



(11) **EP 2 456 008 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
08.01.2020 Bulletin 2020/02

(51) Int Cl.:
H01Q 3/24 ^(2006.01) **H01Q 3/28** ^(2006.01)
H01Q 21/20 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **11306517.1**

(22) Date de dépôt: **18.11.2011**

(54) **Antenne à commutation de faisceau**

Antenne mit Strahlumschaltung

Beam-switching 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 RS SE SI SK SM TR

(30) Priorité: **19.11.2010 FR 1004515**

(43) Date de publication de la demande:
23.05.2012 Bulletin 2012/21

(73) Titulaire: **Thales**
92200 Neuilly Sur Seine (FR)

(72) Inventeurs:
• **Le Roux, Per-Yann**
92700 COLOMBES (FR)
• **Thizon, Sophia**
92700 COLOMBES (FR)
• **Meuriche, Bernard**
92700 COLOMBES (FR)

(74) Mandataire: **Lavoix**
2, place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
WO-A1-2008/087392 US-A- 3 964 066
US-A- 5 543 807 US-A- 5 874 915

- **KNOX M E ET AL: "Solid state 6*6 transfer switch for cylindrical array radar", MICROWAVE SYMPOSIUM DIGEST, 1993., IEEE MTT-S INTERNATIONAL ATLANTA, GA, USA 14-18 JUNE 1993, NEW YORK, NY, USA, IEEE, US, 14 juin 1993 (1993-06-14), pages 1225-1228, XP010068418, DOI: DOI:10.1109/MWSYM.1993.277093 ISBN: 978-0-7803-1209-8**

EP 2 456 008 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

[0001] La présente invention concerne une antenne à commutation de faisceau comprenant :

- 5 - un port d'entrée pour la connexion d'une liaison RF, destiné à l'acheminement d'un signal RF ;
- un moyen de pondération et de division dudit signal, connecté au port d'entrée, les sorties étant affectées d'un poids différent afin d'obtenir la valeur d'amplitude souhaitée du signal ;
- un moyen de commutation, connecté aux sorties du moyen de pondération et de division, et comportant deux matrices de commutation à N bornes d'entrée, tels que $N=2^m$;
- 10 - un réseau d'antennes comportant des éléments antennaires connectés aux sorties du moyen de commutation ; et
- un moyen de commande électronique connecté au moyen de commutation et de répartition.

[0002] Les systèmes de communication par radiofréquence / hyperfréquence, tels que les réseaux de communication reconfigurables, comprennent des dispositifs antennaires dont certains comportant une carte de commutation.

15 **[0003]** Cette carte de commutation comprend une ou plusieurs matrices de commutation composée de N entrées orientées vers N sorties selon différentes combinaisons, chaque sortie correspondant, à un instant, à une et une seule entrée. Elle est destinée à commuter les N signaux d'entrées vers N cartes antennes.

[0004] Les documents US 5 543 807A et US 5 874 915A décrivent des antennes à commutation de faisceau selon l'art antérieur.

20 **[0005]** Dans le cas d'antennes à commutation de faisceau comprenant un nombre réduit d'éléments antennaires placés de manière équidistante suivant une disposition circulaire, on connaît la possibilité d'utiliser des commutateurs à deux entrées et deux sorties dont les deux états sont commandés par une commande unique comme matrices de commutation. Une utilisation de tels commutateurs disposés en parallèle avec des sorties entrelacées en combinaison avec des commutateurs à une entrée et deux sorties permet d'exciter des antennes adjacentes conduisant à la génération

25 d'un faisceau directif rotatif dans toutes les directions possibles du plan. Par exemple, dans le cas d'une antenne à huit éléments antennaires, il est connu, notamment de la figure 6 du document WO2008/087392, d'utiliser deux matrices de commutation à deux entrées et deux sorties tels que décrits précédemment afin de pouvoir alimenter quatre antennes simultanément avec des signaux différents. La combinaison de telles matrices avec un commutateur à une entrée et deux sorties, connecté d'une part à chaque sortie des matrices et d'autre part à une paire d'éléments antennaires de

30 même parité, permet alors l'excitation de quatre antennes adjacentes sur l'ensemble des huit antennes avec la possibilité d'utiliser deux valeurs d'amplitude différentes des signaux.

[0006] Par contre, dans le cas d'une antenne présentant un nombre plus important de signaux différents alimentant les éléments antennaires, le dispositif se complique très rapidement au niveau de la matrice de commutation si on veut alimenter un nombre élevé d'éléments antennaires adjacents avec au moins quatre signaux différents.

35 Le but de l'invention est donc de proposer une antenne à commutation de faisceau présentant une architecture simple pour les applications qui nécessitent l'obtention d'un faisceau symétrique généré par huit éléments antennaires adjacents construit à partir de 4 signaux d'amplitudes différentes. Et, plus généralement, l'invention concerne une antenne comportant 2 matrices NxN et 2kN éléments antennaires dont 2N éléments antennaires actifs.

40 **[0007]** A cet effet, l'invention a pour objet une antenne à commutation de faisceau du type précité, caractérisé en ce que chaque matrice de commutation comprend $\text{Log}_2(N)$ étages, chaque étage comportant N/2 commutateurs de matrice à deux entrées et deux sorties, les commutateurs de matrice étant agencés de manière matricielle, chaque commutateur de matrice étant repéré par un étage X et une ligne Y, les deux sorties des N/2 commutateurs de matrice, repérés chacun par un étage X et une ligne Y, étant reliées directement d'une part à une entrée d'un commutateur de matrice positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Y et d'autre part à l'entrée restante d'un second commutateur de matrice

45 positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Yx, suivant une loi d'interconnexion physique des commutateurs.

[0008] Suivant d'autres modes de réalisation, l'antenne à commutation de faisceau comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- la loi d'interconnexion physique est définie selon la règle suivante :
- 50 Pour X=1

$$Y_x = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right)$$

55 Pour X>1

$$Y_X = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right) + \sum_{i=2}^X \left[(-1)^{E\left(1 + \frac{Y \times 2^i}{(N+2^i)}\right)} \times \frac{N}{2^i} \right]$$

5

où E(x) représente la fonction partie entière,

- chaque matrice de commutation comprend quatre entrées et quatre sorties, soit N=4, et dans laquelle chaque matrice de commutation comprend deux étages de deux commutateurs de matrice à deux entrées et deux sorties, les deux sorties des deux commutateurs de matrice du premier étage étant reliées directement d'une part à une entrée d'un commutateur de matrice du deuxième étage et d'autre part à l'entrée restante du second commutateur de matrice du deuxième étage,
- l'antenne comporte un moyen de répartition dont les entrées sont connectées chacune à une sortie des matrices de commutation et dont les sorties sont chacune reliées à un élément antennaire,
- le moyen de répartition comporte 2N commutateurs de répartition à une entrée et k sorties,
- les éléments antennaires sont disposés autour d'une surface cylindrique suivant une numérotation croissante, une moitié des éléments étant d'ordre pair, l'autre moitié étant d'ordre impair et dans laquelle, les commutateurs de répartition étant numérotés suivant un ordre croissant à pas de un et les sorties des matrices de commutation étant numérotées suivant un ordre croissant à pas de deux, les N premiers commutateurs de répartition à une entrée et k sorties du moyen de répartition sont reliés d'une part à la première matrice de commutation en entrée et d'autre part aux éléments antennaires d'ordre impair en sortie, les N autres commutateurs de répartition étant reliés d'une part à l'autre matrice de commutation en entrée et d'autre part aux éléments antennaires d'ordre pair en sortie, les k éléments antennaires, dont la numérotation a pour reste r dans sa division euclidienne par 2N, étant connectés aux commutateurs de répartition numérotés r, chaque commutateur de répartition étant relié à une sortie des matrices de commutation de même numérotation,
- le moyen de pondération et de division est propre à affecter un même groupe de N valeurs déterminées aux N entrées de chaque matrice de commutation,
- le groupe de N valeurs est constitué de N/2 couples de deux valeurs, un même couple étant utilisé à l'entrée d'un commutateur de matrice positionné sur une même ligne Y de chaque matrice de commutation, et
- le moyen de répartition comporte huit commutateurs de répartition à une entrée et quatre sorties.

30

[0009] L'invention concerne également un véhicule comportant une telle antenne à commutation de faisceau.

