



(11) **EP 2 120 281 B9**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN CORRIGE**

(15) Information de correction:

Version corrigée no 1 (W1 B1)

Corrections, voir

Revendications FR1

Nombreuses erreurs mineures d'orthographe

(51) Int Cl.:

H01P 1/28 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

(48) Corrigendum publié le:

21.09.2011 Bulletin 2011/38

(45) Date de publication et mention

de la délivrance du brevet:

11.05.2011 Bulletin 2011/19

(21) Numéro de dépôt: **09160505.5**

(22) Date de dépôt: **18.05.2009**

(54) **Système antenne multi-faisceaux pour couverture multispots et satellite comprenant un tel système**

Multistrahlen-Antennensystem zur Multispot-Abdeckung und mit diesem System ausgestatteter Satellit

Multi-beam antenna system for multi-spot coverage and satellite comprising such a system

(84) Etats contractants désignés:

**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 TR**

(30) Priorité: **16.05.2008 FR 0853190**

(43) Date de publication de la demande:

18.11.2009 Bulletin 2009/47

(73) Titulaire: **Centre National d'Etudes Spatiales**

75001 Paris (FR)

(72) Inventeurs:

- **Fonseca, Nelson**
31270 Cugnaux (FR)

• **Sombrin, Jacques**
31400 Toulouse (FR)

• **Renaud, Daniel**
31270 Frouzins (FR)

• **Moreira, Philippe**
31200 Toulouse (FR)

(74) Mandataire: **Callon de Lamarck, Jean-Robert et al**

Cabinet Regimbeau
20 rue de Chazelles
75847 Paris cedex 17 (FR)

(56) Documents cités:

US-A- 6 075 484 US-A- 6 157 811

EP 2 120 281 B9

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).

DescriptionDOMAINE TECHNIQUE GENERAL

5 **[0001]** L'invention concerne le domaine des communications par satellite et elle concerne plus particulièrement un système antennes multi-faisceaux pour la couverture d'une zone géographique donnée décomposée en plusieurs taches au sol (en anglais, « *spots* »).

ETAT DE LA TECHNIQUE

10 **[0002]** Les systèmes antennes multi-faisceaux pour la couverture multispots d'une zone géographique donnée sont utilisés dans les communications par satellite.

[0003] L'objectif principal de cette technologie est la baisse du coût de transmission par bit en utilisant au mieux la bande de fréquence allouée à une application donnée.

15 **[0004]** Les techniques actuelles font appel à des systèmes antennes multi-faisceaux fonctionnant en diversité de fréquence et diversité de polarisation.

[0005] Ces techniques sont similaires à celles utilisées pour des réseaux de communications terrestres dits « cellulaires ».

20 **[0006]** Au sein de ces réseaux, la répartition des signaux est telle que deux cellules adjacentes n'ont pas de signaux ayant les mêmes caractéristiques, c'est-à-dire des signaux avec la même fréquence et la même polarisation. L'art antérieur US 6,157,811 décrit un système de communication satellite/cellulaire avec amélioration de réutilisation de fréquences.

[0007] En revanche, les signaux identiques sont réutilisés dans des cellules non adjacentes afin d'accroître la capacité du système.

25 **[0008]** Le facteur de réutilisation noté k caractérise le nombre de cellules différentes, en termes de caractéristiques de signaux, sur l'ensemble de la couverture.

[0009] La figure 1 présente un exemple de réseau cellulaire théorique avec un schéma de réutilisation par quatre. La disposition des cellules maximise la distance D entre cellules identiques, matérialisées sur la figure 1 par un même motif de remplissage.

30 **[0010]** De façon usuelle pour les transmissions par satellite, la bande de fréquence allouée est divisée en deux sous bandes de fréquences F_1 et F_2 , et deux polarisations orthogonales linéaires (horizontale H et verticale V) ou circulaires (droite PCG ou gauche PCD) sont utilisées.

[0011] Ainsi les quatre cellules d'un schéma de réutilisation par quatre seront définies comme suit :

- 35
- $F_1 + H$ (ou PCG) ;
 - $F_1 + V$ (ou PCD) ;
 - $F_2 + H$ (ou PCG) ;
 - $F_2 + V$ (ou PCD).

40 **[0012]** Dans le cadre des applications multi-faisceaux, le principal paramètre est le rapport signal à interférence (en anglais, « *Carrier to Interference ratio* », (C/I)).

[0013] Pour une cellule donnée, les signaux utilisant la même fréquence et la même polarisation dans une autre cellule contribuent au bruit et dégradent la liaison.

