



(11) **EP 2 430 705 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
10.12.2014 Bulletin 2014/50

(21) Numéro de dépôt: **10721757.2**

(22) Date de dépôt: **11.05.2010**

(51) Int Cl.:
H01Q 21/06 (2006.01) H01Q 3/24 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2010/056416

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2010/130714 (18.11.2010 Gazette 2010/46)

(54) **ANTENNE MULTIFAISCEAUX COMPACTE**

COMPACT MULTIBEAM ANTENNA

COMPACT MULTIBEAM ANTENNA

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **11.05.2009 FR 0953086**

(43) Date de publication de la demande:
21.03.2012 Bulletin 2012/12

(73) Titulaire: **Bouygues Telecom
75116 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **MOTTA CRUZ, Eduardo
F-44800 Saint Herblain (FR)**

- **SAMMUT, Xavier
F-78160 Marly-Le-Roy (FR)**
- **TIAGUE LEUYOU, Maxime
F-92500 Rueil-Malmaison (FR)**
- **RABUSSIER, Vincent
F-69003 Lyon (FR)**

(74) Mandataire: **Regimbeau
20, rue de Chazelles
75847 Paris Cedex 17 (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A1-2007/146685 WO-A1-2008/126985
DE-A1- 10 110 256 US-A1- 2009 021 437**

EP 2 430 705 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

DOMAINE TECHNIQUE GENERAL

[0001] L'invention concerne le domaine des antennes multifaisceaux monofréquence ou multifréquences destinées à émettre/recevoir un signal radiofréquence selon une pluralité de directions.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] L'obtention d'un ou plusieurs faisceaux d'antenne directifs se fait au détriment de l'encombrement de l'antenne.

[0003] En effet, plus l'antenne doit être directive (c'est-à-dire que l'on souhaite avoir une antenne pouvant rayonner selon une direction privilégiée ou plusieurs directions) et doit posséder plusieurs faisceaux indépendants) plus sa surface rayonnante doit être importante.

[0004] La figure 1 illustre une antenne multi-faisceaux de type connu.

[0005] Cette antenne, constituée par trois panneaux P_1, P_2, P_3 , peut fonctionner selon trois faisceaux directifs.

[0006] Cette antenne - voir figure 2 - comprend un plan P de masse et un substrat 11 diélectrique, ayant une constante ϵ_1 diélectrique. Le substrat 11 est disposé sur le plan P de masse.

[0007] L'antenne comprend en outre une pluralité d'ensemble E_i d'éléments d'antennes, ces éléments d'antennes S_{ij} sont disposés sur le substrat 11 (i correspond au numéro de l'ensemble et j au numéro de l'élément d'antenne dans l'ensemble i).

[0008] Les éléments d'antennes S_{ij} sont adaptés à émettre/recevoir un signal radiofréquence selon une direction donnée de sorte que chaque ensemble E_i est associé à une direction de l'antenne. On considère que l'antenne émet/reçoit le signal dans une ou plusieurs bandes de fréquence selon des directions différentes, définies par chaque panneau.

[0009] La figure 2 illustre de manière schématique un ensemble E_i d'éléments d'antennes S_{ij} .

[0010] Les éléments S_{ij} sont alimentés selon une loi de distribution (a_{ij}, Φ_{ij}) , a_{ij} étant l'amplitude du signal émis ou reçu et Φ_{ij} sa phase. Cette loi est appliquée à chaque groupe d'ensembles i (formé des éléments d'antennes j) du même panneau dans le but de former un diagramme de rayonnement cohérent et privilégiant une direction déterminée A_1, A_2, A_3 , normalement un azimut donné dans le plan horizontal. Dans sa forme la plus simple, les éléments E_i sont alimentés en série ou en arborescence.

[0011] Les figures 3a et 3b illustrent respectivement une vue de dessus et une vue de profil du plan P de masse avec le substrat 11 et un élément d'antenne S_{i1} utilisé dans les antennes de type connu.

[0012] Dans les antennes multifaisceaux de ce type (voir figure 1), les ensembles correspondant à une même direction sont disposés en plusieurs colonnes, typiquement jusqu'à quatre colonnes. Les colonnes sont par

ailleurs disposées côte à côte.

[0013] Un problème est qu'un tel arrangement est encombrant notamment dans l'optique d'avoir des antennes de plus en plus directives, c'est-à-dire pouvant rayonner selon plusieurs directions. En effet, il faudrait rajouter des colonnes.

PRESENTATION DE L'INVENTION

[0014] L'invention permet d'avoir une antenne multifaisceaux d'encombrement réduit par rapport aux solutions d'antennes connues du même type.

[0015] Selon un premier aspect, l'invention concerne une antenne multifaisceaux destinée à émettre/recevoir un signal radiofréquence selon une pluralité de directions dans au moins une bande de fréquence, l'antenne comprenant : un plan de masse ; un substrat diélectrique, ayant une permittivité, le substrat étant disposé sur le plan de masse ; une pluralité d'ensemble d'éléments d'antennes disposés sur le substrat, chaque ensemble correspondant à une direction de l'antenne.

[0016] L'antenne selon l'invention est caractérisée en ce qu'elle comprend en outre un superstrat diélectrique, ayant une permittivité supérieure à la permittivité du substrat, disposé sur les ensembles d'éléments d'antennes, et en ce que les ensembles sont entrelacés les uns en dessous des autres de manière à former une colonne, les ensembles correspondant à une même direction de l'antenne étant séparés d'un nombre d'ensemble égal au nombre de directions de l'antenne moins un.

