon les axes x et y , entre les centres de deux déphaseurs contigus ;
- z étant l'axe perpendiculaire aux deux axes précédents x , y , alors θ_b est l'angle de la direction de pointage du faisceau vu de l'origine O , par rapport à l'axe z , dans le plan O , x , z et ϕ_b est l'angle de la projection sur le plan O , x , y de la direction de pointage du faisceau vu de l'origine O , par rapport à l'axe x , dans le plan O , y , z , en d'autres termes, θ_b est l'angle entre la direction de balayage et l'axe Oz et ϕ_b est l'angle entre la direction de balayage projetée dans le plan O , x , y et l'axe Ox ;
- λ est la longueur de l'onde émise.

[0008] Il faut ajouter à cette phase théorique Ψ , l'opposée de la phase du rayonnement de la source primaire de l'élément rayonnant 3 qui éclaire le réflecteur 1, pour focaliser l'énergie dans la direction de balayage désirée (θ_b , ϕ_b). Dans le cas d'une source primaire, située à la distance z_{sp} précitée, z_{sp} étant en fait les coordonnées d'un point représentatif de cette source dans le repère O , x , y , z précédemment défini, il vient, en notant Ψ_{sp} la phase de rayonnement de la source primaire 3 :

30

$$\Psi_{sp_{ij}} = 2\pi \frac{\sqrt{(x_i^2 + y_j^2 + z_{sp}^2)}}{\lambda} \quad (4)$$

où x_i et y_j sont les coordonnées du centre du déphaseur dans le plan O , x , y .

[0009] La relation (4) montre que cette phase $\Psi_{sp_{ij}}$ est relative à une onde sphérique. Il faut aussi tenir compte de la phase Ψ_0 du comète de la source rayonnante qu'il est possible de choisir a priori.

[0010] Ainsi, l'excitation théorique $f_{ij}(x, y)$ associée à un déphaseur D_{ij} pour former un lobe dans une direction donnée (θ_b , ϕ_b) est donnée par la relation suivante :

40

$$f_{ij}(x, y) = e^{j(\Psi_{xi} + \Psi_{yj} - \Psi_{sp_{ij}} + \Psi_0)} \quad (5)$$

[0011] En pratique, les déphaseurs étant par exemple commandés selon N bits, la vraie phase appliquée à un déphaseur D_{ij} est la phase $\Psi_{tq_{ij}}$ quantifiée au pas du déphaseur $q = 2\pi/2^N$. En notant $\Psi_{t_{ij}}$ la phase totale égale à $\Psi_{xi} + \Psi_{yj} - \Psi_{sp_{ij}} + \Psi_0$, il vient :

45

$$\Psi_{tq_{ij}} = E(\Psi_{t_{ij}}/q) \times q \quad (6)$$

50

où $E(\Psi_{t_{ij}}/q)$ est la partie entière de $\Psi_{t_{ij}}/q$, q étant égal à $2\pi/2^N$.

[0012] Pour illustrer le fonctionnement en multifaisceaux, un exemple d'émission de deux faisceaux aux mêmes fréquences est d'abord présenté, les deux faisceaux étant dirigés dans des directions (θ_{b1} , ϕ_{b1}) et (θ_{b2} , ϕ_{b2}) définies avec les mêmes conventions que précédemment pour la direction (θ_b , ϕ_b). Conformément aux relations (1) à (3), les phases Ψ_{b1} , et Ψ_{b2} associées à ces deux directions sont données par les relations suivantes :

55

$$\Psi_{b1} = 2\pi(i\frac{dx}{\lambda}\sin\theta_{b1}\cos\varphi_{b1} + j\frac{dy}{\lambda}\sin\theta_{b1}\sin\varphi_{b1}) \quad (7)$$

$$\Psi_{b2} = 2\pi(i\frac{dx}{\lambda}\sin\theta_{b2}\cos\varphi_{b2} + j\frac{dy}{\lambda}\sin\theta_{b2}\sin\varphi_{b2}) \quad (8)$$