45 **[0014]** Le C/I peut être amélioré en augmentant le facteur de réutilisation, ce qui a pour conséquence directe d'augmenter la distance D entre deux cellules utilisant le même signal (même fréquence, même polarisation) pour une géométrie d'antenne réflecteur donnée.

50 **[0015]** Toutefois, compte tenu des contraintes d'aménagement liées aux types d'antennes employées pour les télécommunications par satellite (antennes réflecteurs simple offset, doubles réflecteurs, etc.), il est difficile d'envisager des réutilisations différentes de quatre, car cela augmente le nombre d'antennes à aménager sur le satellite pour des antennes passives de type réflecteur alimenté par un réseau focal (en anglais, « *Focal Array Fed Reflector* », (FAFR)) ou accroît la complexité de ces antennes (active, circuit d'alimentation numérique, etc.).

PRESENTATION DE L'INVENTION

55 **[0016]** L'invention permet, à partir d'une configuration de référence couvrant une zone géographique donnée au moyen d'un schéma de réutilisation par k , d'obtenir une couverture équivalente à un schéma de réutilisation multiple du facteur de réutilisation k de la configuration de référence.

[0017] Ainsi, selon un premier aspect, l'invention concerne un système antenne multi-faisceaux pour couverture

d'une zone géographique donnée décomposée en une pluralité de spots, comprenant au moins une antenne comprenant : un réseau d'éléments rayonnants; des moyens d'alimentation du réseau tels qu'en fonctionnement les éléments rayonnants forment une pluralité de faisceaux éclairant chacun un spot, la couverture de la zone étant effectuée selon un schéma de réutilisation initial de facteur de réutilisation initial.

[0018] Le système de l'invention est caractérisé en ce que chaque antenne comprend en outre des moyens de commande couplés aux moyens d'alimentation tels qu'en fonctionnement des sous-ensembles d'éléments rayonnants sont alimentés successivement pour former une pluralité de faisceaux éclairant une portion de chaque spot de la couverture obtenue selon le schéma de réutilisation initial, la couverture ainsi obtenue étant équivalente à un schéma de réutilisation de facteur de réutilisation égal au produit du facteur de réutilisation initial par le nombre de portions de chaque spot.

[0019] Le facteur de réutilisation K de la couverture obtenu par le système antenne de l'invention peut donc s'écrire $K=k.n$, où n est un entier.

[0020] La multiplication est obtenue en divisant en n sous-spots chaque spot de la configuration de référence. Ainsi chaque sous-spot présente une aire réduite d'un facteur n par rapport à celle des spots de référence.

[0021] A géométrie d'antenne réflecteur identique, cette caractéristique permet d'améliorer la directivité minimum sur le sous-spot considéré par rapport à la configuration de référence.

[0022] Afin d'assurer la couverture de l'ensemble des sous-spots sans accroître le nombre de réflecteurs, l'invention utilise la technique de saut de faisceau entre sous-spots d'un même spot de référence.

[0023] Le système de l'invention pourra comprendre en outre les caractéristiques suivantes :

- les moyens d'alimentation et de commande sont adaptés pour modifier l'amplitude et la phase de la loi d'alimentation des éléments rayonnants par sous-ensemble selon la portion du spot de la couverture à éclairer ;
- chaque antenne comprend en outre un réflecteur disposé en regard du réseau d'éléments rayonnants ;
- le réflecteur est de forme parabolique, le réseau étant disposé dans le plan focal du réflecteur ;
- les moyens de commande sont adaptés pour commander à un instant donné l'alimentation d'un nombre d'éléments rayonnants inférieur au nombre total d'éléments rayonnants du sous-ensemble du réseau correspondant à un spot du schéma de réutilisation initial ;
- les moyens d'alimentation permettent de discriminer: les polarisations orthogonales, ou les sous bandes de fréquence ou les deux simultanément ;
- chaque sous-ensemble du réseau comprend douze éléments rayonnants ;
- les moyens de commande sont adaptés pour commander l'alimentation de sept éléments rayonnants parmi douze ;
- les moyens de commandes sont constitués d'une matrice de commutation ;
- le nombre d'antennes est égal au facteur de réutilisation initial ;
- le nombre d'antennes est égal à trois ou quatre.

[0024] Et, selon un second aspect, l'invention concerne un satellite comprenant au moins un système antenne selon le premier aspect de l'invention.