[0017] L'antenne selon l'invention pourra en outre présenter l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes :

- les éléments d'antennes d'un même ensemble sont espacés d'une distance inférieure à une longueur d'onde λ , la longueur d'onde λ correspondant dans le cas monofréquence à la fréquence à laquelle l'antenne doit fonctionner et dans le cas multifréquence à la fréquence centrale définie par $(f_{\max} - f_{\min})/2$ où $f_{\max}$ est la fréquence maximale à laquelle l'antenne doit fonctionner et $f_{\min}$ est la fréquence minimale à laquelle l'antenne doit fonctionner ;
- les éléments d'antennes appartenant à des ensembles différents sont espacés d'une distance inférieure à λ/n , où λ correspond à : dans le cas monofréquence, à la fréquence à laquelle l'antenne doit fonctionner ; dans le cas multifréquences, à la fréquence centrale définie par $(f_{\max} - f_{\min})/2$ où $f_{\max}$ est la fréquence maximale à laquelle l'antenne doit fonctionner et $f_{\min}$ est la fréquence minimale à laquelle l'antenne doit fonctionner ; et où n est le nombre d'ensembles différents (E_i) ;
- pour chaque direction de l'antenne un nombre identique d'ensembles d'éléments d'antennes ;
- les ensembles correspondant à une même direction de l'antenne sont connectés en série ou en arborescence ;

- chaque ensemble comprend un nombre identique d'éléments d'antennes ;
- les éléments d'antennes sont des patches carrés, en forme de triangle équilatéral ou en forme ellipsoïdale ;
- chaque côté de chaque élément d'antenne est de

dimension égale à $\frac{\lambda_0}{4\sqrt{\varepsilon_1 + \delta\varepsilon_2}}$ où ε_1 est la per-

mittivité du substrat et ε_2 est la permittivité du superstrat, λ_0 est la longueur d'onde correspondant à la fréquence associée à l'élément d'antenne, la valeur δ est approximativement égale à : $\delta = h_1 / (h_1 + d)$;

- les éléments d'antennes sont des patches à double polarisation orthogonale disposant de deux accès indépendants permettant de réaliser la diversité de polarisation.

[0018] L'antenne selon l'invention est monofréquence ou multifréquences et dans chaque bande de fréquence on peut disposer de plusieurs directions de faisceaux.

[0019] Selon un second aspect, l'invention concerne, un réseau de communication cellulaire comprenant une antenne le premier aspect de l'invention.

PRESENTATION DES FIGURES

[0020] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront encore de la description qui suit laquelle est purement illustrative et non limitative et doit être lue en regard des dessins annexés sur lesquels outre les figures 1, 2, 3a et 3b déjà discutées :

- la figure 4 illustre une antenne multifaisceaux selon l'invention ;
- les figures 5a et 5b illustrent respectivement une vue de dessus et une vue de profil du plan de masse avec un substrat et un superstrat diélectriques et un élément d'antenne de l'antenne de l'invention ;
- les figures 6a et 6b illustrent respectivement un patch carré et un patch en forme de triangle équilatéral mis en oeuvre dans l'antenne de l'invention ;
- la figure 7 illustre une antenne à trois faisceaux monofréquence conforme à l'invention ;
- la figure 8 illustre un arrangement des éléments d'antennes dans un ensemble pour une antenne bifréquences conforme à l'invention ;
- la figure 9 illustre la variation du couplage entre deux ensembles d'éléments d'antennes en fonction de l'écart entre les éléments pour les éléments d'une antenne de type connu et pour des éléments plus petits, mis en oeuvre dans une antenne de l'invention, ayant des caractéristiques de rayonnement identique ;
- la figure 10 illustre les performances en termes de

gain isotrope des éléments d'antennes d'une antenne de type connu et pour une antenne avec des éléments plus petits mis en oeuvre dans une antenne de l'invention, ayant des caractéristiques de rayonnement identique ;

- les figures 11a et 11b illustrent la réduction de taille d'un dipôle en un monopole utilisé dans l'antenne de l'invention ;
- la figure 12 illustre une vue de profil du plan de masse avec un substrat et un superstrat diélectriques et un élément d'antenne de l'antenne de l'invention pour expliciter les dimensions de l'élément d'antenne.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

Structure de l'antenne

[0021]

La figure 4 illustre une antenne multifaisceaux présentant un encombrement réduit par rapport aux antennes multifaisceaux de type connu (voir antenne de la figure 1).

Les figures 5a et 5b illustrent, respectivement, une vue de dessus et une vue de profil du plan P de masse avec le substrat 11, le superstrat 12 et un élément d'antenne S_{i1} .

[0022] Cette antenne comprend un plan P de masse, un substrat 11 diélectrique ayant une constante ε_1 diélectrique disposé sur le plan P de masse et une pluralité d'ensembles E_i d'éléments d'antennes S_{ij} disposés sur le substrat 11.

[0023] Comme déjà mentionné, chaque ensemble E_i correspond à une direction de l'antenne.

[0024] Pour réduire l'encombrement de l'antenne, les ensembles E_i d'éléments d'antennes S_{ij} sont entrelacés les uns en dessous des autres de manière à former une colonne et les ensembles E_i qui correspondent à une même direction de l'antenne sont séparés d'un nombre d'ensemble égal au nombre de direction de l'antenne moins un.

[0025] En d'autres termes, une même direction d'antenne se retrouve sur la colonne d'ensemble d'éléments d'antennes de manière périodique, la période étant égale au nombre de direction de l'antenne.

[0026] Un tel entrelacement peut générer un couplage entre les éléments d'antennes qui sont plus proches que dans les antennes de type connu.

[0027] Pour éviter le couplage entre les éléments d'antennes, la taille des éléments d'antennes est réduite.