[0013] En tenant compte de la phase $-\Psi_{spij}$ de focalisation du réseau plan, qui sert en fait comme il a été montré précédemment à compenser la phase de l'onde sphérique de la source primaire 3 du réflecteur supposée ponctuelle, et en tenant compte de la phase origine du cornet, l'excitation théorique f_{ij} associée à un déphaseur D_{ij} vérifie la relation suivante :

$$f_{ij} = e^{j(\Psi_{b1} - \Psi_{spij} + \Psi_{01})} + e^{j(\Psi_{b2} - \Psi_{spij} + \Psi_{02})} = e^{j\Psi_1} + e^{j\Psi_2} \quad (9)$$

en notant une phase origine du cornet par direction indépendante, respectivement Ψ_{01} , Ψ_{02} pour la première et la deuxième direction.

[0014] En application des relations (7), (8) et (9) précédentes, l'excitation f_{ij} peut également s'écrire selon la relation suivante :

$$f_{ij} = 2 \cos \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} e^{j\frac{\Psi_1 + \Psi_2}{2}} = \rho_{ij} e^{j\Psi_{t_{ij}}} \quad (10)$$

où

$$\Psi_1 = \Psi_{b1} - \Psi_{spij} + \Psi_{01} \quad \text{et} \quad \Psi_2 = \Psi_{b2} - \Psi_{spij} + \Psi_{02}$$

avec

$$\rho_{ij} = 2 \left| \cos \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} \right|$$

et:

$$\Psi_{t_{ij}} = \frac{\Psi_1 + \Psi_2}{2} \text{ si } -\frac{\pi}{2} + 2k\pi \leq \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} \leq \frac{\pi}{2} + 2k\pi$$

ou :

$$\Psi_{t_{ij}} = \frac{\Psi_1 + \Psi_2}{2} + \pi \text{ si } \frac{\pi}{2} + 2k\pi \leq \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} \leq \frac{3\pi}{2} + 2k\pi$$

[0015] La loi de phase à appliquer aux déphaseurs de l'antenne, pour former les deux faisceaux, est la phase quantifiée :

$$\Psi_{t_{q_{ij}}} = E(\Psi_{t_{ij}} / q) \times q \quad (11)$$

[0016] Ainsi, selon la relation (10), pour former plusieurs faisceaux, il ne suffit pas d'appliquer la loi de phase linéaire $\frac{\Psi_1 + \Psi_2}{2}$, mais il faut également moduler l'amplitude des déphaseurs suivant la loi :

$$A_{ij} = 2\cos \frac{\Psi_1 - \Psi_2}{2} \quad (12)$$

pour chaque déphaseur D_{ij} , cette modulation d'amplitude étant notamment fonction de la situation de chaque déphaseur D_{ij} et de la longueur d'onde λ comme le montrent en particulier les relations (7), (8) et (12).

[0017] Or, dans le cas d'une antenne à commande de phase uniquement, il n'est pas possible d'agir sur l'amplitude. Dans le cas par exemple de la formation de deux faisceaux, l'invention permet de réaliser une approximation de l'amplitude sinusoïdale selon la relation (12) en une modulation d'amplitude à deux états +1 et -1, ce qui revient en réalité à prendre un module $\rho_{ij} = |A_{ij}|$ égal à 1 et en ajoutant un déphasage de π à la phase lorsque l'amplitude change de signe. De la sorte, il n'y a donc pas de modulation d'amplitude. Une antenne à déphaseur uniquement peut donc être utilisée.