PRESENTATION DES FIGURES

[0025] 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 figures annexées sur lesquelles outre la figure 1 déjà discutée :

- les figures 2a et 2b illustrent respectivement la couverture de l'Europe selon un motif de réutilisation par quatre et par un spot de chaque motif ;
- la figure 3 illustre une antenne réflecteur alimentée par un réseau focal (FAFR) ;
- la figure 4 illustre la couverture produite par trois sous-spots de chaque motif dans le cas d'une réutilisation $K=12$ ($n=3$) couvrant une aire équivalente à la couverture de référence selon un motif de réutilisation par quatre ;
- les figures 5a et 5b illustrent respectivement les réseaux focaux de la configuration de référence et de la configuration de l'invention dans le cas d'une réutilisation équivalente à $K=12$;
- les figures 6a, 6b et 6c illustrent le principe du saut de faisceau entre sous-spots au niveau du réseau focal ;
- la figure 7 illustre un satellite de télécommunication assurant une couverture multifaisceaux avec quatre antennes FAFR.

DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0026] Dans ce qui va suivre on emploie pour élément rayonnant, le terme source et inversement.

[0027] La technique proposée s'appuie sur un schéma de réutilisation par 3 ou 4 dont chaque cellule est subdivisée en sous-spots, éclairés successivement par la technique de saut de faisceaux.

[0028] A géométrie égale, cette réduction de la taille des spots effectivement utilisés à un instant donné assure naturellement de meilleures performances en directivité minimum et par voie de conséquence en *roll-off* (facteur de retombée) et C/I.

[0029] Finalement, le système proposé peut être vu comme une implantation au niveau antenne à la fois des techniques de multiplexage spatial (en anglais, « *Spatial Division Multiple Access* », (SDMA)) et temporel (en anglais, « *Time Division Multiple Access* », (TDMA)), fréquemment utilisées dans les systèmes terrestres pour améliorer leur capacité.

10 Configuration de base pour la réutilisation par k=4 (configuration de référence)

[0030] On a représenté sur la figure 2a une couverture de l'Europe par quarante spots. La couverture représentée sur cette figure est obtenue avec un motif de réutilisation par quatre, k=4, le motif est composé de quatre spots A, B, C, D.

[0031] Tel que connu en soi, chacun de ces quatre spots correspond à l'association d'une sous bande de fréquence et d'une polarisation.

[0032] On a représenté sur la figure 2b, la couverture réalisée par les spots A de la figure 2a.

[0033] Chaque sous ensemble de spots de la couverture est obtenu au moyen d'une antenne réflecteur, soit quatre antennes identiques dans le cas d'une solution d'antenne FAFR où une source du réseau focal produit un spot.

[0034] Tel que connu en soi, le nombre d'antennes réflecteurs nécessaire pourrait être réduit en utilisant plusieurs sources du réseau focal pour produire un spot.

[0035] Toutefois, on note que dans ce cas, la complexité du circuit d'alimentation du réseau focal est accrue de manière significative, chaque source élémentaire devant discriminer les polarisations orthogonales ou les sous bandes de fréquence ou les deux à la fois.

[0036] On a représenté sur la figure 3 une antenne réflecteur alimentée par un réseau focal (ou FAFR).

[0037] Le réflecteur 33 est typiquement d'un diamètre de 2 m pour une fréquence de fonctionnement de 20 GHz, afin de permettre si besoin l'aménagement de deux réflecteurs sur une même face latérale du satellite.

[0038] Chaque antenne utilisée pour obtenir la couverture comprend un réflecteur 33 disposé en regard du réseau 30 d'éléments rayonnants.

[0039] Dans le cas de la configuration de référence, chacun des spots sur la zone géographique à couvrir est obtenu par le rayonnement d'une source du réseau focal sur le réflecteur.

[0040] On a illustré sur la figure 5a un réseau de sources. Un tel réseau est notamment disposé dans le plan focal du réflecteur parabolique, éventuellement formé pour améliorer les performances globales de l'antenne.

[0041] Chaque source du réseau focal est typiquement un cornet corrugué dont le diamètre maximum est géométriquement imposé par la distance minimale entre deux spots de la couverture illustré sur la figure 2b.

[0042] Chaque source émet des signaux différents, mais la polarisation et la sous bande de fréquence employée est la même pour toutes les sources du réseau focal.

[0043] Pour obtenir la couverture complète telle qu'illustrée sur la figure 2a, quatre antennes sont utilisées chacune produisant un des quatre sous ensemble de spots A, B, C ou D

[0044] Par la suite, afin d'établir certaines performances nous considérons les hypothèses suivantes :

- la fréquence de fonctionnement considérée est de 20 GHz ;
- l'antenne réflecteur est caractérisée par un diamètre de 1,7 m et une focale de 3m ;
- chaque spot au sol présente un diamètre de 0,65° ;
- les spots sont répartis à quelques exceptions près selon un maillage triangulaire également appelé maillage hexagonal défini par un pas de 0,56°.