[0010] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une représentation schématique d'une antenne à commutation de faisceau selon l'invention,
- la figure 2 est une représentation schématique d'une matrice de commutation selon l'invention,
- la figure 3 est une représentation schématique du fonctionnement d'un élément de base de la matrice, le commutateur à deux entrées et deux sorties dont les deux états sont commandés par une commande unique,
- la figure 4 est une représentation schématique d'un exemple de fonctionnement de la matrice de commutation de la figure 3,
- la figure 5 est une représentation schématique d'un autre exemple de fonctionnement de la matrice de commutation de la figure 3,
- la figure 6 est une représentation schématique d'une antenne illustrant la répartition des pondérations associées aux éléments antennaires adjacents,
- la figure 7 est une représentation schématique d'une antenne à commutation de faisceau à M éléments antennaires,
- la figure 8 est une représentation schématique d'un faisceau généré par 2N éléments antennaires adjacents,
- la figure 9 est une représentation schématique d'une matrice de commutation à N entrées et N sorties, et
- la figure 10 est une représentation schématique d'une matrice paire à huit entrées et huit sorties.

[0011] L'antenne à commutation de faisceau 10 selon l'invention, illustrée sur la figure 1, comprend un port d'entrée principale 12 pour la connexion du lien radiofréquence et un groupe d'éléments antennaires 14 en sortie. Elle comprend également un bloc de pondération et de division 16 à une entrée et huit sorties, un bloc de commutation 18 à huit entrées et huit sorties et un bloc de répartition 20 à huit entrées et 32 sorties. Enfin, un bloc de commande 22 est relié aux blocs de commutation 18 et de répartition 20 pour la sélection de l'état de chaque bloc afin d'alimenter différents éléments antennaires 14 en fonction de la direction souhaitée du faisceau.

55

[0012] Les éléments antennaires 14 sont répartis suivant une disposition circulaire et ordonnées suivant une numérotation croissante afin de distinguer les éléments d'ordre pair des éléments d'ordre impair. Ici, le nombre d'éléments antennaires est égal à 32, ces derniers étant successivement numérotés de 1 à 32.

[0013] Le port d'entrée 12, propre à recevoir un signal d'entrée, est relié directement à l'entrée du bloc de pondération et de division 16 dont les huit sorties sont connectées aux huit entrées du bloc de commutation 18.

[0014] Le bloc de pondération et de division 16 est propre à associer une pondération différente {a,b,c,d,e,f,g,h} à chacune de ses huit sorties suivant des configurations prédéterminées. Le signal d'entrée est reproduit en plusieurs signaux d'amplitudes différentes et de phases différentes, cette division du signal est symétrique, c'est à dire que le groupe de valeur {a,b,c,d} doit avoir les mêmes signaux pondérés que {e,f,g,h}, soit $\{a,b,c,d\} = \{e,f,g,h\}$. On désigne alors un groupe pair, destiné aux éléments antennaires d'ordre pair, et un groupe impair pour les éléments antennaires d'ordre impair. Selon le mode de réalisation préféré de l'invention, un même groupe de quatre valeurs différentes {a,b,c,d} est associé à la fois aux quatre premières sorties et aux quatre dernières sorties, chaque groupe étant décomposé en couple de deux valeurs différentes {(a,b),(c,d)}.

[0015] Le bloc de commutation 18 comporte deux matrices de commutation 24a, 24b à quatre entrées et quatre sorties disposées en parallèle, il comprend donc un total de huit entrées et huit sorties. Les quatre premières sorties du bloc de pondération et de division 16, correspondant au groupe impair, sont reliées aux quatre entrées de la première matrice 24a, les quatre dernières sorties, correspondant au groupe pair, étant reliées aux quatre entrées de la deuxième matrice 24b.

[0016] Suivant le principe d'association des pondérations décrit précédemment, un même groupe de valeurs {a,b,c,d} est associé aux quatre entrées de la première matrice 24a et aux quatre entrées de la deuxième matrice 24b. Plus particulièrement, un même couple de valeurs (a,b) est associé aux deux premières entrées de chaque matrice 24a, 24b et un même couple de valeurs (c,d) est associé aux deux dernières entrées de chaque matrice 24a, 24b. Par exemple, un couple de valeurs (0,5 ;1) est associé aux deux premières entrées de chaque matrice 24a, 24b et un couple de valeurs (0,7 ;0,9) est associé aux deux dernières entrées de chaque matrice 24a, 24b.

[0017] Le bloc de répartition 20 comporte huit commutateurs 26 à une entrée et quatre sorties. Les quatre premières entrées du bloc de répartition 20 sont reliées aux quatre sorties de la première matrice de commutation 24a, les quatre dernières entrées étant reliées aux quatre sorties de la seconde matrice de commutation 24b. Chaque sortie du bloc de répartition est reliée directement à un élément antenne 14 parmi un groupe de 32 éléments suivant un entrelacement des liaisons comme illustré par la numérotation de la figure 1. Les seize premières liaisons sont connectées aux éléments 14 d'ordre impair, les seize dernières liaisons sont connectées aux éléments 14 d'ordre pair.

[0018] Chaque sortie des commutateurs 26 à une entrée et quatre sorties est reliée aux éléments antennaires 14 suivant une numérotation croissante de huit en huit.

[0019] L'architecture de la matrice de commutation 24a, identique à la matrice de commutation 24b, est illustrée sur la figure 2. Elle comporte quatre commutateurs 30a, 30b, 30c, 30d à deux entrées et deux sorties dont les deux états sont commandés par une commande unique. Elle comprend au total quatre entrées principales 32 et quatre sorties principales 34.

[0020] La figure 3 représente le fonctionnement d'un tel commutateur, ici le commutateur 30a, constitué de deux entrées locales notées ici 36a, 36b et deux sorties locales notées ici 38a, 38b.

[0021] Dans un état 0, les deux entrées 36a, 36b sont connectées aux deux sorties 38a, 38b. Dans l'autre état 1, les entrées 36a, 36b sont connectées chacune avec l'autre sortie à savoir respectivement 38b et 38a.

[0022] Comme représenté sur la figure 2, un premier étage 40 est constitué de deux commutateurs 30a, 30b amonts dont les entrées locales 36a, 36b ; 36c, 36d respectivement sont reliées aux entrées principales 32. Un second étage 42 est constitué de deux commutateurs 30c, 30d aval dont les sorties locales 38a, 38b ; 38c, 38d sont reliées aux sorties principales 34.

[0023] Une première sortie locale 38a, 38d de chaque commutateur 30a, 30b du premier étage 40 est relié directement à une première entrée locale 36a, 36d d'un commutateur correspondant 30c, 30d du second étage 42. La seconde sortie locale 38b, 38c de chaque commutateur 30a, 30b est relié directement à la seconde entrée locale 36c, 36b du commutateur du second étage 42 avec lequel il n'est pas encore relié.

[0024] En particulier, la première sortie locale 38a du premier commutateur amont 30a du premier étage 40 est reliée à la première entrée locale 36a du premier commutateur aval 30c du second étage 42.

[0025] La seconde sortie locale 38b du premier commutateur amont 30a du premier étage 40 est reliée à la première entrée locale 36c du second commutateur aval 30d du second étage 42.

[0026] La première sortie locale 38c du second commutateur amont 30b du premier étage 40 est reliée à la seconde entrée locale 36b du premier commutateur aval 30c du second étage 42.

[0027] Enfin, la seconde sortie locale 38d du second commutateur amont 30b du premier étage 40 est reliée à la seconde entrée locale 36d du second commutateur aval 30d du second étage 42.

[0028] Les figures 4 et 5 illustrent deux exemples de combinaisons possibles de la matrice de commutation 24a, 24b selon l'invention.

[0029] Ainsi, la matrice de commutation 24a, 24b sert à répartir quatre signaux différents A, B, C et D vers quatre sorties selon 16 combinaisons différentes.

[0030] L'utilisation de deux matrices 24a et 24b du type précité, associées aux commutateurs 26, permet d'alimenter

huit éléments antennaires 14 qui, grâce au moyen de commande 22, sont sélectionnés de manière à être toujours adjacents et de manière à former un faisceau symétrique.

[0031] La figure 6 illustre le principe d'association des pondérations aux différents éléments antennaires adjacents. Il est à noter que l'antenne, telle que représentée sur cette figure, n'est pas représentative de la disposition exacte et du nombre d'éléments antennaires selon l'invention.

