

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **2 996 082**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
②1 N° d'enregistrement national : **12 02564**
⑤1 Int Cl⁸ : **H 04 B 1/04 (2016.01)**

①2

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 PROCÉDE ET DISPOSITIF POUR LA RECEPTION RADIO UTILISANT UN APPAREIL D'ACCORD D'ANTENNE ET UNE PLURALITE D'ANTENNES.

②2 Date de dépôt : 27.09.12.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.03.14 Bulletin 14/13.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 09.09.16 Bulletin 16/36.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : *TEKCEM Société par actions simplifiée — FR.*

⑦2 Inventeur(s) : BROYDE FREDERIC et CLAVELIER EVELYNE.

⑦3 Titulaire(s) : SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.

⑦4 Mandataire(s) : SANTARELLI.

FR 2 996 082 - B1



Procédé et dispositif pour la réception radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

5

L'invention concerne un procédé pour la réception radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes. L'invention concerne aussi un récepteur pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes. Les signaux radioélectriques reçus peuvent transporter des informations de toutes natures, par exemple des signaux pour la transmission de la voix et/ou d'images (télévision) et/ou de données. Les signaux radioélectriques reçus peuvent être utilisés pour tout mode opératoire, par exemple pour la radiodiffusion, pour des radiocommunications bidirectionnelles point à point ou pour des radiocommunications dans un réseau cellulaire.

ÉTAT DE LA TECHNIQUE ANTÉRIEURE

15 La figure 1 montre un exemple de schéma bloc de récepteur pour communication radio moderne utilisant une pluralité d'antennes simultanément. Chacune des 3 antennes (1) est couplée à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4). La sortie de chaque amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4) est connectée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (5) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (5) est connectée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6), dont la sortie est reliée au destinataire (7). Par exemple, dans le cas d'un récepteur superhétérodyne, chaque circuit de traitement analogique et de conversion (5) peut mettre en oeuvre les principales étapes suivantes : changement de fréquence, filtrage et amplification du signal en fréquence intermédiaire, démodulation et conversion analogique/numérique des signaux I et Q. Par exemple, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) peut mettre en oeuvre les principales étapes suivantes : démodulation OFDM de chaque signal d'entrée, décodage espace-temps (en anglais: "space-time decoding"), décodage canal, décodage source. Dans le cas où le récepteur de la figure 1 est utilisé avec des émetteurs utilisant aussi plusieurs antennes, l'étape de décodage espace-temps est parfois appelé décodage MIMO.

30 La matrice impédance Z_{ANT} d'un réseau d'antennes est non diagonale lorsque les interactions entre antennes sont non négligeables, les modules des éléments non diagonaux de la matrice impédance étant généralement plus grands lorsque les antennes sont plus proches les unes des autres. Il est bien connu qu'un réseau d'antennes utilisé pour recevoir des signaux radio délivre une puissance maximale lorsqu'il voit une charge présentant une matrice impédance égale à Z_{ANT}^* , où Z_{ANT}^* est la matrice adjointe de Z_{ANT} , c'est-à-dire la matrice égale à la matrice

transposée de la matrice complexe conjuguée de Z_{ANT} . Dans ce cas, il y a transfert de puissance maximal.

Dans le récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes représenté sur la figure 1, nous notons que les circuits électriques des amplificateurs à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4) et des circuits de traitement analogique et de conversion (5) forment autant de voies analogiques indépendantes qu'il y a d'antennes. Ainsi, le réseau d'antennes voit une charge présentant une matrice impédance diagonale. Par conséquent, si les antennes forment un réseau d'antennes dans lequel une ou plusieurs interactions entre les antennes ne peuvent être négligées, un transfert de puissance maximal et/ou des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion (5) ne peuvent être obtenus en utilisant le récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes représenté sur la figure 1, parce que dans ce cas Z_{ANT} est non diagonale. Ceci constitue une première limitation du récepteur montré sur la figure 1, si l'on souhaite utiliser un réseau d'antennes compact.