[0028] Cette réduction de taille est possible par le fait que l'antenne comprend un superstrat 12 diélectrique ayant une permittivité ε_2 supérieure à la permittivité ε_1 du substrat 11 diélectrique.

[0029] L'utilisation de ce superstrat 12 permet de conserver des caractéristiques de rayonnement identiques à un élément d'antenne de taille plus grande.

[0030] Par ailleurs, une résistance R est connectée entre le plan P de masse et chaque élément S_{ij} d'antenne. La résistance R est typiquement égale à un Ohm. Cette résistance R sert à court-circuiter l'un des côtés rayonnants de l'élément d'antenne. Ce court-circuit sert à transformer l'élément rayonnant de taille $\lambda/2$, constitué de deux monopoles, chacun de taille $\lambda/4$ de chaque côté du dipôle, en un seul monopôle de taille $\lambda/4$ et par conséquent permet de diviser par deux les dimensions électriques de l'élément rayonnant (voir figure 11).

[0031] Cette résistance R permet également d'augmenter sensiblement la bande passante de l'antenne dans son comportement résonnant.

[0032] Afin d'obtenir de bonnes performances pour chaque direction de l'antenne, les ensembles E_i qui correspondent à une même direction d'antenne sont connectés entre eux en série.

[0033] Les éléments d'antennes appartenant à des ensembles différents sont espacés d'une distance inférieure à λ/n , où λ correspond :

- dans le cas monofréquence, à la fréquence à laquelle l'antenne doit fonctionner ;
- dans le cas multifréquences, à la fréquence centrale définie par $(f_{\max} - f_{\min})/2$ où $f_{\max}$ est la fréquence maximale à laquelle l'antenne doit fonctionner et $f_{\min}$ est la fréquence minimale à laquelle l'antenne doit fonctionner ; et où
- n le nombre d'ensembles différents (E_i).

[0034] Typiquement on prendra un espacement inférieur à $0,9\lambda/n$.

[0035] Les éléments d'antennes d'un même ensemble sont quant à eux espacés d'une distance inférieure à λ .

[0036] Les contraintes d'espacement permettent d'obtenir un diagramme de rayonnement des différents éléments avec un seul lobe principal dans une ouverture angulaire $(-90^\circ, +90^\circ)$ du plan de l'ensemble par rapport à l'axe principal de rayonnement perpendiculaire à l'ensemble.

[0037] Au-delà de cet espacement, des lobes principaux supplémentaires apparaissent de chaque extrémité de l'ouverture angulaire $(-90^\circ, +90^\circ)$ dégradant les performances en directivité de l'ensemble.

Cas monofréquence

[0038] On a illustré sur la figure 7 une antenne à trois faisceaux A, B, C monofréquence. Sur cette figure, dans chaque ensemble E_1, E_2, E_3 les éléments d'antennes S_{ij} sont connectés entre eux.

[0039] En outre, tous les ensembles E_1 sont connectés pour obtenir un premier faisceau A, tous les ensembles E_2 sont connectés pour obtenir un second faisceau B et tous les ensembles E_3 sont connectés pour obtenir un troisième faisceau C.

[0040] Les éléments d'antennes d'un même ensemble sont séparés d'une distance de $0,5\lambda$ et les éléments d'an-

tennes d'ensembles différents sont séparés d'une distance de $0,3\lambda$ (il y a trois faisceaux différents).

[0041] Par rapport aux antennes de type connu utilisant un seul faisceau, l'utilisation de plusieurs faisceaux (notamment l'utilisation d'une seule porteuse UMTS avec un code d'embrouillage différent par faisceau) fait appel à des antennes indépendantes et physiquement semblables ayant des diagrammes de rayonnement avec des différents azimuts dans le plan horizontal.

[0042] Cette démarche se traduit par une augmentation de la surface globale de la solution antennaire, comprenant une pluralité d'antennes spécifiques.

Cas multifréquences

[0043] On a illustré sur la figure 8 l'arrangement des éléments d'antennes S_{ij} dans un ensemble E_i pour une antenne bifréquences. Le nombre d'éléments d'antennes S_{ij} est doublé par rapport à une antenne monofréquence (voir figure 7).

[0044] Par rapport aux antennes de type connu, l'utilisation de plusieurs fréquences proches pour des différents standards de télécommunications (notamment l'utilisation du spectre 880-960 MHz pour le GSM et l'UMTS) fait appel à des antennes indépendantes et physiquement semblables ayant le même diagramme de rayonnement.

[0045] Cette démarche se traduit par une augmentation de la surface globale de la solution antennaire, comprenant une pluralité d'antennes spécifiques.

Éléments d'antennes S_{ij}

[0046] Les éléments d'antennes S_{ij} sont de préférence des patches carrés ou en forme de triangle équilatéral de côté de dimension d :

$$d = \frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_1 + \delta\epsilon_2}}$$

où ϵ_1 est la constante diélectrique du substrat et ϵ_2 est la constante diélectrique du superstrat, λ_0 est la longueur d'onde dans le vide δ est la contribution partielle du diélectrique ϵ_2 dans le rayonnement de la cavité de l'élément rayonnant.

[0047] Ce rayonnement s'opère dans des dimensions effectives prenant en compte la dimension physique d de l'élément et un débordement des champs qui s'étend sur une distance approximativement la valeur de l'épaisseur h_1 du substrat (voir figure 12). On note que la valeur

δ est approximativement égale à : $\delta = \frac{h_1}{h_1 + d}$.

[0048] Les figures 6a et 6b illustrent respectivement

un patch carré et un patch en forme de triangle équilatéral, chaque côté est de dimension d (voir ci-dessus).