[0045] On note que les distances angulaires mentionnées correspondent à une représentation en coordonnées sphériques (r, θ , ϕ) centrées au sommet du paraboloïde définissant la forme du réflecteur.

[0046] Le pas du maillage est calculé afin d'assurer un recoupement entre spots à un niveau de directivité typiquement 4 dB en dessous du maximum de directivité, permettant ainsi une couverture sans creux significatif de directivité. La relation entre taille du spot et pas du maillage dans le cas triangulaire est la suivante

$$p \leq \frac{\sqrt{3}}{2} d,$$

où p est le pas du maillage et d le diamètre d'un spot.

[0047] On note que les spots réalisés sont de forme circulaire compte tenu des propriétés électromagnétiques des antennes utilisées mais la zone de service est hexagonale. L'hexagone a été retenu pour les réseaux cellulaires car il s'agit du polygone le plus proche du cercle permettant de paver le plan.

[0048] Pour un spot de diamètre d , la zone analysée a donc une aire de $\frac{\pi d^2}{4}$, pour une zone de service de

$\frac{3\sqrt{3}d^2}{8}$. Le rapport entre la zone de service et la zone analysée est donc de $\frac{3\sqrt{3}}{2\pi}$ soit environ 83%.

[0049] Ce recouvrement de faisceau offre néanmoins une certaine flexibilité puisque les utilisateurs situés dans ces zones peuvent être attribués indifféremment à l'un ou l'autre des spots soulageant ainsi les spots à forte densité d'utilisateurs.

[0050] On note qu'il est possible d'obtenir des résultats similaires avec une antenne réseau à rayonnement direct (ou DRA) c'est-à-dire dépourvue de réflecteur.

Configuration avancée pour la réutilisation par $K=k.n=12$

[0051] Le système antennaire que l'on va décrire ici produit une couverture d'aire équivalente à la couverture de la configuration de référence telle qu'illustrée sur les figures 2a et 2b.

[0052] L'intérêt du système est que pour obtenir une réutilisation par douze le nombre d'antennes mis en oeuvre dans le système antennaire est égal au facteur de réutilisation initial ($k=4$).

[0053] On se place donc ici dans le cas d'une réutilisation $K=12$, soit une division des spots de référence en $n=3$ sous-spots.

[0054] Le diamètre des sous-spots utilisés est lié au diamètre des spots de référence selon la formule suivante

$$d_{K=kn} = \frac{d_k}{\sqrt{n}}.$$

[0055] Chaque sous-spot a donc un diamètre de $0,38^\circ$ selon les hypothèses précédentes.

[0056] La forme du spot de référence, correspondant à une réutilisation équivalente par quatre, est donc sensiblement modifiée puisqu'il s'agit de l'association de trois sous-spots d'une couverture à réutilisation par douze tel qu'illustré sur la figure 4, mais il est important de noter que l'aire de service couverte est la même (l'Europe dans le cas présent).

[0057] La superposition de quatre couvertures A, B, C, D, semblables à celles de la figure 4 mais chacune produite par le système antennaire permettant un facteur de réutilisation par douze, sont nécessaires pour former une couverture équivalente à celle de la figure 2a.

[0058] Chaque spot A, B, C, D - dit spot de référence - est donc divisé en trois sous spots ($n=3$).

[0059] On a représenté sur la figure 4 le spot de référence A divisé en trois sous-spots A1, A2, A3. Les autres spots de référence B, C et D ne sont pas représentés mais sont divisés de la même manière.

[0060] Pour obtenir la couverture selon un motif de réutilisation par douze, chaque source du plan focal de référence est remplacée par un agrégat de douze sources plus petites tel qu'illustré respectivement sur la figure 5b.

[0061] Les sources utilisées sont typiquement des cornets à marche dont le diamètre de l'ouverture est de l'ordre de la longueur d'onde.

[0062] Le diamètre maximum pour une source est imposé géométriquement par la distance entre deux sous-spots d'un même spot de référence.

[0063] En outre, des moyens de commande 32 sont couplés aux moyens d'alimentation 31 de chaque sous réseau de douze sources afin de produire le saut de faisceau.