[0018] La figure 2 illustre une telle approximation dans le cas de la formation de deux faisceaux dans des directions θ_1, θ_2 prises dans le plan Oxz défini précédemment. L'axe des ordonnées représente des valeurs $A(x)$ homogènes à une modulation d'amplitude en fonction des coordonnées prises sur l'axe x. Une première courbe sinusoïdale 21 représente la modulation d'amplitude $A(x)$ à appliquer selon la relation (12). Pour $x = 0$, la fonction $A(x)$ est maximale et égale à 2 quand $\Psi_1 = \Psi_2$, selon la relation (12), ce qui se vérifie puisque les phases à l'origine des comets, en cas d'utilisation de ces derniers, sont identiques. La période de variation T_x est donnée par la relation suivante :

$$T_x = \frac{2\lambda}{\sin\theta_1 - \sin\theta_2} \quad (13)$$

[0019] La modulation d'amplitude telle que représentée par la courbe 21 est selon l'invention approchée par une modulation d'amplitude à deux états, 1 et -1, représentée par une courbe 22. Cette modulation à deux états présente la même période de variation T_x que la modulation sinusoïdale précédente. Elle est aussi de même signe. En d'autres termes, lorsque la fonction $A(x)$ est positive, la fonction d'approximation est égale à 1, et lorsque la fonction $A(x)$ est négative, la fonction d'approximation est égale à -1. Il est à noter que la fonction d'approximation de la modulation de phase sinusoïdale $A(x)$ présente la même période T_x que cette dernière, ce qui permet notamment de conserver l'information relative aux directions visées contenue dans la période T_x , et permet de n'entraîner aucune perte de gain.

[0020] Pour former N faisceaux à la même fréquence dans N directions indépendantes, il suffit de quantifier ou non la phase déduite de l'expression de l'excitation f_{ij} liée aux déphaseurs et définie par la relation suivante, pour un déphaseur D_{ij} :

$$f_{ij} = e^{j\Psi_1} + e^{j\Psi_2} \dots + e^{j\Psi_k} \dots + e^{j\Psi_N} = \rho_{ij} e^{j\Psi_{t_{ij}}} \quad (14)$$

où $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_k, \dots, \Psi_N$ représentent respectivement les phases associées à la première, à la deuxième, à la $k^{\text{ième}}$ et à la $N^{\text{ième}}$ direction, la loi de phase quantifiée étant toujours $\Psi_{t_{ij}} = E(\Psi_{ij} / q) \times q$.

[0021] Par extrapolation du cas à deux faisceaux, les expériences menées par la Déposante ont en effet montré que seul le déphasage $\Psi_{t_{ij}}$ peut être appliqué, sans appliquer la modulation d'amplitude ρ_{ij} , c'est-à-dire en prenant $\rho_{ij} = 1$. En d'autres termes, selon l'invention, la loi d'excitation f_{ij} appliquée à chaque déphaseur D_{ij} est calculée en sommant les lois de phases $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_k, \dots, \Psi_N$ associées respectivement à chaque direction d'ordre 1, 2, ..., k, ..., N, selon la relation (14) précédente et en appliquant le déphasage résultant $\Psi_{t_{ij}}$ sur le déphaseur, sans appliquer la modulation d'amplitude résultante ρ_{ij} .

[0022] Pour former N faisceaux à N fréquences différentes, il suffit de quantifier ou non la phase déduite de la relation (14) mais avec une phase Ψ_k , associée à une $k^{\text{ième}}$ direction, qui vérifie, relativement à un déphaseur D_{ij} , la relation (15) suivante :

$$\Psi_k = 2\pi(i\frac{dx}{\lambda_k} \sin\theta_{b_k} \cos\phi_{b_k} + j\frac{dy}{\lambda_k} \sin\theta_{b_k} \sin\phi_{b_k}) - 2\pi\frac{r_{ij}}{\lambda_k} + \Psi_{0k}$$