[0049] Grâce à la réduction des dimensions des éléments d'antennes S_{ij} , l'entrelacement des ensembles E_i est possible et l'encombrement obtenu est identique à l'encombrement nécessaire à une seule direction de l'antenne de type connu (voir la comparaison entre la configuration de la figure 1 et la configuration de la figure 4).

Performances

[0050] La figure 9 illustre le couplage entre deux ensembles d'éléments d'antennes en fonction de l'écart entre les éléments pour les éléments de l'antenne de type connu (courbe 20) et pour les éléments plus petits (courbe 30) ayant des caractéristiques de rayonnement identiques. Pour assurer un bon fonctionnement entre différents systèmes, on cherche à obtenir un couplage entre différentes antennes inférieur à -30 dB.

[0051] Avec une distance typique de $0,45 \lambda$ entre les éléments d'antennes, les deux antennes de type connu ont un couplage entre elles d'environ -10 dB alors qu'avec le même espacement, les deux antennes avec les éléments d'antennes plus petits ont un couplage inférieur à -50dB entre elles.

[0052] La figure 10 illustre les performances en termes de gain isotrope des éléments d'antennes de l'antenne de type connu (courbe 40) et pour l'antenne avec des éléments plus petits (courbe 50).

[0053] On observe que, malgré l'ajout du superstrat et la réduction substantielle des dimensions physiques de l'élément rayonnant compact, son gain est d'environ 3 dBi à la fréquence de résonance, à peine 0,2 dB en dessous du gain d'un élément rayonnant classique (environ 3,2 dBi).

Revendications

1. Antenne multifaisceaux destinée à émettre/recevoir un signal radiofréquence selon une pluralité de directions dans au moins une bande de fréquences, l'antenne comprenant

- un plan (P) de masse ;
- un substrat (11) diélectrique, ayant une permittivité (ϵ_1), le substrat (11) étant disposé sur le plan (P) de masse ;
- une pluralité d'ensembles (E_i) d'éléments d'antennes disposés sur le substrat (11), chaque ensemble (E_i) correspondant à une direction de l'antenne ;

caractérisée en ce que l'antenne comprend en outre un superstrat (12) diélectrique, ayant une permittivité (ϵ_2) supérieure à la permittivité (ϵ_1) du substrat (11), disposé sur les ensembles (E_i) d'éléments d'antennes, et en ce que les ensembles (E_i) sont

entrelacés les uns en dessous des autres de manière à former une colonne, les ensembles (E_i) correspondant à une même direction de l'antenne étant séparés d'un nombre d'ensemble égal au nombre de directions de l'antenne moins un.

2. Antenne selon la revendication 1 dans laquelle les éléments d'antennes d'un même ensemble sont espacés d'une distance inférieure à une longueur d'onde λ , la longueur d'onde λ correspondant dans le cas monofréquence à la fréquence à laquelle l'antenne doit fonctionner et dans le cas multifréquence à la fréquence centrale définie par $(f_{\max}-f_{\min})/2$ où $f_{\max}$ est la fréquence maximale à laquelle l'antenne doit fonctionner et $f_{\min}$ est la fréquence minimale à laquelle l'antenne doit fonctionner.
3. Antenne selon l'une des revendications précédentes dans laquelle les éléments d'antennes appartenant à des ensembles différents sont espacés d'une distance inférieure à λ/n , où λ correspond à :

- dans le cas monofréquence, la fréquence à laquelle l'antenne doit fonctionner ;
- dans le cas multifréquences, la fréquence centrale définie par $(f_{\max}-f_{\min})/2$ où $f_{\max}$ est la fréquence maximale à laquelle l'antenne doit fonctionner et $f_{\min}$ est la fréquence minimale à laquelle l'antenne doit fonctionner ; et où
- n est le nombre d'ensembles différents (E_i).

4. Antenne selon l'une des revendications précédentes comprenant pour chaque direction de l'antenne un nombre identique d'ensembles d'éléments d'antennes.

5. Antenne selon l'une des revendications précédentes dans laquelle les ensembles correspondant à une même direction de l'antenne sont connectés en série ou en arborescence.

6. Antenne selon l'une des revendications précédentes dans laquelle chaque ensemble comprend un nombre identique d'éléments d'antennes.

7. Antenne selon l'une des revendications précédentes dans laquelle les éléments d'antennes sont des patches carrés, en forme de triangle équilatéral ou en forme ellipsoïdale.

8. Antenne selon la revendication précédente dans laquelle chaque côté de chaque élément d'antenne

est de dimension égale à $\frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_1 + \delta\epsilon_2}}$ ϵ_1 est la

permittivité du substrat et ϵ_2 est la permittivité du superstrat, λ_0 est la longueur d'onde correspondant

à la fréquence associée à l'élément d'antenne, la valeur δ est approximativement égale à : $\delta = h_1 / (h_1 + d)$.

9. Antenne selon l'une des revendications précédentes dans laquelle les éléments d'antennes sont des patches à double polarisation orthogonale disposant de deux accès indépendants permettant de réaliser la diversité de polarisation.
10. Réseau de communication cellulaire comprenant une antenne selon l'une des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Mehrfachstrahlantenne zum Senden/Empfangen eines Funkfrequenzsignals in einer Vielzahl von Richtungen in mindestens einem Frequenzband, wobei die Antenne Folgendes umfasst:

- eine Massefläche (P);
- ein dielektrisches Substrat mit einer Dielektrizitätskonstante (ϵ_1), wobei das Substrat (11) auf der Massefläche (P) angeordnet ist;
- eine Vielzahl von Gruppen (E_i) von Antennenelementen, die auf dem Substrat (11) angeordnet sind, wobei jede Gruppe (E_i) einer Richtung der Antenne entspricht;

dadurch gekennzeichnet, dass die Antenne ferner ein dielektrisches Superstrat (12) umfasst, das eine Dielektrizitätskonstante (ϵ_2) hat, die größer ist als die Dielektrizitätskonstante (ϵ_1) des Substrats (11), und auf den Gruppen (E_i) von Antennenelementen angeordnet ist, und dass die Gruppen (E_i) untereinander verschachtelt sind, derart, dass sie eine Kolonne bilden, wobei die Gruppen (E_i), die einer gleichen Richtung der Antenne entsprechen, von einer Anzahl von Gruppen getrennt sind, die gleich der Anzahl der Richtungen der Antenne, minus eins, ist.