[0032] Lors du fonctionnement, le moyen de commande 22 sélectionne, au moyen de signaux de commande de type binaire, l'état des commutateurs 30a à 30d de chaque matrice de commutation 24a, 24b et des commutateurs 26 afin d'alimenter huit éléments antennaires 14 de tel manière que les quatre signaux d'amplitude différente soient réparties, selon leur pondération, afin de former un faisceau symétrique.

[0033] Sur la figure 6, le faisceau est ainsi généré par les éléments antennaires notés N-3 à N+4 ayant pour amplitudes 0,5 ; 0,7 ; 0,9 ; 1 ; 1 ; 0,9 ; 0,7 ; 0,5. A chaque pas de l'antenne sont associées des signaux de commande qui vont sélectionner un nouvel état des commutateurs 30a à 30d de chaque matrice de commutation 24a, 24b et des commutateurs 26 afin de décaler successivement l'alimentation des éléments antennaires 14, permettant ainsi d'obtenir une rotation du faisceau.

[0034] Comme illustrée sur la figure 7, les enseignements décrits précédemment peuvent être généralisés au cas d'une antenne à M éléments antennaires 14. Une telle antenne 10 comprend principalement un bloc de pondération 16 à une entrée et 2N sorties. Elle comprend également un bloc de commutation 18 à 2N entrées et 2N sorties ainsi qu'un bloc de répartition 20 comprenant des commutateurs 52 à une entrée et k sorties. Le bloc de répartition 20 comprend donc 2N entrées et 2kN sorties. L'antenne comprend un nombre total de 2kN éléments antennaires 14 et permet de solliciter en même temps 2N éléments antennaires 14 afin de former un faisceau.

[0035] Le bloc de pondération 16 est composé d'une entrée et de 2N sorties symétriques correspondant à deux groupes 44, 46 de N signaux pondérés.

[0036] On désigne ces sorties $[I_1, I_2, I_3, \dots, I_{N-1}, I_N]$ pour le premier groupe 46 appelé groupe impair et $[P_1, P_2, P_3, \dots, P_N]$ pour le deuxième groupe 44 appelé groupe pair. Une valeur de pondération identique est appliquée à chaque sortie ayant la même numérotation. Par exemple, I_1 a la même pondération que P_1 , de sorte que les signaux issus de I_1 et de P_1 sont identiques.

[0037] Les signaux relatifs aux sorties du groupe pair 44 sont associés aux éléments antennaires 14 de numérotation paires par l'intermédiaire des blocs de commutation 18 et de répartition 20. De même, les signaux relatifs aux sorties du groupe impair 46 sont associés aux antennes de numérotation impaires par l'intermédiaire des blocs de commutation 18 et de répartition 20.

[0038] Le bloc de commutation 18 comprend deux matrices de commutation 48, 50 identiques à N entrées et N sorties. Les entrées de la première matrice 48 dite matrice paire sont connectées aux sorties du bloc de pondération 16 associées au groupe pair 44, les entrées de la seconde matrice 50 dite matrice impaire étant connectées aux sorties du bloc de pondération 16 associées au groupe impair 46.

[0039] Les sorties des matrices de commutation 48, 50 sont numérotées par ordre croissant à pas de 2, de 1 à 2N-1 pour la matrice impaire 50 et de 2 à 2N pour la matrice paire 48, cette numérotation correspondant à la numérotation des sorties du bloc de commutation 18.

[0040] Le bloc de répartition 20 comprend 2N commutateurs 52 identiques à une entrée et k sorties, chaque entrée étant connectée à une sortie du bloc de commutation 18. Chaque commutateur 52, désigné sous la forme SPkT-r, est connecté à la sortie r correspondante du bloc de commutation 18. Par exemple, une désignation SPkT-2 correspond au commutateur 52 connecté à la sortie 2 du bloc de commutation.

[0041] Les M éléments antennaires 14, numérotés de 1 à M, sont disposés de manière croissante autour d'un cylindre (non représenté) et sont regroupés en 2N groupes 54 de k éléments antennaires 14. Pour un groupe 54 donné, les k éléments antennaires 14 sont connectés au même SPkT 52.

[0042] Le principe suivant est appliqué à un commutateur 52 SPkT-r donné pour déterminer les k éléments antennaires 14 qui lui sont reliés. Ainsi, les k éléments antennaires 14 dont la numérotation a pour reste r dans sa division euclidienne par 2N, sont reliés au commutateur 52 SPkT-r.

[0043] Par exemple, les k éléments antennaires 14 dont la numérotation a pour reste 2 dans sa division euclidienne par 2N, sont reliés au SPkT-2. Ainsi, pour une antenne comprenant des matrices 48, 50 à 8 entrées et 8 sorties, correspondant à N=8, et un nombre total M=2kN=64 éléments antennaires, correspondant à k=4, les éléments antennaires n°2, n°18, n°34 et n°50 sont reliés au SP4T-2.

[0044] Au final, comme illustré sur la figure 8, 2N éléments antennaires adjacents sont alimentés par les signaux pondérés des groupes impairs $\{I_1, I_2, \dots, I_N\}$ et pairs $\{P_1, P_2, \dots, P_N\}$ de tel manière que la répartition des signaux soit symétrique ce qui forme un faisceau symétrique orienté dans l'axe de l'ensemble formé par ces 2N éléments antennaires.

[0045] La figure 9 représente une matrice de commutation paire 48 à N entrées et N sorties, tels que $N = 2^m$, m étant un entier naturel.

[0046] Cette matrice 48 comprend $\text{Log}_2(N)$ étages de N/2 commutateurs 56 à deux entrées et deux sorties. Chaque commutateur 56, identique au commutateur 30a représenté sur la figure 3, est repéré par un numéro de ligne Y et un

numéro d'étage X.

[0047] Les N signaux pondérés, associés aux N entrées 58, proviennent d'un même groupe de parité et sont classés en N/2 couples de deux. Le couple de la ligne 1 est composé des signaux P₁ et P_N, le couple de la ligne 2 est composé

des signaux P₂ et P_{N-1}. Ainsi, suivant le même principe, le couple de la ligne Y est constitué des signaux P_Y et P_{N-Y+1}.
[0048] Pour un étage X donné, les deux sorties locales des N/2 commutateurs 56 positionnés à un étage X et à une ligne Y, sont reliées directement d'une part à une entrée d'un commutateur 56 positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Y et d'autre part à l'entrée restante d'un second commutateur 56 positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Y_x, suivant une loi d'interconnexion physique des commutateurs.

[0049] Ainsi, quel que soit l'étage X considéré, une première sortie locale d'un commutateur 56 est connectée à une entrée d'un commutateur 56 positionné à l'étage suivant et sur la même ligne.

[0050] Par contre, suivant l'étage X considéré, la deuxième sortie locale est connectée à l'entrée restante d'un commutateur positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Y_x. La détermination de la ligne Y_x s'effectue au moyen d'une loi d'interconnexion physique qui prend deux formes différentes suivant l'étage X considéré.

Pour X=1

$$Y_x = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right)$$

Pour X>1

$$Y_x = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right) + \sum_{i=2}^X \left[(-1)^{E\left(1 + \frac{Y \times 2^i}{N+2^i}\right)} \times \frac{N}{2^i} \right]$$

où E(x) représente la fonction partie entière.

[0051] La figure 10 illustre l'exemple d'une matrice paire 48 à huit entrées et huit sorties, correspondant à N=8 c'est-à-dire m=3. Elle comporte donc trois étages de quatre commutateurs 56. Chaque commutateur 56, positionné à l'étage X et à la ligne Y, est défini par l'expression DPDT(X,Y).

[0052] Les huit entrées 62 sont associées aux signaux P1 à P8 du groupe pair. Les huit sorties 64 sont connectées aux éléments antennaires 14 d'ordre pair numérotés de deux à seize.

[0053] Un premier ensemble 66 représente l'ensemble des connections entre les commutateurs du premier étage et ceux du deuxième étage. Un premier groupe 68 est composé des quatre commutateurs suivants: DPDT(1,1), DPDT(1,4), DPDT(2,1), DPDT(2,4). Un second groupe 70 est composé des quatre commutateurs suivants : DPDT(1,2), DPDT(1,3), DPDT(2,2), DPDT(2,3).