où λ_k représente la longueur d'onde associée au $k^{\text{ième}}$ faisceau ou faisceau d'ordre k. $-2\pi\frac{r_{ij}}{\lambda_k} + \Psi_{0k}$ est un terme correctif qui ne s'applique que dans le cas d'une antenne à réflecteur selon la figure 1 par exemple, Ψ_{0k} pouvant s'appliquer à une antenne quelconque. Etant donné que le réflecteur 1 est plan et que le rayonnement émis par la source est sphérique, il faut tenir compte du fait que tous les déphaseurs ne reçoivent pas ce rayonnement en même

temps. C'est le terme $-2\pi \frac{r_{ij}}{\lambda}$ qui représente le retard lié au déphaseur D_{ij} et correspond en fait au déphasage Ψ_{spij} de la relation (4) précédente, où r_{ij} est la distance de la source 3 au déphaseur D_{ij} du plan réflecteur. Ψ_{0k} représente la phase du rayonnement émis, à l'origine O du plan réflecteur, et correspond au déphasage Ψ_0 de la relation (5).

[0023] La phase quantifiée à appliquer au déphaseur reste la phase $\Psi_{tqij} = E(\Psi_{t_{ij}}/q) \times q$.

[0024] Pour obtenir des faisceaux de directions et de caractéristiques données, il est possible d'associer à chaque lobe ou faisceau d'ordre k un coefficient r_k de pondération. Selon l'invention, ce coefficient est utilisé pour la détermination de la loi de phase appliquée à un déphaseur D_{ij} , mais, comme précédemment, la modulation résultante n'est pas appliquée en réalité puisqu'il n'y a pas de modulation d'amplitude au niveau des déphaseurs. Les expériences réalisées par la Déposante ont en effet montré que plusieurs faisceaux pouvaient être obtenus à partir de la loi de phase calculée de la sorte pour chaque déphaseur, sans appliquer la modulation d'amplitude.

[0025] La loi d'excitation f_{ij} d'un déphaseur est alors déterminée selon la relation suivante :

$$f_{ij} = r_1 e^{j\Psi_1} + r_2 e^{j\Psi_2} \dots + r_k e^{j\Psi_k} \dots + r_N e^{j\Psi_N} = \rho_{ij} e^{j\Psi_{t_{ij}}} \quad (16)$$

mais en réalité, c'est l'excitation $f_{ij}' = e^{j\Psi_{t_{ij}}}$ qui est appliquée, la loi de phase quantifiée étant toujours $\Psi_{tqij} = E(\Psi_{t_{ij}}/q) \times q$.

[0026] Une application possible est par exemple la formation d'une voie différence dans une direction et d'une voie somme dans une autre direction pour effectuer notamment une levée d'ambiguïté angulaire. Dans ce cas, le balayage pourrait s'effectuer dans le plan Ox, Oz tel que défini précédemment dans une direction θ_1 pour la voie différence et dans une direction θ_2 pour la voie somme. Dans le cas par exemple où l'antenne n'est pas à réflecteur, c'est-à-dire notamment que les déphasages Ψ_{sp} et Ψ_0 sont nuls, et en application des relations (7) et (8), il vient pour les lois de phase Ψ_1 et Ψ_2 :

$$\Psi_1 = 2\pi \frac{idx}{\lambda} \sin \theta_1 \quad \text{et} \quad \Psi_2 = 2\pi \frac{idx}{\lambda} \sin \theta_2$$

et, selon la relation (16) :

$$f_{ij} = r_1 e^{j\Psi_1} + r_2 e^{j\Psi_2}$$

[0027] Les coefficients r_1 et r_2 précédents peuvent alors être donnés par les relations suivantes :

$$r_1 = 2\pi \frac{idx}{\lambda} \cos \theta_1 \quad (17)$$

$$r_2 = \left[\frac{1}{NM} \sum_i^N \sum_j^M (2\pi \frac{idx}{\lambda} \cos \theta_1)^2 \right]^{1/2} \quad (18)$$

[0028] r_2 étant un coefficient de normalisation qui permet d'émettre la même puissance dans les deux directions et r_1 est un coefficient qui permet d'obtenir une voie différence dans la première direction, r_1 étant en fait égal à $\frac{\partial \Psi_1}{\partial \Psi_2}$.