[0064] Plus précisément de manière successive sept éléments rayonnants (parmi douze) de chaque sous réseau sont alimentés de manière à former les faisceaux permettant d'éclairer successivement les sous-spots A1, A2 et A3, selon les notations de la figure 4.

[0065] La mise en oeuvre d'un regroupement de sept sources permet d'obtenir des courbes isoniveaux tout en conservant un circuit d'alimentation qui est simple.

[0066] On a représenté sur les figures 6a, 6b et 6c les éléments rayonnants successivement alimentés pour obtenir la couverture représentée sur la figure 4. Les éléments rayonnants alimentés à un instant donné sont noircis sur ces

figures.

[0067] De manière plus précise, soit δt la période du saut de faisceau et T_0 l'instant auquel tous les spots A_1 sont éclairés simultanément. Ainsi, tous les spots A_2 et tous les spots A_3 seront éclairés respectivement à $T_0 + \delta t$ et à $T_0 + 2 \cdot \delta t$.

[0068] Il est important de noter que le réseau focal ne présente pas de recoupement entre sous réseaux de douze éléments rayonnants tel qu'illustré sur la figure 5b, ce qui simplifie considérablement la conception du circuit d'alimentation 31 ainsi que des moyens de commande 32.

[0069] Ainsi, selon le mode de réalisation décrit, les moyens de commande 32 se limitent à une matrice de commutation, dont la technologie est à adapter aux contraintes d'encombrement et niveaux de puissance recherchés.

[0070] De plus, le circuit d'alimentation est simplifié en ce que les amplitudes et phases sont les mêmes pour tous les éléments rayonnant d'un sous réseau de douze sources.

[0071] Il est toutefois possible d'envisager une optimisation soit en amplitude, soit en phase, ou les deux simultanément tel que connu afin d'améliorer encore les performances globales de l'antenne.

[0072] On note cependant que les moyens d'alimentation et de commande sont adaptés pour modifier l'amplitude et la phase de la loi d'alimentation des sources par sous-ensemble selon la portion du spot de la couverture à éclairer.

[0073] En fonction des réalisations, on pourra envisager de placer la matrice de commutation avant, après ou même intégrée au circuit d'alimentation 31.

[0074] Le schéma de saut de faisceau est reproduit de manière similaire pour les spots B, C et D.

[0075] De même que dans la configuration de référence, il est possible de réduire le nombre d'antennes pour produire la couverture totale si les sources élémentaires sont en mesure de discriminer les polarisations orthogonales ou les sous bandes de fréquences ou les deux simultanément.

[0076] La réduction du nombre d'antenne nécessite donc une complexité accrue au niveau de circuit d'alimentation des éléments rayonnants.

[0077] Cette complexité semble moindre dans le cas d'une association des polarisations orthogonales, ce qui permet donc de réduire à deux le nombre d'antennes nécessaires pour réaliser la couverture totale.

Performances

[0078] Le tableau ci-dessous récapitule les performances des deux configurations ci-dessus présentées.

Facteur de réutilisation	C/I (dB)		Directivité (dBi)		Roll-off (dB)	
	Min	Moyenne	Min	Max	Max	moyenne
k=4	13,87	19,29	45,79	49,96	4,10	4,07
K=k.n=12	17,62	22,38	46,70	48,43	1,38	1,30

[0079] Le système antenne présentant un facteur de réutilisation par K=12 permet une amélioration du C/I de près de 4dB, la directivité en bord de couverture est augmentée de 1dB et le roll-off (facteur de retombée) passe de 4,1 dB à 1,38 dB.

Applications

[0080] Le système antenne décrit est notamment utilisé sur un satellite de télécommunication tel qu'illustré sur la figure 7 pour la transmission de contenus multimédia.

Revendications

1. Système antenne multi-faisceaux pour la couverture d'une zone géographique donnée décomposée en une pluralité de spots (A, B, C, D) regroupés par ensemble et sont définis par une même sous-bande de fréquence et une même polarisation, comprenant au moins une antenne (3), chaque antenne en fonctionnement éclairant un ensemble de spots (A, B, C, D) et comprenant :

- un réseau (30) d'éléments rayonnants (1-12) ;
- des moyens d'alimentation (31) du réseau tels qu'en fonctionnement les éléments rayonnants forment une pluralité de faisceaux pour éclairer un ensemble de spots (A, B, C, D), la couverture de la zone étant effectuée selon un schéma de réutilisation initial de facteur de réutilisation initial (k) ;

le système antenneur étant **caractérisé en ce que** chaque antenne comprend en outre

- des moyens de commande (32) couplés aux moyens d'alimentation (31) tels qu'en fonctionnement des sous-ensembles d'éléments rayonnants (1-12) sont alimentés successivement à n instants différents pour former à chaque instant une pluralité de faisceaux éclairant une portion (A1-A3) de chaque ensemble de spots (A, B, C, D), n étant le nombre de portions de (A1-A3) de chaque ensemble de spots (A, B, C, D), la couverture ainsi obtenue étant équivalente à un schéma de réutilisation de facteur de réutilisation (K) égal au produit du facteur de réutilisation initial (k) par le nombre n de portions (A1-A3) de chaque spot.

2. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens d'alimentation (31) et de commande (32) sont adaptés pour modifier l'amplitude et la phase de la loi d'alimentation des éléments rayonnants par sous-ensemble selon la portion du spot de la couverture à éclairer.

3. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque antenne comprend en outre un réflecteur (33) disposé en regard du réseau (30) d'éléments rayonnants (1-12).

4. Système selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** le réflecteur est de forme parabolique, le réseau étant disposé dans le plan focal du réflecteur (33).

5. Système selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les moyens de commande (32) sont adaptés pour commander à un instant donné l'alimentation d'un nombre d'éléments rayonnants inférieur au nombre total d'éléments rayonnants du sous-ensemble du réseau correspondant à un spot du schéma de réutilisation initial.

6. Système selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les éléments rayonnants permettent de discriminer : les polarisations orthogonales, ou les sous bandes de fréquence ou les deux simultanément afin de réduire de nombre d'antennes.

7. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chaque sous-ensemble du réseau (30) comprend douze éléments rayonnants.

8. Système selon l'une des revendications 5 à 7, **caractérisé en ce que** les moyens de commandes (32) sont adaptés pour commander l'alimentation de sept éléments rayonnants parmi douze.

9. Système selon la revendication précédente, **caractérisé en ce que** les moyens de commandes sont constitués d'une matrice de commutation.

10. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le nombre d'antennes est égal au facteur de réutilisation initial.

11. Système selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le nombre d'antennes est égal à trois ou quatre.

12. Satellite (60) comprenant un système antenneur multi-faisceaux pour couverture multislots selon l'une des revendications précédentes.

Claims

1. Multi-beam antenna system for the coverage of a given geographical area divided into a plurality of spots (A, B, C, D) grouped together by set and are defined by the same frequency sub-band and the same polarisation, comprising at least one antenna (3), each antenna in operation lighting a set of spots (A, B, C, D) and comprising:

- a network (30) of radiating elements (1-12);

- means for supplying (31) the network such that in operation the radiating elements form a plurality of beams to light a set of spots (A, B, C, D), the coverage of the area being carried out according to a an initial reuse diagram of the initial reuse factor (k);

the antenna system being **characterised in that** each antenna further comprises

- means for controlling (32) connected to the means for supplying (31) such that in operation subsets of radiating elements (1-12) are successively supplied at n different instants in order to form at each instant a plurality of beams lighting a portion (A1-A3) of each set of spots (A, B, C, D), n being the number of portions (A1-A3) of each set of spots (A, B, C, D), the obtained coverage being equivalent to a reuse factor reuse diagram (K) equal to the product of the initial reuse factor (k) by the number n of portions (A1-A3) of each spot.

2. System according to claim 1, **characterised in that** the means for supplying (31) and for controlling (32) are adapted in order to modify the amplitude and the phase of the supply law of the radiating elements by subset according to the portion of the spot of the coverage to be lit.
3. System according to claim 1, **characterised in that** each antenna further comprises a reflector (33) arranged across from the network (30) of radiating elements (1-12).
4. System as claimed in the preceding claim, **characterised in that** the reflector is of parabolic shape, the network being arranged in the focal plane of the reflector (33).
5. System according to claim 1, **characterised in that** the means for controlling (32) are adapted in order to control at a given instant the supplying of a number of radiating elements of the subset of the network corresponding to a spot of the initial reuse diagram.
6. System as claimed in the preceding claim, **characterised in that** the radiating elements make it possible to discriminate the orthogonal polarisations, or the frequency sub-bands or both simultaneously in order to reduce the number of antennas.
7. System according to one of the preceding claims, **characterised in that** each set of the network (30) comprises twelve radiating elements.
8. System according to one of claims 5 to 7, **characterised in that** the means for controlling (32) are adapted in order to control the supplying of seven radiating elements out of twelve.
9. System as claimed in the preceding claim, **characterised in that** the means of controlling are comprised of a switching matrix.
10. System according to one of the preceding claims, **characterised in that** the number of antennas is equal to the initial reuse factor.
11. System according to one of the preceding claims, **characterised in that** the number of antennas is equal to three or four.
12. Satellite (60) comprising a multi-beam antenna system for multi-spot coverage according to one of the preceding claims.