2. Antenne nach Anspruch 1, wobei die Antennenelemente einer gleichen Gruppe um eine Distanz beabstandet sind, die kleiner ist als eine Wellenlänge λ , wobei die Wellenlänge λ im Einfachfrequenzfall der Frequenz entspricht, auf der die Antenne in Betrieb sein muss, und im Mehrfachfrequenzfall der mittleren Frequenz entspricht, die durch $(f_{\max} - f_{\min})/2$ definiert wird, wobei $f_{\max}$ die Höchsthäufigkeit ist, auf der die Antenne in Betrieb sein muss, und $f_{\min}$ die Mindestfrequenz ist, auf der die Antenne in Betrieb sein muss.

3. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antennenelemente, die zu verschie-

denen Gruppen gehören, um eine Distanz beabstandet sind, die kleiner ist als λ/n , wobei λ Folgendem entspricht:

- im Einfachfrequenzfall der Frequenz, auf der die Antenne in Betrieb sein muss;
- im Mehrfachfrequenzfall der mittleren Frequenz, die durch $(f_{\max} - f_{\min})/2$ definiert wird, wobei $f_{\max}$ die Höchsthäufigkeit ist, auf der die Antenne in Betrieb sein muss, und $f_{\min}$ die Mindestfrequenz ist, auf der die Antenne in Betrieb sein muss; und wobei
- n die Anzahl verschiedener Gruppen (E_i) ist.

4. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, umfassend für jede Richtung der Antenne eine identische Anzahl von Gruppen von Antennenelementen.

5. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Gruppen, die einer gleichen Richtung der Antenne entsprechen, in Reihe oder baumartig geschaltet sind.

6. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei jede Gruppe eine identische Anzahl von Antennenelementen umfasst.

7. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antennenelemente patchförmig, in Form eines gleichseitigen Dreiecks oder ellipsenförmig sind.

8. Antenne nach dem vorhergehenden Anspruch, wobei jede Seite jedes Antennenelements eine Abmes-

sung gleich $\frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_1 + \delta\epsilon_2}}$ hat, wobei ϵ_1 die Dielek-

trizitätskonstante des Substrats und ϵ_2 die Dielektrizitätskonstante des Superstrats ist, λ_0 die Wellenlänge ist, die der Frequenz entspricht, die dem Antennenelement zugeordnet ist, der Wert δ annähernd gleich $\delta = h_1/(h_1 + d)$ ist.

9. Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Antennenelemente Patches mit orthogonaler Doppelpolarisierung sind, die über zwei unabhängige Zugänge verfügen, welche die Realisierung der Polarisationsdiversität ermöglichen.

10. Zellulares Kommunikationsnetz, umfassend eine Antenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche.

Claims

1. Multibeam antenna for emitting/receiving a radiofrequency signal in a plurality of directions in at least one band of frequencies, the antenna comprising:
 - a ground plane (P);
 - a dielectric substrate (11), having a permittivity (ϵ_1), the substrate (11) being arranged on the ground plane (P);
 - a plurality of assemblies (E_i) of antenna elements arranged on the substrate (11), each assembly (E_i) corresponding to a direction of the antenna;

characterised in that the antenna further comprises a dielectric superstrate (12), having a permittivity (ϵ_2) greater than the permittivity (ϵ_1) of the substrate (11), arranged on the assemblies (E_i) of antenna elements, and **in that** the assemblies (E_i) are interleaved one under the other so as to form a column, the assemblies (E_i) corresponding to a single antenna direction being separated by a number of assemblies equal to the number of antenna directions minus 1.
2. Antenna according to claim 1, in which the antenna elements of a single assembly are spaced apart by a distance less than one wavelength λ , the wavelength λ corresponding in the monofrequency case to the frequency at which the antenna has to operate and in the multifrequency case to the central frequency defined by $(f_{\max} - f_{\min})/2$ where $f_{\max}$ is the maximum frequency at which the antenna has to operate and $f_{\min}$ is the minimum frequency at which the antenna has to operate.
3. Antenna according to one of the preceding claims in which the antenna elements belonging to different assemblies are spaced apart by a distance less than λ/n , where λ corresponds to:
 - in the monofrequency case, the frequency at which the antenna has to operate;
 - in the multifrequencies case, the central frequency defined by $(f_{\max} - f_{\min})/2$ where $f_{\max}$ is the maximum frequency at which the antenna has to operate and $f_{\min}$ is the minimum frequency at which the antenna has to operate; and where
 - n is the number of different assemblies (E_i).
4. Antenna according to one of the preceding claims, comprising for each direction of the antenna an identical number of assemblies of antenna elements.
5. Antenna according to one of the preceding claims, in which the assemblies corresponding to a single antenna direction are connected in series or in ar-

borescence.