Lorsque les antennes sont placées à proximité les unes des autres, les tensions de circuit ouvert reçues par les antennes deviennent fortement corrélées. Dans le récepteur montré sur la figure 1, ce phénomène diminue la vitesse de transmission qui peut être atteinte. Ceci constitue une deuxième limitation du récepteur montré sur la figure 1, si l'on souhaite utiliser un réseau d'antennes compact.

L'article de R.A. Spiale intitulé "Advanced Design of Phased-Array Beam-Forming Networks", publié dans la revue *IEEE Antennas & Propagation Magazine*, vol. 38, No. 4, pages 22 à 34, en août 1996, et l'article de J.W. Wallace et M.A. Jensen intitulé "Termination-Dependent Diversity Performance of Coupled Antennas: Network Theory Analysis", publié dans la revue *IEEE Transactions on Antennas Propagation*, vol. 52, No. 1, pages 98 à 105, en janvier 2004, montrent que la réception radio utilisant plusieurs antennes peut être améliorée si on utilise un réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, ayant ses bornes d'entrée connectées aux antennes couplées et ses bornes de sortie connectées à des charges non couplées, pourvu que le réseau d'adaptation linéaire passif à entrées multiples et sorties multiples ait des caractéristiques convenables.

La figure 2 montre un exemple de schéma bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant une pluralité d'antennes et un tel réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples. Chacune des 3 antennes (1) est couplée, directement ou à travers une liaison d'antenne aussi appelée "feeder", à un accès d'entrée du réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (2). Chacun des accès de sortie du réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (2) est relié à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4). Dans la figure 2, les circuits de traitement analogique et de conversion (5) et le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) sont utilisés comme dans la figure 1 pour produire le signal délivré au destinataire (7). Dans le récepteur montré sur la figure 2, il est

possible d'obtenir un transfert de puissance maximal, une décorrélation des signaux et des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion (5). Cependant ces résultats souhaités sont sensibles à une bonne adéquation entre la valeur de Z_{ANT} et les caractéristiques du réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples (2). Malheureusement, la valeur de Z_{ANT} varie, en particulier lorsque la fréquence d'utilisation est modifiée à l'intérieur d'une bande de fréquences d'utilisation prévue, ou lorsque les caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes sont modifiées, par exemple un mouvement de main de l'utilisateur d'un téléphone portable. Par conséquent, le récepteur montré sur la figure 2 ne surmonte pas effectivement les limitations du récepteur montré sur la figure 1.

Une approche différente est divulguée dans le brevet des États-Unis d'Amérique numéro 8,102,830 intitulé "MIMO Radio Communication Apparatus and Method" (inventeurs: A. Yokoi et T. Mitsui) et montrée sur la figure 3, dans laquelle 4 systèmes d'antennes (10) ont chacun une sortie antenne qui est couplée à l'entrée d'un amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4). La sortie de chaque amplificateur à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4) est connectée à l'entrée d'un circuit de traitement analogique et de conversion (5) qui produit en sortie des signaux numériques. La sortie de chaque circuit de traitement analogique et de conversion (5) est connectée à une entrée d'un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6).

Un système d'antennes (10) comporte typiquement une antenne principale qui est connectée à la sortie antenne du système d'antennes, et au moins deux antennes auxiliaires. Chacune des antennes auxiliaires est connectée à un dispositif à impédance réglable, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans une bande de fréquences de fonctionnement, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique. Le spécialiste comprend que chacun des systèmes d'antennes (10) se comporte comme une antenne unique ayant un diagramme de rayonnement qui est réglable par moyen électrique, si bien que ce diagramme de rayonnement peut être appelé le diagramme de rayonnement du système d'antennes (10).

Dans la figure 3, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) traite 4 signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les sorties antenne, et délivre un signal à un destinataire (7). Le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) estime une matrice de canal (en anglais : "channel matrix") entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les 4 signaux délivrés par les sorties antenne, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant des "instructions de diagramme de rayonnement" en fonction de la matrice de canal estimée.

Les 4 unités de contrôle d'antenne (8) montrées sur la figure 3 reçoivent les instructions de diagramme de rayonnement du dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6), chacune des unités de contrôle d'antenne (8) délivrant un ou plusieurs "signaux de contrôle du

diagramme de rayonnement” à un des systèmes d’antennes (10) en fonction des instructions de diagramme de rayonnement, la réactance d’un ou plusieurs des dispositifs à impédance réglable du dit un des systèmes d’antennes (10) étant principalement déterminée par un ou plusieurs des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement.