[0054] Un second ensemble 72 représente l'ensemble des connections entre les commutateurs du second étage et ceux du troisième étage. Un premier groupe 74 est composé des quatre commutateurs suivants : DPDT(2,1), DPDT(2,2), DPDT(3,1), DPDT(3,2). Un second groupe 76 est composé des quatre commutateurs suivants : DPDT(2,3), DPDT(2,4), DPDT(3,3), DPDT(3,4).

[0055] Chaque groupe comprend deux étages de deux commutateurs 56, les commutateurs 56 étant reliés entre eux suivant le même principe que la matrice de commutation 24a illustré sur la figure 2.

[0056] L'architecture du bloc de commutation est simple dans sa forme selon l'invention pour les applications nécessitant un faisceau symétrique généré par 2N éléments antennaires 14 adjacents construit à partir de N signaux d'amplitude différente. Dans le cas du mode de réalisation préféré selon l'invention, seules huit combinaisons sont nécessaires en sortie de chaque matrice de commutation 24a, 24b. En effet, la pondération étant symétrique et ordonnée de la même manière quelque soit la position du faisceau, deux éléments antennaires 14 successifs de même parité ne peuvent jamais avoir en même temps des valeurs d'amplitude des signaux (a,d) et (b,c) si l'on considère un groupe de valeurs d'amplitude croissante {a,b,c,d}.

[0057] L'invention permet d'éviter d'utiliser une matrice de commutation classique à quatre entrées et quatre sorties pour les applications où seulement 16 combinaisons ou moins sont nécessaires comparées aux 24 combinaisons d'une matrice 4 X 4 classique.

[0058] Ainsi, par rapport à une architecture classique comprenant deux matrices à quatre entrées et quatre sorties, chaque matrice étant composée de trois étages de deux commutateurs à deux entrées et deux sorties dont les deux états sont commandés par une commande unique, l'invention permet la réalisation d'une architecture moins complexe grâce à la suppression d'un étage de deux commutateurs dans chaque matrice de commutation.

[0059] En outre, cette suppression d'un étage de deux commutateurs permet de réaliser un gain d'encombrement. Enfin, elle permet également de diminuer les pertes d'insertion ainsi que les dispersions d'amplitudes et de phases entre

les signaux pondérés.

[0060] Bien que la description précédente expose une antenne fonctionnant en émission, il devra être compris que la présente invention concerne également une antenne en réception, les qualificatifs d' « entrée » et de « sorties » devenant respectivement des « sorties » et des « entrées ».

5

Revendications

1. Antenne à commutation de faisceau comprenant :

10

- un port d'entrée (12) pour la connexion d'une liaison RF, destiné à l'acheminement d'un signal RF ;
- un bloc de pondération et de division (16) dudit signal, connecté au port d'entrée, les sorties étant affectées d'un poids différent afin d'obtenir la valeur d'amplitude souhaitée du signal ;
- un bloc de commutation (18), connecté aux sorties du bloc de pondération et de division (16), et comportant deux matrices (24a, 24b ; 48, 50) de commutation à N bornes d'entrée, tels que $N=2^m$;
- un bloc de répartition (20) ;
- un réseau d'antennes comportant des éléments antennaires (14) connectés aux sorties du bloc de commutation (18) ; et
- un bloc de commande électronique (22) connecté au bloc de commutation (18) et au bloc de répartition (20);

15

20

caractérisée en ce que chaque matrice de commutation (24a, 24b ; 48, 50) comprend $\text{Log}_2(N)$ étages, chaque étage comportant $N/2$ commutateurs de matrice (30a, 30b ; 30c, 30d ; 56) à deux entrées et deux sorties, les commutateurs de matrice étant agencés de manière matricielle, chaque commutateur de matrice étant repéré par un étage X et une ligne Y, les deux sorties des $N/2$ commutateurs de matrice (30a, 30b ; 56), repérés chacun par un étage X et une ligne Y, étant reliées directement d'une part à une entrée d'un commutateur de matrice (30c, 30d ; 56) positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Y et d'autre part à l'entrée restante d'un second commutateur de matrice (30d, 30c ; 56) positionné à l'étage suivant X+1 et à la ligne Yx, suivant une loi d'interconnexion physique des commutateurs définie selon la règle suivante :

25

Pour X=1

30

$$Y_x = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right)$$

35

Pour X>1

40

$$Y_x = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right) + \sum_{i=2}^X \left[(-1)^{E\left(1 + \frac{Y \times 2^i}{(N+2^i)}\right)} \times \frac{N}{2^i} \right]$$

où E(x) représente la fonction partie entière, et **en ce que** l'antenne comporte un bloc de répartition (20) comprenant 2N commutateurs de répartition (26 ; 52) à une entrée et k sorties, dont les entrées sont connectées chacune à une sortie des matrices de commutation (24a, 24b ; 48, 50) et dont les sorties sont chacune reliées à un élément antenne (14), et **en ce que** les éléments antennaires (14) sont disposés autour d'une surface cylindrique suivant une numérotation croissante, une moitié des éléments étant d'ordre pair, l'autre moitié étant d'ordre impair et dans laquelle, les commutateurs de répartition (26 ; 52) étant numérotés suivant un ordre croissant à pas de un et les sorties des matrices de commutation (24a, 24b ; 48, 50) étant numérotées suivant un ordre croissant à pas de deux, les N premiers commutateurs de répartition (26 ; 52) à une entrée et k sorties du bloc de répartition (20) sont reliés d'une part à la première matrice de commutation (24a ; 50) en entrée et d'autre part aux éléments antennaires (14) d'ordre impair en sortie, les N autres commutateurs de répartition (26 ; 52) étant reliés d'une part à l'autre matrice de commutation (24b ; 48) en entrée et d'autre part aux éléments antennaires (14) d'ordre pair en sortie, les k éléments antennaires, dont la numérotation a pour reste r dans sa division euclidienne par 2N, étant connectés aux commutateurs de répartition (26 ; 52) numérotés r, chaque commutateur de répartition (26 ; 52) étant relié à une sortie des matrices de commutation (24a, 24b ; 48, 50) de même numérotation.

45

50

55

2. Antenne à commutation de faisceau selon la revendication 1 dans laquelle le bloc de pondération et de division (16) est propre à affecter un même groupe de N valeurs déterminées aux N entrées de chaque matrice de commu-

tation (24a, 24b ; 48, 50).

3. Antenne à commutation de faisceau selon la revendication 2 dans laquelle le groupe de N valeurs est constitué de N/2 couples (60) de deux valeurs, un même couple (60) étant utilisé à l'entrée d'un commutateur de matrice (30a, 30b ; 30c, 30d ; 56) positionné sur une même ligne Y de chaque matrice de commutation (24a, 24b ; 48, 50).
4. Antenne à commutation de faisceau selon l'une quelconque des revendications 1 à 3 dans laquelle le bloc de répartition (20) comporte huit commutateurs de répartition (26 ; 52) à une entrée et quatre sorties.
5. Véhicule comportant une antenne à commutation de faisceau selon l'une quelconque des revendications précédentes.

Patentansprüche

1. Antenne mit Strahlumschaltung, umfassend:

- einen Eingangsanschluss (12) für die Zuleitung einer HF Verbindung, der zum Durchleiten eines HF Signals dient;
- einen Block (16) zur Gewichtung und Teilung des Signals, der mit dem Eingangsanschluss verbunden ist, wobei die Ausgängen mit einem unterschiedlichen Gewicht versehen sind, um den gewünschten Amplitudenwert des Signals zu erhalten;
- einen Umschaltblock (18), der mit den Ausgängen des Blocks (16) zur Gewichtung und Teilung verbunden ist und zwei Schaltmatrices (24a, 24b; 48, 50) mit N Eingangsklemmen, wie $N = 2^m$ aufweist;
- einen Verteilerblock (20);
- ein Antennenfeld, das Antennenelemente (14) aufweist, die mit den Ausgängen des Umschaltblocks (18) verbunden sind; und
- einen elektronischen Steuerblock (22), der mit dem Umschaltblock (18) und dem Verteilerblock (20) verbunden ist;