Patentansprüche

1. Antennensystem mit mehreren Strahlungskeulen zur Abdeckung einer gegebenen geografischen Region, die in mehrere Spots (A, B, C, D) unterteilt ist, die in Gruppen zusammengefasst sind und die durch ein bestimmtes Unterfrequenzband und eine bestimmte Polarisation definiert sind, wobei es wenigstens eine Antenne (3) umfasst und wobei jede Antenne im Betrieb eine Gruppe von Spots (A, B, C, D) bestrahlt und Folgendes umfasst:
 - ein Netzwerk (30) von Strahlungselementen (1-12);
 - Versorgungsmittel (31) des Netzwerks, derart, dass die Strahlungselemente im Betrieb mehrere Strahlungskeulen bilden, um eine Gruppe von Spots (A, B, C, D) zu bestrahlen, wobei die Abdeckung der Region entsprechend einem anfänglichen Wiederverwendungsschema mit einem anfänglichen Wiederverwendungsfaktor (k) ausgeführt wird;
 wobei das Antennensystem **dadurch gekennzeichnet ist, dass** jede Antenne außerdem Folgendes umfasst:

- Steuerungsmittel (32), die mit den Versorgungsmitteln (31) derart verbunden sind, dass im Betrieb Untergruppen von Strahlungselementen (1-12) nacheinander zu n verschiedenen Zeitpunkten versorgt werden, um zu jedem Zeitpunkt mehrere Strahlungskeulen zu bilden, die einen Teil (A1-A3) jeder Gruppe von Spots (A, B, C, D) bestrahlen, wobei n die Zahl der Teile (A1-A3) jeder Gruppe von Spots (A, B, C, D) ist und wobei die so erhaltene Abdeckung einem Wiederverwendungsschema mit einem Wiederverwendungsfaktor (K) entspricht, der gleich dem Produkt des anfänglichen Wiederverwendungsfaktors (k) mit der Zahl n der Teile (A1-A3) jedes Spots ist.

2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Mittel zur Versorgung (31) und zur Steuerung (32) dafür eingerichtet sind, die Amplitude und Phase der Regelung zur Versorgung der Strahlungselemente nach Untergruppen zu verändern, und dies entsprechend dem Teil des Spots der Abdeckung, der bestrahlt werden soll.
3. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Antenne außerdem einen Reflektor (33) umfasst, der dem Netzwerk (30) von Strahlungselementen (1-12) gegenüberliegend angeordnet ist.
4. System nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Reflektor parabolisch geformt ist, wobei das Netzwerk in der Brennebene des Reflektors (33) angeordnet ist.
5. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungsmittel (32) dafür eingerichtet sind, zu einem gegebenen Zeitpunkt die Versorgung einer Anzahl von Strahlungselementen zu steuern, die kleiner ist als die Gesamtzahl an Strahlungselementen der Untergruppe des Netzwerks, die einem Spot des anfänglichen Wiederverwendungsschemas entspricht.
6. System nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** es die Strahlungselemente gestattet, die orthogonalen Polarisierungen oder die Frequenzunterbänder oder beide gleichzeitig zu unterscheiden, um die Zahl der Antennen zu verringern.
7. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Untergruppe des Netzwerks (30) zwölf Strahlungselemente umfasst.
8. System nach einem der Ansprüche 5 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungsmittel (32) dafür eingerichtet sind, die Versorgung von sieben Strahlungselementen unter den zwölf zu steuern.
9. System nach dem vorhergehenden Anspruch, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Steuerungsmittel durch eine Umschaltungsmatrix gebildet werden.
10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zahl der Antennen gleich dem anfänglichen Wiederverwendungsfaktor ist.
11. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zahl der Antennen gleich drei oder vier ist.
12. Satellit (60), der ein Antennensystem mit mehreren Strahlungskeulen zur Multispot-Abdeckung gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche umfasst.