5 Le spécialiste comprend que :

- le diagramme de rayonnement de chacun des systèmes d’antennes (10) est principalement déterminé par un ou plusieurs des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement, chacun des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement étant déterminé en fonction de ladite matrice de canal ;

10 - la matrice de canal dépend du diagramme de rayonnement de chacun des systèmes d’antennes (10) et donc des signaux de contrôle du diagramme de rayonnement ;

- le récepteur montré sur la figure 3 est adaptatif dans le sens qu’il existe une boucle de rétroaction non linéaire, qui détermine les signaux de contrôle du diagramme de rayonnement.

Dans l’invention divulguée dans ledit brevet des États-Unis d’Amérique numéro 8,102,830,
15 la matrice de canal est utilisée pour calculer une capacité de canal correspondant à une combinaison de diagrammes de rayonnements de la pluralité de systèmes d’antennes, ou de façon équivalente à une combinaison de signaux de contrôle du diagramme de rayonnement. Le processus adaptatif est le suivant : pendant une séquence d’entraînement (en anglais : “training sequence” ou “pilot sequence”), la capacité de canal est calculée de cette façon pour un
20 ensemble fini de combinaisons de signaux de contrôle du diagramme de rayonnement, et une combinaison de signaux de contrôle du diagramme de rayonnement procurant la plus grande capacité de canal est sélectionnée.

Le spécialiste comprend que l’invention divulguée dans ledit brevet des États-Unis d’Amérique numéro 8,102,830 peut procurer une décorrélation de signaux en utilisant une
25 méthode adaptative qui peut donner de bons résultats lorsque la fréquence d’utilisation est modifiée à l’intérieur d’une bande de fréquences d’utilisation prévue, ou lorsque les caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes sont modifiées. Malheureusement, cette invention ne peut pas être utilisée pour obtenir un transfert de puissance maximal ou des rapports signal sur bruit optimaux lorsque les interactions entre les antennes
30 sont non négligeables, car elle exige un grand espacement entre les différents systèmes d’antennes, et elle est coûteuse car, si chaque système d’antennes montré sur la figure 3 comporte une antenne principale et deux antennes auxiliaires, 12 antennes sont utilisées.

EXPOSÉ DE L’INVENTION

L’invention a pour objet un procédé et un récepteur pour la réception radio utilisant un
35 appareil d’accord d’antenne et une pluralité d’antennes, dépourvus des limitations mentionnées ci-dessus des techniques connues.

Le procédé selon l'invention pour la réception radio à antennes multiples dans une bande de fréquences donnée, utilisant N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, comporte les étapes suivantes :

- accorder n antennes parmi les N antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et
 5 inférieur ou égal à N , en utilisant un appareil d'accord d'antenne comportant n accès
 antenne, m accès utilisateur, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs
 à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs
 à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de
 10 fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance
 réglable ayant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice
 impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance diagonale
 donnée, une influence sur la matrice impédance présentée par les accès utilisateur,
 chacun des accès antenne étant couplé, directement ou à travers une liaison d'antenne,
 à une des dites n antennes parmi les N antennes, la réactance de n'importe lequel des
 15 dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès
 utilisateur délivrant un signal ;
- traiter m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement
 déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès utilisateur, pour estimer
 20 une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité
 de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès utilisateur, et
 pour délivrer une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs
 quantités représentatives d'une matrice de canal ;
- utiliser l'instruction d'accord pour obtenir des "signaux de contrôle d'accord", la réactance
 de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par
 25 au moins un des signaux de contrôle d'accord.