dadurch gekennzeichnet, dass jede Schaltmatrix (24a, 24b; 48, 50) $\log_2(N)$ Spalten umfasst, wobei jede Spalte N/2 Matrixumschalter (30a, 30b; 30c, 30d; 56) mit zwei Eingängen und zwei Ausgängen aufweist, die Matrixumschalter in Matrixform angeordnet sind, jeder Matrixumschalter durch eine Spalte X und eine Zeile Y bezeichnet ist, die beiden Ausgänge der N/2 Matrixumschalter (30a, 30b; 56), die jeweils durch eine Spalte X und eine Zeile Y bezeichnet sind, einerseits direkt an einen Eingang eines Matrixumschalters (30c, 30d; 56), der in der folgenden Spalte X+1 und in der Zeile Y positioniert ist, und andererseits an den verbleibenden Eingang eines zweiten Matrixumschalters (30d, 30c; 56), der in der nächsten Spalte X+1 und in der Zeile Yx positioniert ist, angeschlossen sind, einem physikalischen Verbindungsgesetz der Umschalter folgend, das gemäß der folgenden Regel definiert ist: für $X=1$

$$Y_X = \left(1 - Y + \frac{N}{2} \right)$$

für $X > 1$

$$Y_X = \left(1 - Y + \frac{N}{2} \right) + \sum_{i=2}^X [(-1)^{E\left(1 + \frac{Y \times 2^i}{(N+2^i)}\right)} \times \frac{N}{2^i}]$$

wobei E(x) eine Ganzzahlfunktion ist und dass die Antenne einen Verteilerblock (20) aufweist, der 2N Verteilerschalter (26; 52) mit einem Eingang und k Ausgängen umfasst, deren Eingänge jeweils mit einem Ausgang der Schaltmatrix (24a, 24b; 48, 50) verbunden sind und deren Ausgänge jeweils an ein Antennenelement (14) angeschlossen sind, und dass die Antennenelemente (14) um eine zylindrisches Fläche herum gemäß einer steigenden Nummerierung angeordnet sind, wobei eine Hälfte der Elemente von geradzahligem Reihenfolge ist, die andere Hälfte von ungeradzahligem Reihenfolge ist und wobei die Verteilerschalter (26; 52) gemäß einer steigenden Reihenfolge mit Abstand 1 nummeriert sind und die

Ausgänge der Schaltmatrices (24a, 24b; 48, 50) gemäß einer steigenden Reihenfolge mit Abstand 2 nummeriert sind, wobei die N ersten Verteilerschalter (26; 52) mit einem Eingang und k Ausgängen des Verteilerblocks (20) einerseits mit der ersten Schaltmatrix (24a; 50) am Eingang und andererseits mit den Antennenelementen (14) mit ungeradzahlgiger Reihenfolge am Ausgang verbunden sind, die N anderen Verteilerschalter (26; 52) einerseits an die andere Schaltmatrix (24b; 48) am Eingang und andererseits an die Antennenelemente (14) geradzahlgiger Reihenfolge am Ausgang angeschlossen sind, wobei die k Antennenelemente, deren Nummerierung in ihrer durch 2N euklidischen Teilung als Rest r aufweist, an die mit r nummerierten Verteilerschalter (26; 52) angeschlossen sind, wobei jeder Verteilerschalter (26; 52) mit einem Ausgang der Schaltmatrices (24a, 24b; 48, 50) mit gleicher Nummerierung verbunden ist.

2. Antenne mit Strahlumschaltung nach Anspruch 1, bei der der Block (16) der Gewichtung und Teilung geeignet ist, eine selbe Gruppe von N bestimmten Werten den N Eingängen jeder Schaltmatrix (24a, 24b; 48, 50) zuzuordnen.
3. Antenne mit Strahlumschaltung nach Anspruch 2, bei der die Gruppe von N Werten aus N/2 Paaren (60) von zwei Werten gebildet ist, wobei ein selbes Paar (60) an dem Eingang eines Matrixumschalters (30a, 30b; 30c, 30d; 56), der an einer selben Zeile Y jeder Schaltmatrix (24a, 24b; 48, 50) positioniert ist, verwendet wird.
4. Antenne mit Strahlumschaltung nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, bei der der Verteilerblock (20) acht Verteilerschalter (26; 52) mit einem Eingang und vier Ausgängen aufweist.
5. Fahrzeug, das eine Antenne mit Strahlumschaltung nach einem beliebigen der vorhergehenden Ansprüche aufweist.

Claims

1. Beam-switching antenna, comprising:

- an input port (12) for connection of an RF link, for routing a RF signal;
- a weighting and division block (16) for said signal, connected to the input port, the outputs being assigned a different weighting in order to obtain the desired amplitude value of the signal;
- a switching block (18) connected to the outputs of the weighting and division block (16) and having two switching matrices (24a, 24b; 48, 50) with N input terminals, such that $N = 2^m$;
- a distribution block (20);
- a network of antennas containing antenna elements (14) connected to the outputs of the switching block (18);
- and
- an electronic control block (22) connected to the switching block (18) and to the distribution block (20);

characterised in that each switching matrix (24a, 24b; 48, 50) comprises $\text{Log}_2(N)$ stages, each stage having N/2 matrix switches (30a, 30b; 30c, 30d; 56) with two inputs and two outputs, the matrix switches being arranged in a matrix configuration, each matrix switch being identified by a stage X and a row Y, the two outputs of the N/2 matrix switches (30a, 30b; 56), each identified by a stage X and a row Y, being connected directly on the one hand to an input of a matrix switch (30c, 30d; 56) positioned at the following stage X+1 and at row Y and on the other hand to the remaining input of a second matrix switch (30d, 30c; 56) positioned at the following stage X+1 and at line Yx, according to a physical interconnection law of the switches defined according to the following rule:

For X=1

$$Y_X = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right)$$

For X>1

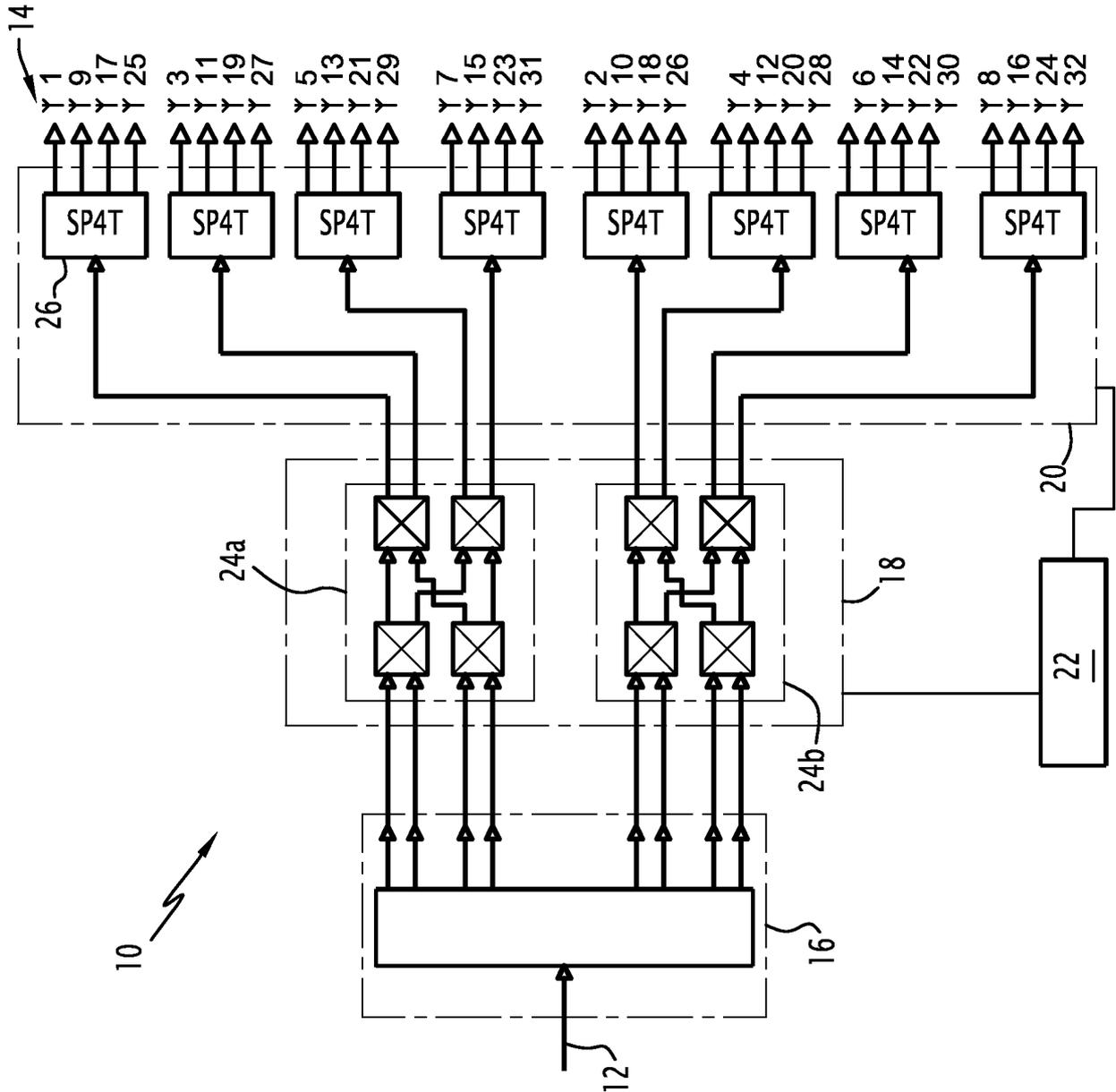
$$Y_X = \left(1 - Y + \frac{N}{2}\right) + \sum_{i=2}^X \left[(-1)^{E\left(1, \frac{Y \times 2^i}{(N+2^i)}\right)} \times \frac{N}{2^i} \right]$$