[0029] La figure 1 présente une application avec une antenne à réflecteur, mais il est bien sûr possible d'appliquer l'invention à tous types d'antennes à balayage électronique à commande de phase uniquement, à modules actifs ou non. D'ailleurs, l'invention peut a fortiori s'appliquer à des antennes qui sont en plus commandables en amplitude. Il n'est pas nécessaire non plus que le réseau de déphaseurs soit plan.

[0030] A titre d'exemple, il a été fait référence à des déphaseurs discrets, à N bits, mais l'invention s'applique aussi pour des déphaseurs commandés continûment. L'invention permet de s'adapter à des antennes déjà réalisées puisqu'elle ne joue que sur les lois de phases appliquées aux déphaseurs des antennes. Il n'est pas non plus nécessaire de faire d'adaptations matérielles, l'invention est notamment de ce fait simple à mettre en oeuvre. Il suffit simplement d'intégrer dans les moyens de commande des déphaseurs les lois calculées selon l'invention. Il est par ailleurs possible de créer un grand nombre de faisceaux simultanément, par exemple jusqu'à plusieurs dizaines, notamment si le nombre de déphaseurs est grand, avec ou non des fréquences différentes.

[0031] Un exemple de réalisation de l'invention a été présenté pour une antenne à réflecteur à une seule source, constituée notamment d'un cornet. L'invention peut cependant s'appliquer pour une antenne à réflecteur à plusieurs sources, en associant par exemple une ou deux directions par source primaire.

Revendications

1. Antenne à balayage électronique comportant un réseau de déphaseurs $(2, D_{ij})$, caractérisée en ce que N faisceaux simultanés sont obtenus dans N directions indépendantes par une loi d'excitation f_{ij} appliquée à chaque déphaseur (D_{ij}) qui est calculée en sommant les lois de phases $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_k, \dots, \Psi_N$ associées respectivement à chaque direction d'ordre 1, 2, ..., k, ..., N selon la relation :

$$f_{ij} = e^{j\Psi_1} + e^{j\Psi_2} + \dots + e^{j\Psi_k} + \dots + e^{j\Psi_N} = \rho_{ij} e^{j\Psi_{t_{ij}}}$$

et en appliquant le déphasage résultant $\Psi_{t_{ij}}$ sur le déphaseur, sans appliquer la modulation d'amplitude résultante ρ_{ij} .

2. Antenne selon la revendication 1, caractérisée en ce que les fréquences des faisceaux sont différentes.
3. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les lois de phases $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_k, \dots, \Psi_N$ sont affectées d'un coefficient de pondération $(r_1, r_2, \dots, r_k, \dots, r_N)$.
4. Antenne selon la revendication 3, caractérisée en ce que les coefficients de pondération sont déterminés pour obtenir une voie somme et une voie différence selon deux directions différentes.
5. Antenne selon la revendication 4, caractérisée en ce que le coefficient de pondération r_1 associé à la première loi de phase Ψ_1 vérifie $r_1 = \frac{\partial \Psi_1}{\partial \theta_1}$ et le coefficient de normalisation associé à la deuxième loi de phase Ψ_2 est un coefficient de normalisation qui permet d'émettre la même puissance dans les deux directions.
6. Antenne selon la relation 6, caractérisée en ce que les lois de phase Ψ_1, Ψ_2 associées respectivement à la direction de la voie différence et de la voie somme étant données par les relations suivantes :

$$\Psi_1 = 2\pi \frac{idx}{\lambda} \sin \theta_1 \text{ et } \Psi_2 = 2\pi \frac{idx}{\lambda} \sin \theta_2$$

les coefficients de pondération associés sont respectivement :

$$r_1 = 2\pi \frac{idx}{\lambda} \cos \theta_1$$

et

$$r_2 = \left[\frac{1}{NM} \sum_i^N \sum_j^M \left(2\pi \frac{idx}{\lambda} \cos \theta_1 \right)^2 \right]^{1/2}$$

où :

- θ_1, θ_2 sont les angles des deux directions par rapport à un axe (Ox) pris dans leur plan commun (Oxz);
- idx est une coordonnée d'un déphaseur D_{ij} prise sur l'axe (Ox) précité ;
- λ_1 est la longueur d'onde du faisceau de la voie différence.

7. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que le nombre de faisceaux étant égal à deux, la modulation d'amplitude calculée $(21, A(x))$ est approchée par une modulation à deux états 1, -1 (22), la modulation approchée changeant d'état lorsque la modulation calculée change de signe.

8. Antenne selon la revendication 7, caractérisée en ce qu'un déphasage supplémentaire de π est appliqué au déphaseur lorsque la modulation calculée (21, A(x)) change de signe.

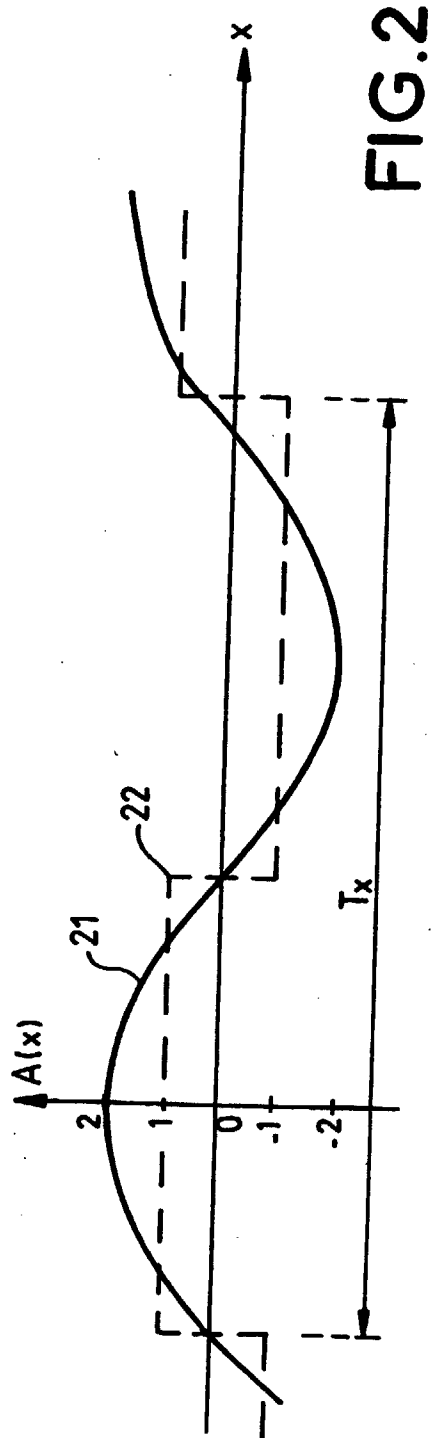
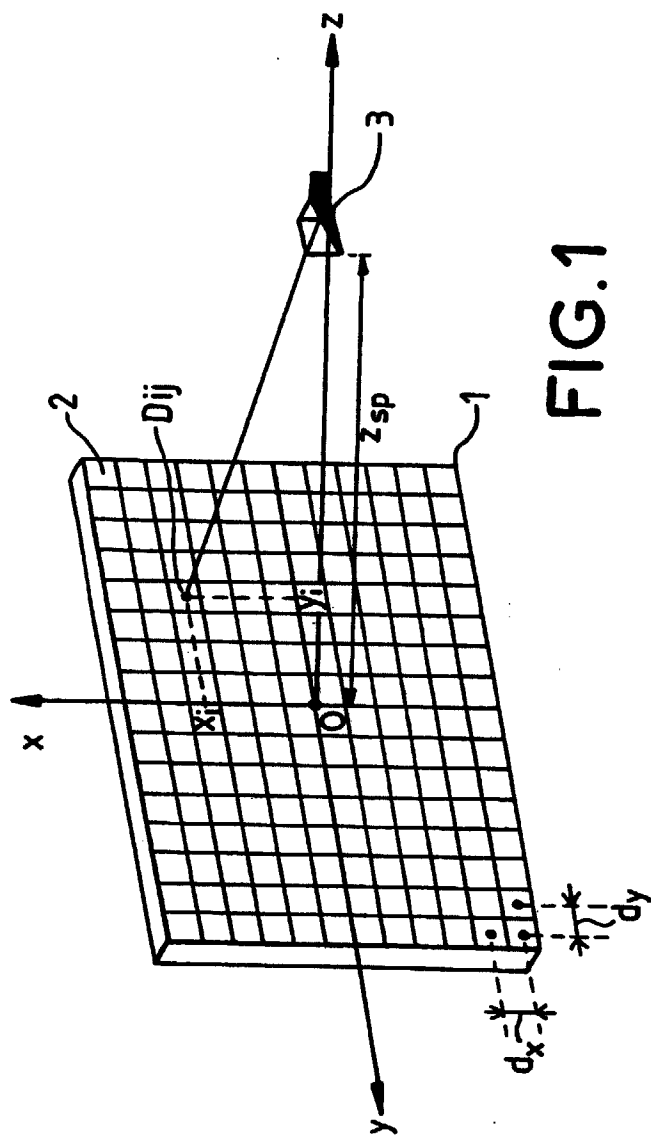
9. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce que les déphaseurs étant commandés selon N bits, la phase appliquée à un déphaseur (D_{ij}) est la phase :