Un dispositif à impédance réglable est un composant comprenant deux bornes qui se
 comportent sensiblement comme un bipôle linéaire passif, et qui sont par conséquent
 complètement caractérisées par une impédance qui peut dépendre de la fréquence, cette
 impédance étant réglable. Un dispositif à impédance réglable peut être réglable par moyen
 30 mécanique, par exemple une résistance variable, un condensateur variable, un réseau comportant
 une pluralité de condensateurs et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs utilisés pour
 faire contribuer différents condensateurs du réseau à la réactance, une inductance variable, un
 réseau comportant une pluralité d'inductances et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs
 utilisés pour faire contribuer différentes inductances du réseau à la réactance, ou un réseau
 35 comportant une pluralité de tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert ou en
 court-circuit (en anglais: "stubs") et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs utilisés pour
 faire contribuer différents tronçons de ligne de transmission du réseau à la réactance. Nous
 notons que tous les exemples de cette liste, excepté la résistance variable, sont destinés à

produire une réactance réglable.

Un dispositif à impédance réglable ayant une réactance réglable par moyen électrique peut être tel qu'il procure seulement, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, un ensemble fini de valeurs de réactance, cette caractéristique étant par exemple obtenue si le

5 dispositif à impédance réglable est :

- un réseau comportant une pluralité de condensateurs ou de tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs contrôlés électriquement, comme des relais électromécaniques, ou des interrupteurs micro-

10 électromécaniques (en anglais: "MEMS switches"), ou des diodes PIN ou des transistors à effet de champ à grille isolée (MOSFETs), utilisés pour faire contribuer différents condensateurs ou différents tronçons de ligne de transmission en circuit ouvert du réseau à la réactance ; ou

- un réseau comportant une pluralité de bobines ou de tronçons de ligne de transmission en court-circuit et un ou plusieurs interrupteurs ou commutateurs contrôlés électriquement utilisés pour faire contribuer différentes bobines ou différents tronçons de ligne de transmission en

15 court-circuit du réseau à la réactance.

Un dispositif à impédance réglable ayant une réactance réglable par moyen électrique peut être tel qu'il procure, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, un ensemble continu de valeurs de réactance, cette caractéristique étant par exemple obtenue si le dispositif à impédance réglable est basé sur l'utilisation d'une diode à capacité variable ; ou d'un

20 composant MOS à capacité variable (en anglais: "MOS varactor") ; ou d'un composant microélectromécanique à capacité variable (en anglais: "MEMS varactor") ; ou d'un composant ferroélectrique à capacité variable (en anglais: "ferroelectric varactor").

Le spécialiste comprend que les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal peuvent par exemple être une estimation de l'information de l'état du canal

25 instantanée (en anglais : "instantaneous channel state information", ou "CSI") qui peut par exemple être obtenue en utilisant une séquence d'entraînement et/ou une estimation de canal orientée par la décision (en anglais : "decision directed channel estimation"). Dans le cas d'une séquence d'entraînement, des signaux connus sont émis par un émetteur et la matrice de canal est estimée en utilisant la connaissance des signaux émis par l'émetteur et des signaux bruités

30 délivrés par les accès utilisateur.

Le spécialiste comprend que :

- l'accord d'antenne est principalement déterminé par plusieurs signaux de contrôle d'accord, chacun des signaux de contrôle d'accord étant déterminé en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;

35 - comme la matrice de canal, les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal dépendent de l'accord d'antenne et donc des signaux de contrôle d'accord ;

- le procédé selon l'invention est adaptatif dans le sens qu'il existe une boucle de rétroaction non linéaire, qui détermine les signaux de contrôle d'accord.

Un récepteur mettant en oeuvre le procédé selon l'invention est un récepteur pour la réception radio à antennes multiples utilisant N antennes dans une bande de fréquences donnée, où N est un entier supérieur ou égal à 2, comportant :

- 5 un appareil d'accord d'antenne pour accorder n antennes parmi les N antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , l'appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, m accès utilisateur et p dispositifs à impédance réglable, où m est un entier supérieur ou égal à 2 et p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à
 - 10 impédance réglable ayant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance diagonale donnée, une influence sur la matrice impédance présentée par les accès utilisateur, chacun des accès antenne étant couplé, directement ou à travers une liaison d'antenne, à une des dites n antennes parmi les N antennes, la réactance de n'importe
 - 15 lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès utilisateur délivrant un signal ;
 - un dispositif de traitement du signal à entrées multiples traitant m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès utilisateur, le dispositif de traitement du signal à entrées
 - 20 multiples estimant une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès utilisateur, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;
 - 25 une unité de contrôle d'accord, l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord du dispositif de traitement du signal à entrées multiples, l'unité de contrôle d'accord délivrant des "signaux de contrôle d'accord" à l'appareil d'accord d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement
 - 30 déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

Le spécialiste comprend que le dispositif de traitement du signal à entrées multiples peut aussi être utilisé pour délivrer un signal à un destinataire.