where E(x) represents the integer-part function,

and **in that** the antenna has a distribution block (20) comprising $2N$ distribution switches (26; 52) with one input and k outputs, the inputs of which are each connected to an output of the switching matrices (24a, 24b; 48, 50) and the outputs of which are each connected to an antenna element (14), and **in that** the antenna elements (14) are arranged about a cylindrical surface according to an increasing numbering, half of the elements being of even order, the other half being of odd order and in which, the distribution switches (26; 52) being numbered in an order increasing in steps of one and the outputs of the switching matrices (24a, 24b; 48, 50) being numbered in an order increasing in steps of two, the first N distribution switches (26; 52) with one input and k outputs of the distribution block (20) are connected on the one hand to the first switching matrix (24a; 50) at the input and on the other hand to the antenna elements (14) of odd order at the output, the other N distribution switches (26; 52) being connected on the one hand to the other switching matrix (24b; 48) at the input and on the other hand to the antenna elements (14) of even order at the output, the k antenna elements whose numbering has the remainder r in its Euclidean division by $2N$ being connected to the distribution switches (26; 52) numbered r , each distribution switch (26; 52) being connected to an output of the switching matrices (24a, 24b; 48, 50) of the same numbering.

2. Beam-switching antenna according to claim 1, wherein the weighting and division block (16) is capable of assigning the same group of N determined values to the N inputs of each switching matrix (24a, 24b; 48, 50).
3. Beam-switching antenna according to claim 2, wherein the group of N values is composed of $N/2$ pairs (60) of two values, the same pair (60) being used at the input of a matrix switch (30a, 30b; 30c, 30d; 56) positioned on the same row Y of each switching matrix (24a, 24b; 48, 50).
4. Beam-switching antenna according to any one of claims 1 to 3, wherein the distribution block (20) has eight distribution switches (26; 52) with one input and four outputs.
5. Vehicle having a beam-switching antenna according to any one of the preceding claims.

FIG. 1



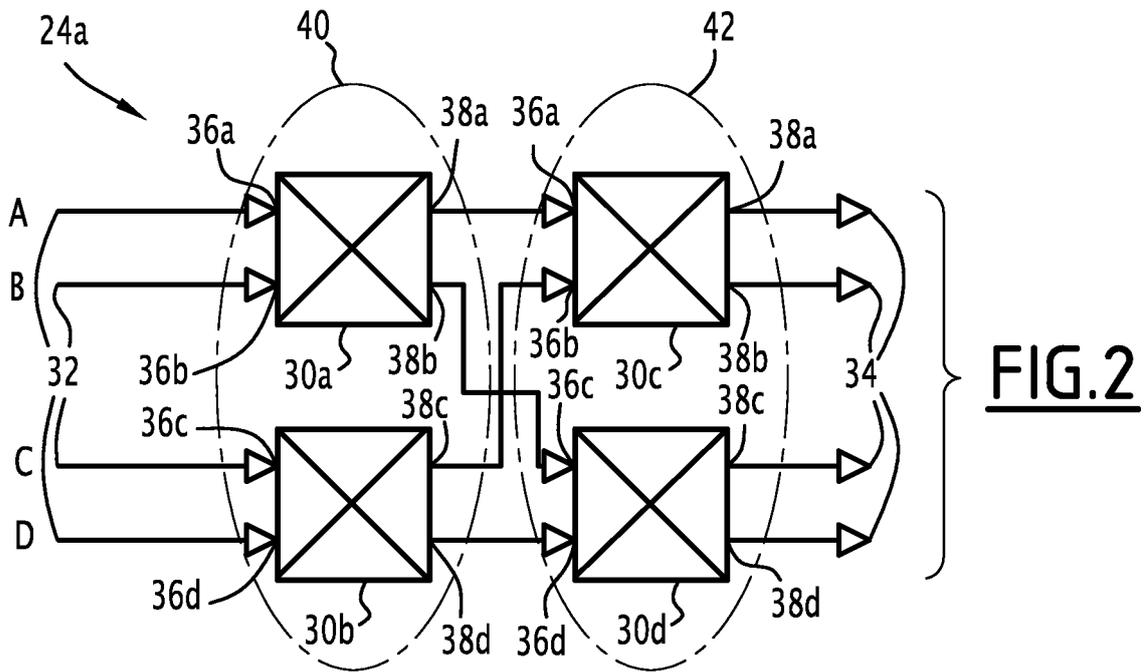


FIG. 2

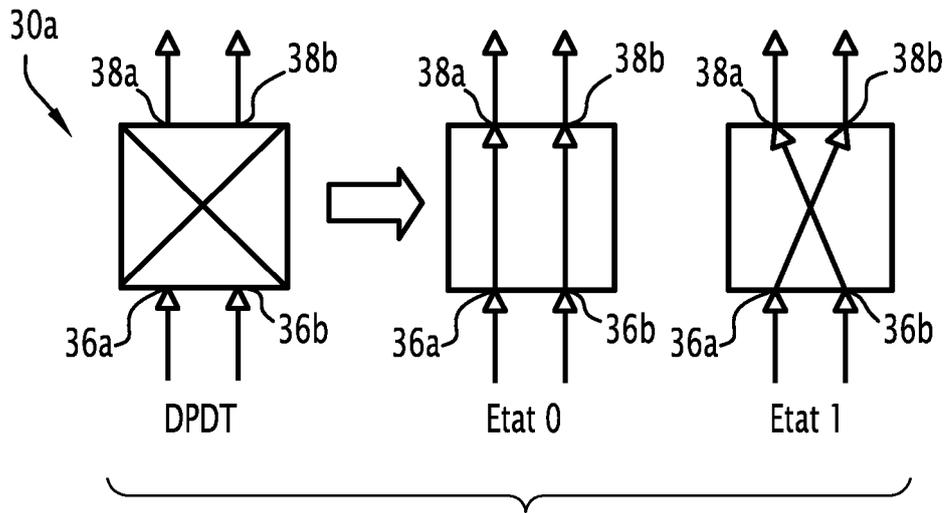
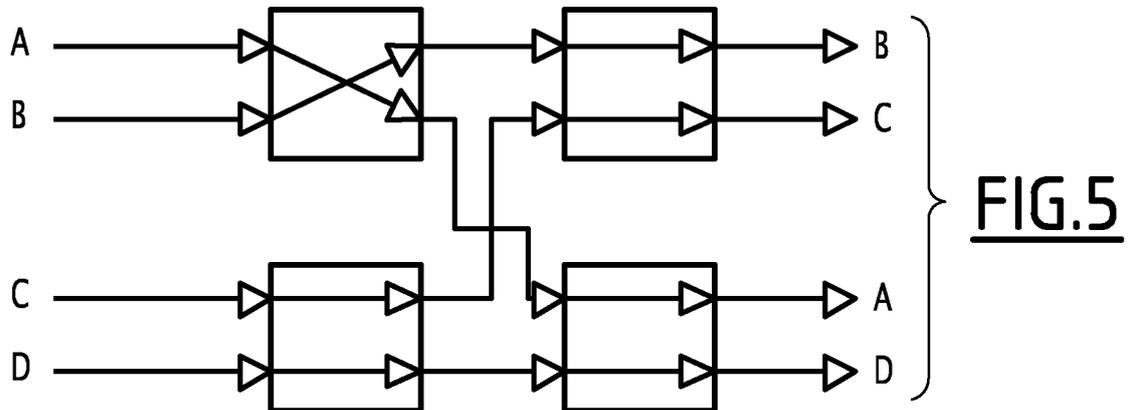
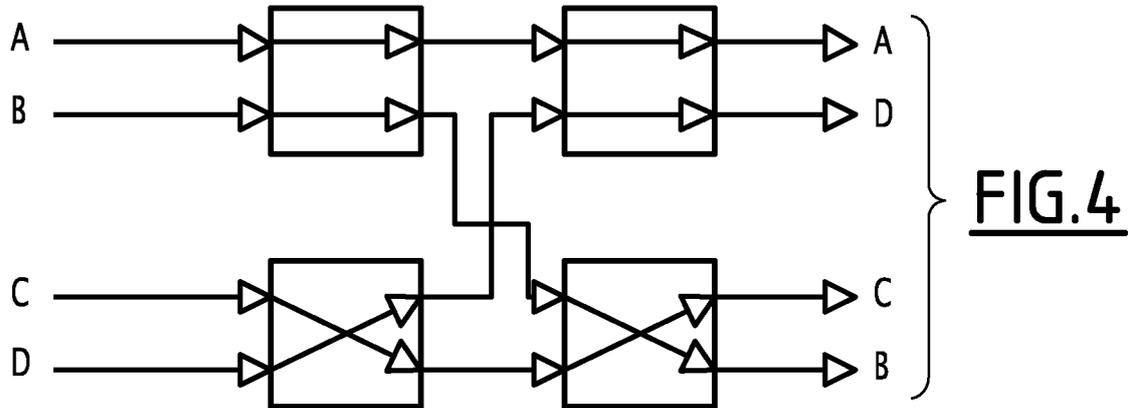