6. Antenna according to one of the preceding claims, in which each assembly comprises an identical number of antenna elements.
7. Antenna according to one of the preceding claims, in which the antenna elements are square, equilateral triangle shaped or ellipsoidal shaped patches.
8. Antenna according to the preceding claim, in which each side of each antenna element is of dimension equal to $\frac{\lambda_0}{4\sqrt{\epsilon_1 + \delta\epsilon_2}}$ where ϵ_1 is the permittivity of the substrate and ϵ_2 is the permittivity of the superstrate, λ_0 is the wavelength corresponding to the frequency associated with the antenna element, the value δ is approximately equal to: $\delta = h_1 / (h_1 + d)$.
9. Antenna according to one of the preceding claims, in which the antenna elements are patches with double orthogonal polarisation having two independent accesses making it possible to achieve diversity of polarisation.
10. Cellular communication network comprising an antenna according to one of the preceding claims.

FIG. 2

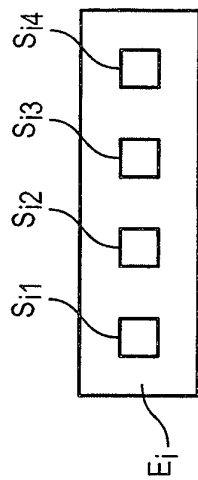


FIG. 3A

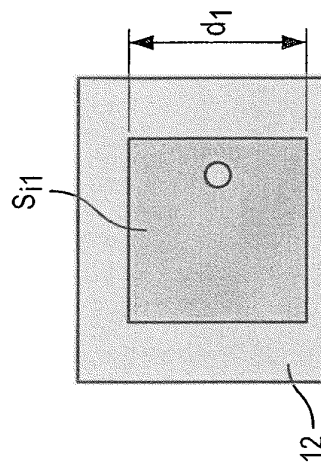


FIG. 3B

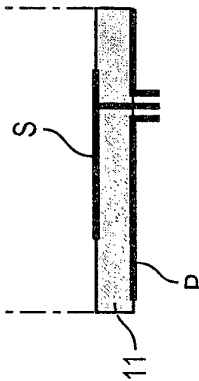


FIG. 1

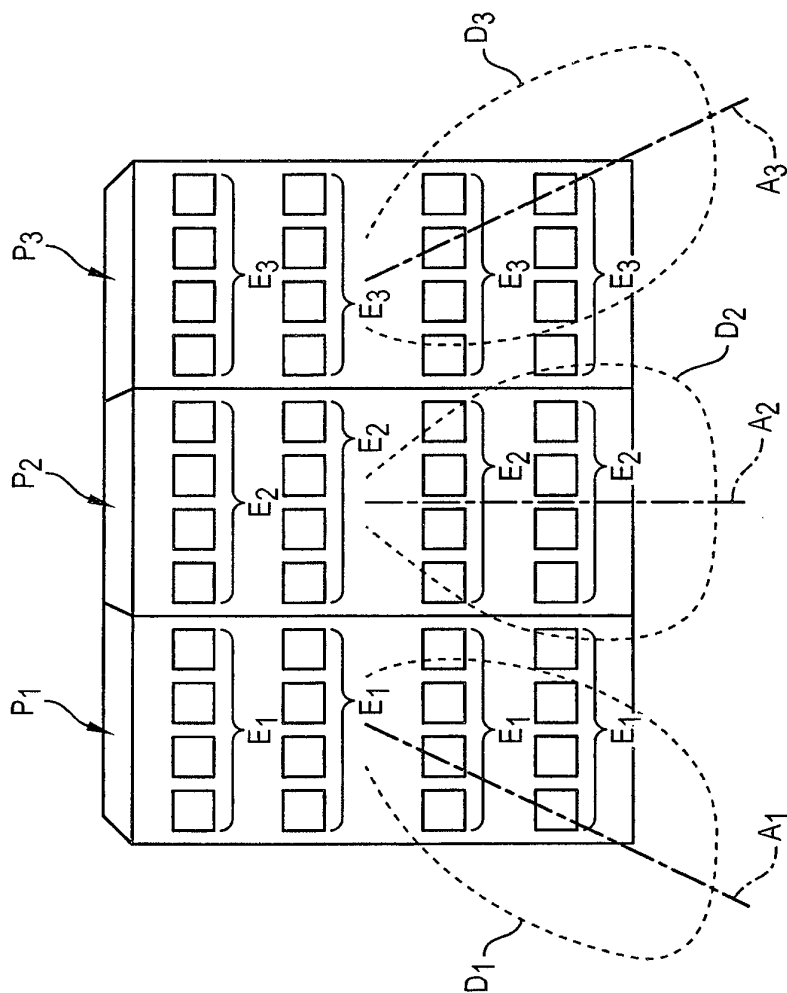


FIG. 6A

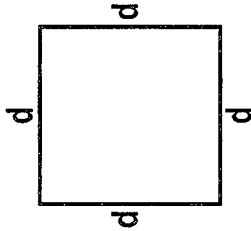


FIG. 6B