- 35 Le spécialiste comprend que les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal peuvent par exemple être utilisées pour déterminer une quantité représentative d'une capacité de canal. Dans ce cas, ladite instruction d'accord peut par exemple être déterminée comme étant l'instruction d'accord qui, parmi un ensemble d'instructions d'accord possibles, produit une quantité représentative d'une capacité de canal qui correspond à la plus grande capacité de canal.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

D'autres avantages et caractéristiques ressortiront plus clairement de la description qui va suivre de modes particuliers de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs, et représentés dans les dessins annexés sur lesquels :

- 5 - la figure 1 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes, comportant autant de canaux analogiques indépendants qu'il y a d'antennes, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 10 - la figure 2 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs antennes, comportant un réseau d'adaptation linéaire passif à accès d'entrée multiples et accès de sortie multiples, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 15 - la figure 3 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant plusieurs systèmes d'antennes tels que le diagramme de rayonnement de chaque système d'antennes est réglable par moyen électrique, et a déjà été commentée dans la partie consacrée à l'exposé de l'état de la technique ;
- 20 - la figure 4 représente le schéma-bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes (premier mode de réalisation) ;
- 25 - la figure 5 représente le schéma d'un appareil d'accord d'antenne pour accorder simultanément 4 antennes pouvant être utilisé dans le récepteur pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes de la figure 4 (deuxième mode de réalisation) ;
- la figure 6 représente le schéma d'un appareil d'accord d'antenne pour accorder simultanément 4 antennes pouvant être utilisé dans le récepteur pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes de la figure 4 (troisième mode de réalisation).

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE CERTAINS MODES DE RÉALISATION

Premier mode de réalisation.

- 30 Au titre d'un premier mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, nous avons représenté sur la figure 4 le schéma bloc d'un récepteur pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes, pour recevoir dans une bande de fréquences donnée, comportant :

$$n = 4 \text{ antennes (1) ;}$$

- un appareil d'accord d'antenne (3) pour accorder simultanément les n antennes, l'appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, $m = 4$ accès utilisateur et p dispositifs à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m = 8$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, chacun des accès antenne étant couplé à une des n antennes à travers une liaison d'antenne, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès utilisateur délivrant un signal ;
- 5
- m amplificateurs à faible bruit à entrée unique et sortie unique (4), chacun des accès utilisateur étant couplé à un accès d'entrée d'un des amplificateurs à faible bruit à entrée unique et sortie unique ;
- 10
- m circuits de traitement analogique et de conversion (5), chacun des amplificateurs à faible bruit à entrée unique et sortie unique ayant un accès de sortie qui est couplé à un accès d'entrée d'un des circuits de traitement analogique et de conversion, chacun des circuits de traitement analogique et de conversion ayant une sortie qui délivre des signaux numériques ;
- 15
- un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) traitant les m signaux numériques délivrés par les sorties des circuits de traitement analogique et de conversion, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant un signal à un destinataire (7), le dispositif de traitement du signal à entrées multiples estimant des quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès utilisateur, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples calculant une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal en fonction des dites quantités représentatives d'une matrice de canal, et délivrant une "instruction d'accord" en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal ;
- 20
- 25
- une unité de contrôle d'accord (9), l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord du dispositif de traitement du signal à entrées multiples, l'unité de contrôle d'accord délivrant des "signaux de contrôle d'accord" à l'appareil d'accord d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.
- 30

L'appareil d'accord d'antenne (3) est un appareil d'accord d'antenne divulgué dans la demande de brevet français numéro 12/02542 du 25 septembre 2012, intitulé "Appareil d'accord d'antenne pour un réseau d'antennes à accès multiple". Ainsi, l'appareil d'accord d'antenne est tel que la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a , à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance diagonale donnée, une influence sur la matrice impédance

35

présentée par les accès utilisateur, et tel que la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a , à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, une influence sur au moins un élément non diagonal de la matrice impédance présentée par les accès
5 utilisateur.