FIG. 3



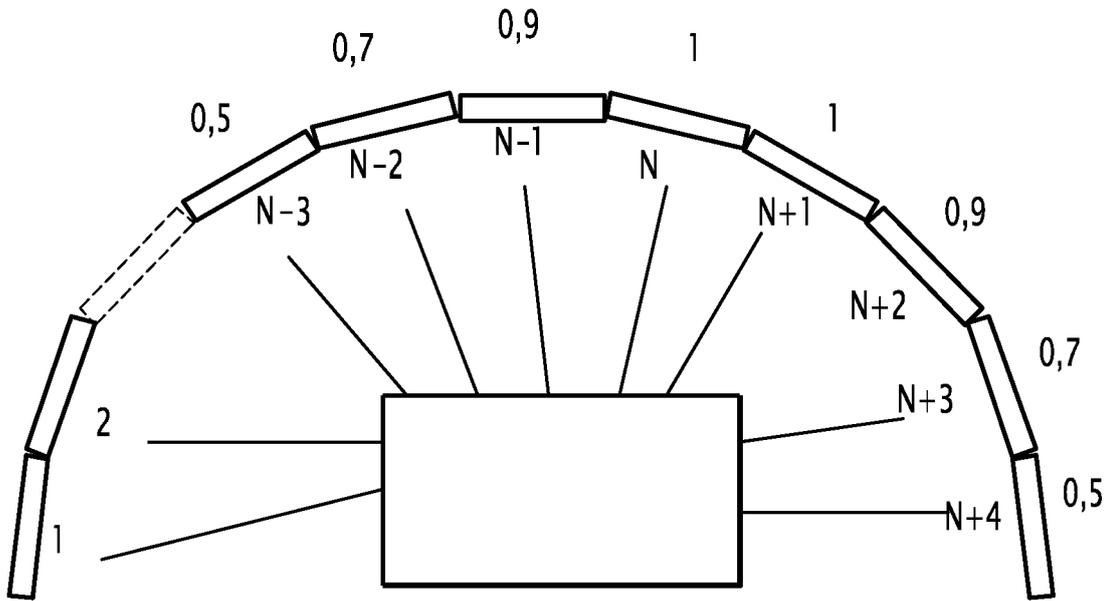


FIG.6

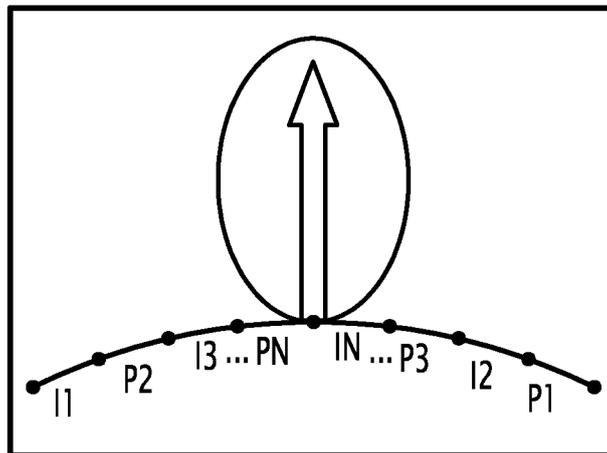


FIG.8

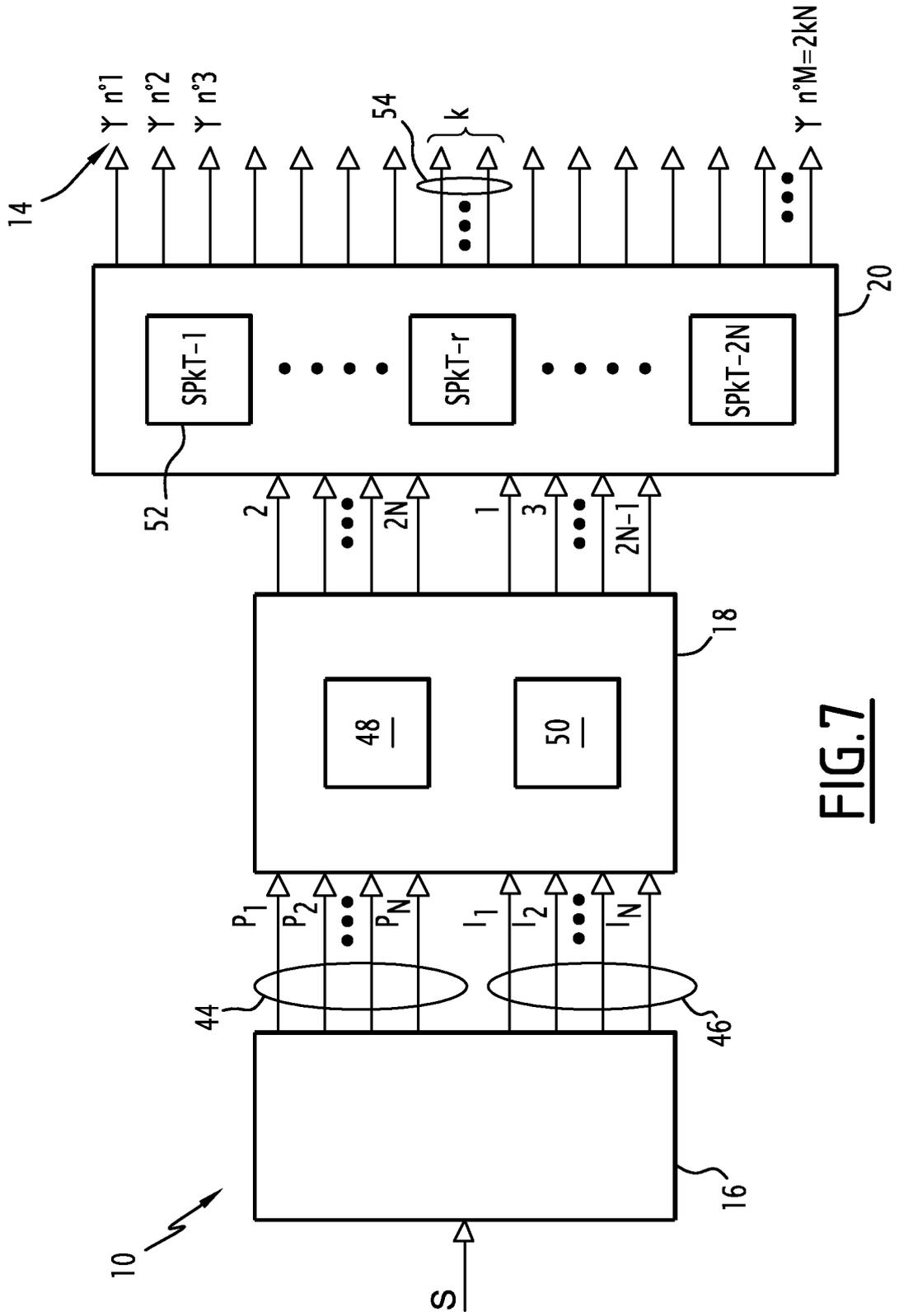


FIG. 7

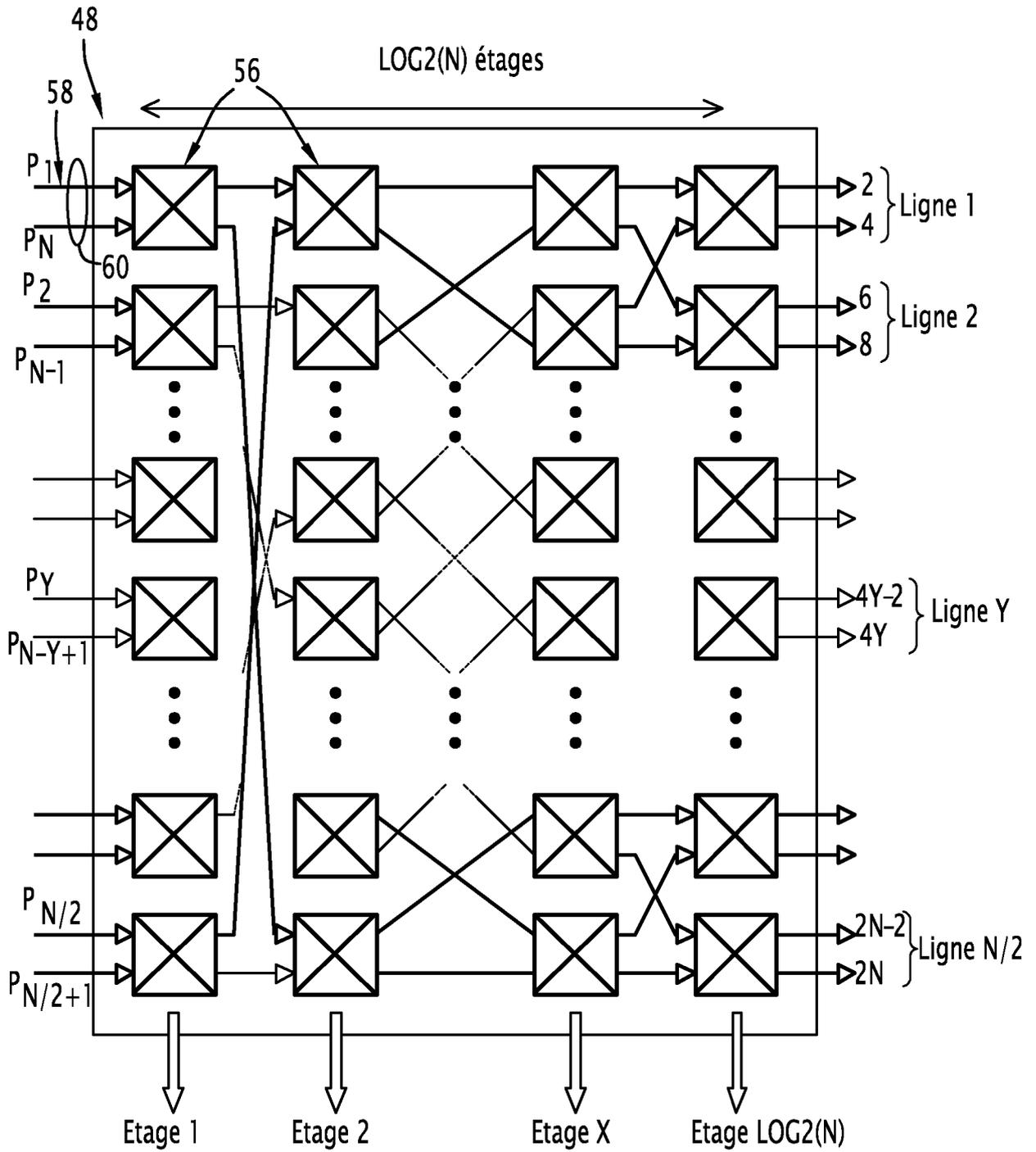