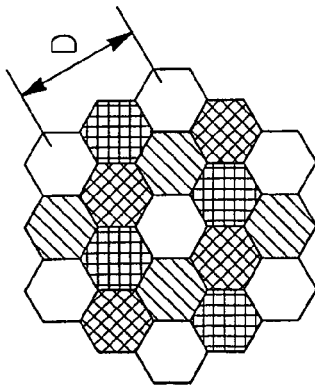


FIG. 1

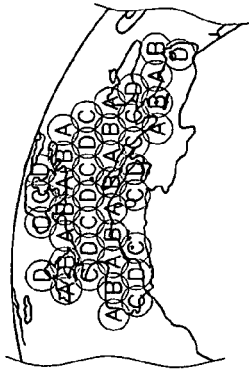


FIG. 2a

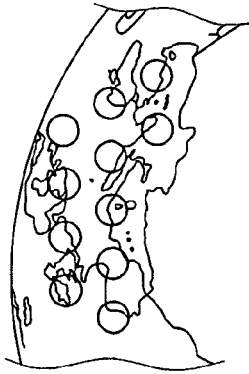


FIG. 2b

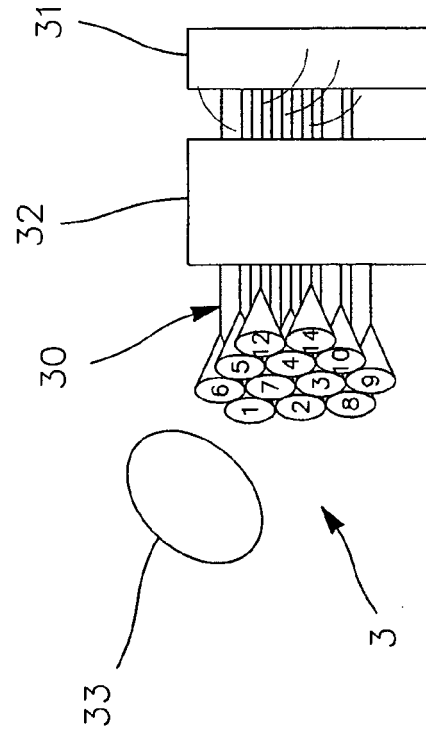


FIG. 3

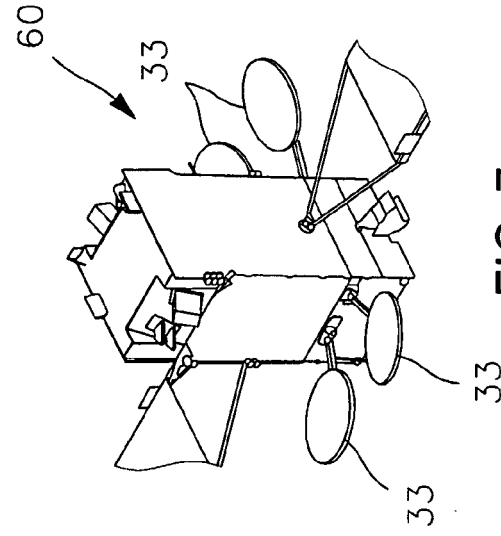


FIG. 7

FIG. 4

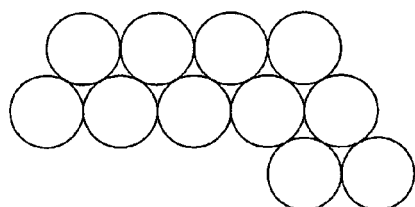


FIG. 5a

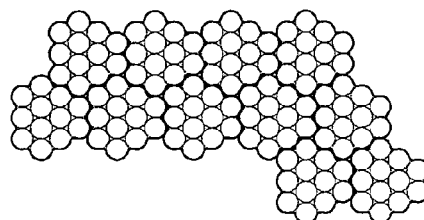


FIG. 5b

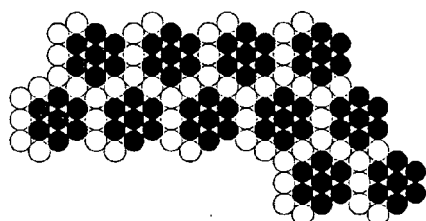


FIG. 6a

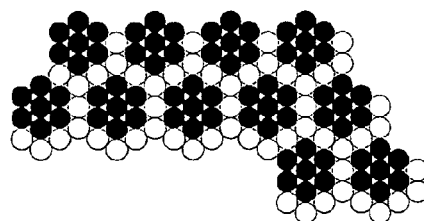


FIG. 6b

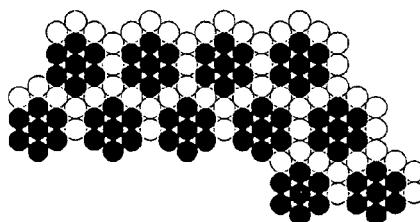


FIG. 6c

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 6157811 A [0006]