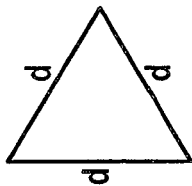


FIG. 5A

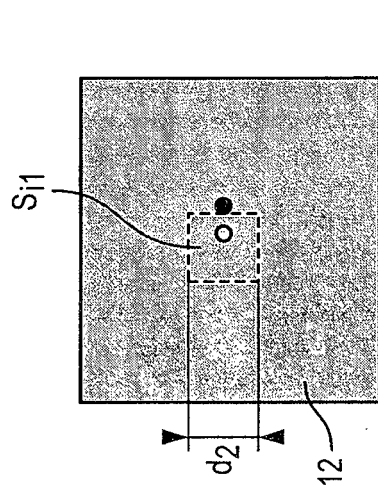


FIG. 5B

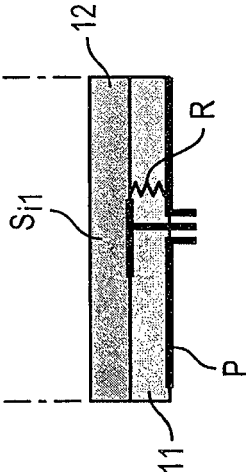


FIG. 4

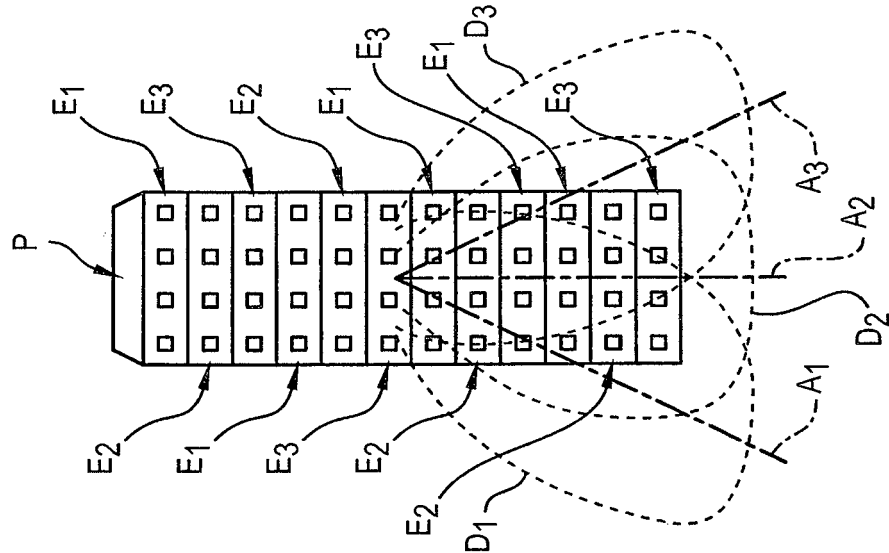


FIG. 7

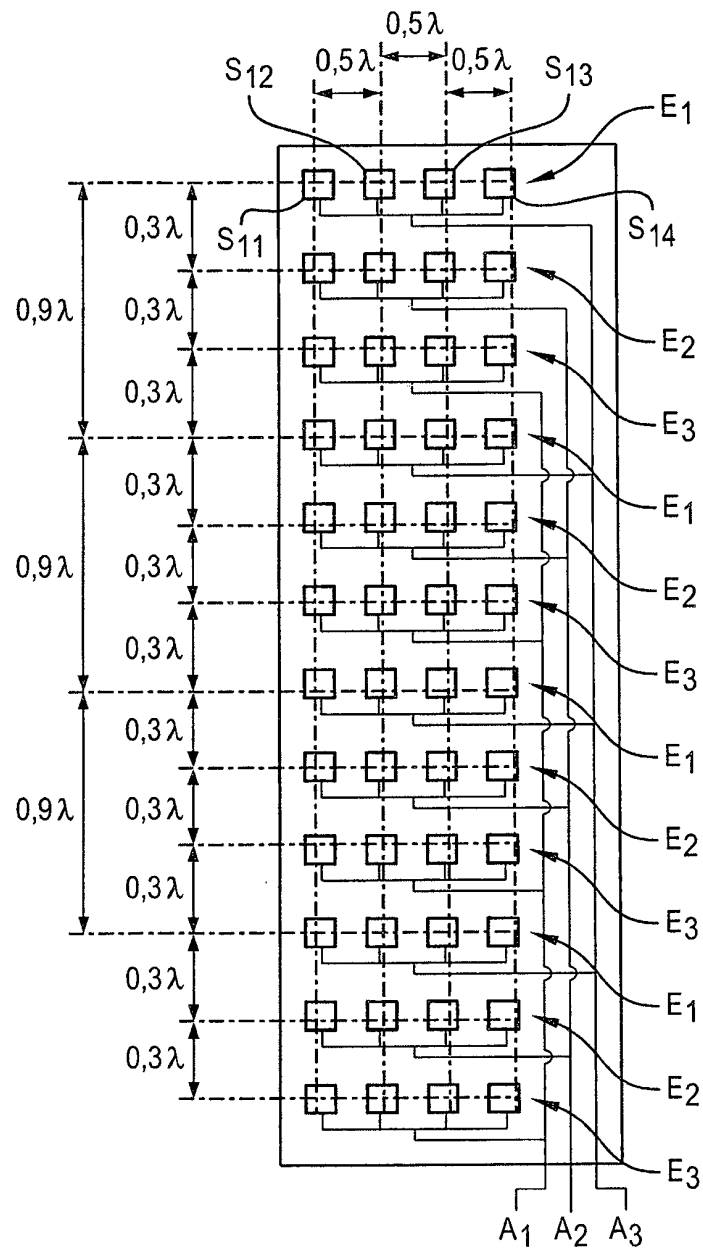


FIG. 8

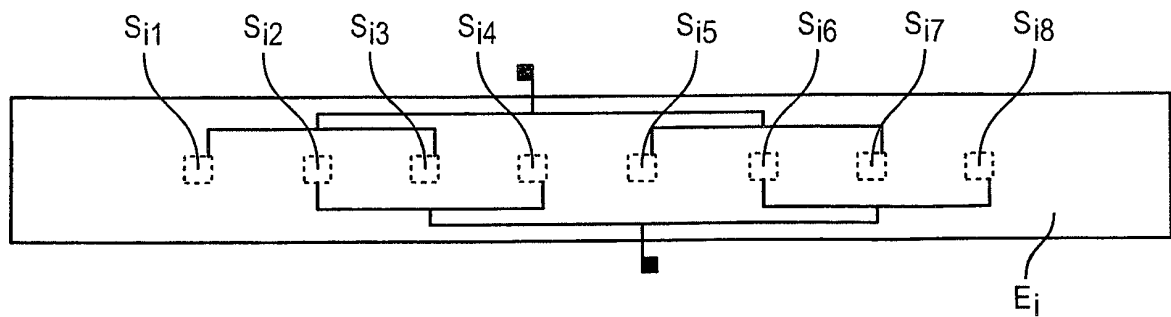


FIG. 9

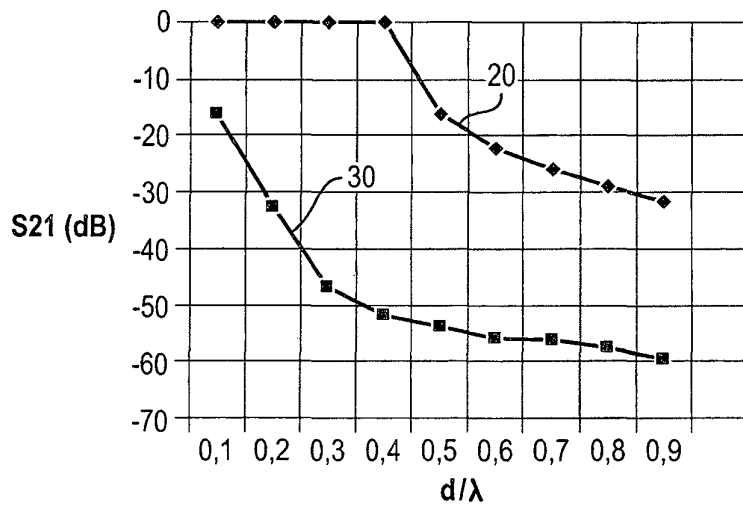


FIG. 10

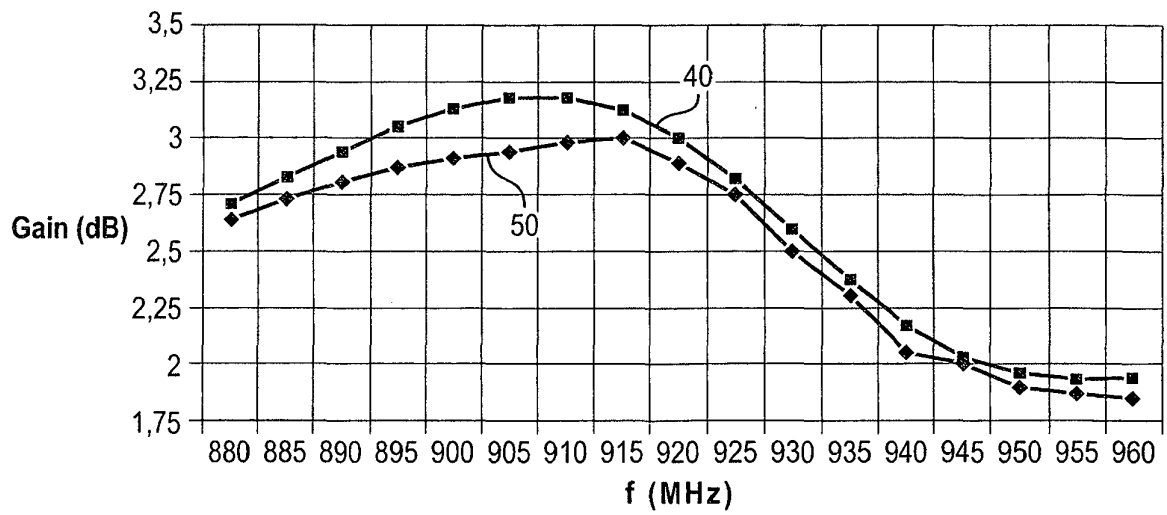
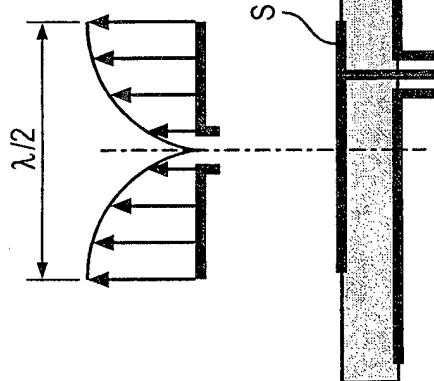


FIG. 11a

Fonctionnement
en mode dipôle $\lambda/2$



Distribution
des champs électriques

FIG. 11b

Fonctionnement
en mode monopôle $\lambda/4$

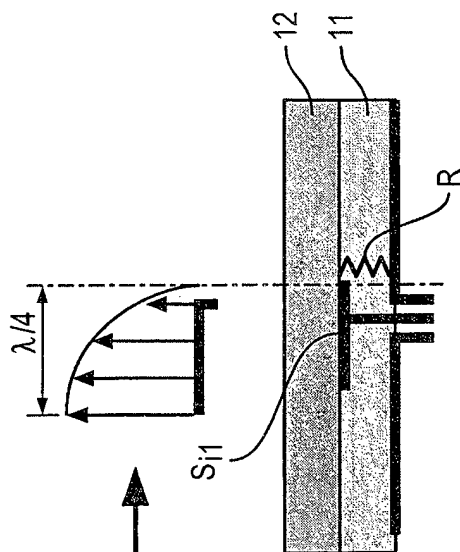


FIG. 12