FIG.9

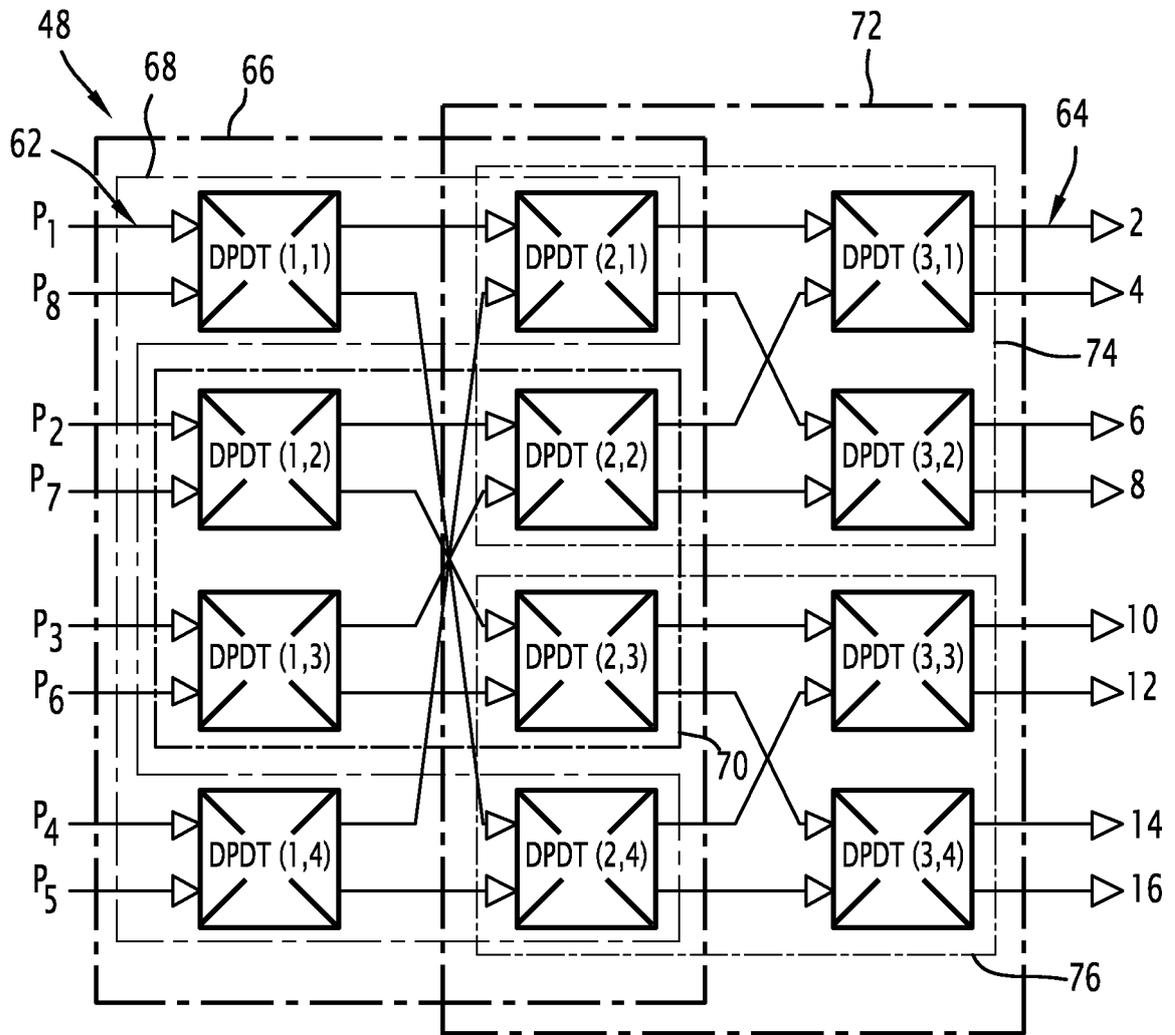


FIG.10

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 5543807 A [0004]
- US 5874915 A [0004]
- WO 2008087392 A [0005]