$$\Psi_{tq_{ij}} = E(\Psi_{t_{ij}}/q) \times q$$

où :

- $E(\Psi_{t_{ij}}/q)$ est la partie entière de $\Psi_{t_{ij}}/q$, q étant égal à $2\pi/2^N$;
- $\Psi_{t_{ij}}$ est le déphasage résultant.

10. Antenne selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comporte un réflecteur (1) comprenant le réseau de déphaseurs (2).





Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 99 40 0963

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
Y	GUO Y J ET AL: "PHASE EFFICIENCY OF THE REFLECTIVE ARRAY ANTENNA" IEE PROCEEDINGS: MICROWAVES, ANTENNAS AND PROPAGATION, vol. 142, no. 2, 1 avril 1995, pages 115-120, XP000523503	1,2,9	H01Q3/46
A	* abrégé *	3-8,10	
Y	E. HECHT: "Optics" 1987, ADDISON-WESLEY, USA XP002090007 * page 493 - page 494 *	1,2	
Y	SHIBAN K. KOUL: "Microwave and millimeter wave phase shifters volume 1" 1991, ARTECH HOUSE, USA XP002090015 * page 47 - page 53 *	1,9	
A	US 5 706 012 A (KAY JOHN H) 6 janvier 1998 * abrégé *	1-10	
A	BERNARD GROB: "grob basic electronics" 1992, MC GRAW HILL, USA XP002090009 * page 592 *	1,7,8	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6)
A	JAVOR R D ET AL: "BEAM STEERING OF A MICROSTRIP FLAT REFLECTARRAY ANTENNA" DIGEST OF THE ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY INTERNATIONAL SYMPOSIUM, SEATTLE, WA., JUNE 19 - 24, 1994, vol. 2, 19 juin 1994, pages 956-959, XP000545575 INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS	1	H01Q
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 6 juillet 1999	Examineur Wattiaux, V
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire			

EPO FORM 1503 03 82 (P04002)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 99 40 0963

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

06-07-1999

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 5706012 A	06-01-1998	AUCUN	

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82