De plus, l'appareil d'accord d'antenne (3) est tel que, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance non diagonale donnée, une application (au sens mathématique) faisant correspondre la matrice impédance présentée par les accès utilisateur aux p réactances est définie,
10 l'application ayant, à une valeur donnée de chacune des p réactances, une dérivée partielle par rapport à chacune des p réactances, un sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles étant défini dans l'ensemble des matrices complexes carrées d'ordre m considéré comme un espace vectoriel réel, toute matrice complexe diagonale d'ordre m ayant les mêmes éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p
15 dérivées partielles. Ainsi, le spécialiste comprend que toute petite variation de la matrice impédance du réseau d'antennes, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du milieu entourant les antennes, peut être au moins partiellement compensée par un nouveau réglage des dispositifs à impédance réglable.

Le spécialiste comprend que, pour calculer les dites une ou plusieurs quantités
20 représentatives d'une capacité de canal, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) peut estimer au moins une quantité représentative d'un rapport signal sur bruit de réception. Dans ce premier mode de réalisation, le processus adaptatif est tel que, la plupart du temps, l'instruction d'accord utilisée pour la réception est une instruction d'accord qui, parmi un ensemble d'instructions d'accord possibles, produit des valeurs des dites une ou plusieurs
25 quantités représentatives d'une capacité de canal qui correspondent à une des plus grandes capacités de canal (ou de façon préférentielle, à la plus grande capacité de canal).

Ainsi, le spécialiste comprend que le récepteur montré sur la figure 4 peut procurer un transfert de puissance maximal, une décorrélation des signaux et des rapports signal sur bruit optimaux aux entrées des circuits de traitement analogique et de conversion (5). Puisqu'un
30 processus adaptatif est mis en oeuvre, ces résultats souhaités ne sont pas sensibles aux variations de la valeur de Z_{ANT} par exemple causées par une variation de la fréquence d'utilisation à l'intérieur d'une bande de fréquences d'utilisation prévue, ou par une variation des caractéristiques électromagnétiques du volume entourant les antennes. De plus, le récepteur montré sur la figure 4 ne nécessite pas un grand nombre d'antennes ou un grand espacement
35 entre elles comme le récepteur montré sur la figure 3. Par conséquent, le récepteur montré sur la figure 4 surmonte effectivement les limitations de l'état de l'art antérieur.

Deuxième mode de réalisation.

Le deuxième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au récepteur pour communication radio utilisant un appareil d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes représenté sur la figure 4, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce deuxième mode de réalisation. De plus, nous avons représenté sur la figure 5 l'appareil d'accord d'antenne (3) utilisé dans ce deuxième mode de réalisation. Cet appareil d'accord d'antenne (3) comporte :

$n = 4$ accès antenne (311) (321) (331) (341), chacun des accès antenne étant asymétrique ;

$m = 4$ accès utilisateur (312) (322) (332) (342), chacun des accès utilisateur étant asymétrique ;

n dispositifs à impédance réglable (301) présentant chacun une réactance négative et étant chacun couplé en parallèle avec un des accès antenne ;

$n(n - 1)/2$ dispositifs à impédance réglable (302) présentant chacun une réactance négative et ayant chacun une première borne couplée à un des accès antenne et une deuxième borne couplée à un des accès antenne qui est différent de l'accès antenne auquel la première borne est couplée ;

$n = m$ enroulements (303) ayant chacun une première borne couplée à un des accès antenne et une deuxième borne couplée à un des accès utilisateur ;

m dispositifs à impédance réglable (304) présentant chacun une réactance négative et étant chacun couplé en parallèle avec un des accès utilisateur ;

$m(m - 1)/2$ dispositifs à impédance réglable (305) présentant chacun une réactance négative et ayant chacun une première borne couplée à un des accès utilisateur et une deuxième borne couplée à un des accès utilisateur qui est différent de l'accès utilisateur auquel la première borne est couplée.

Tous les dispositifs à impédance réglable (301) (302) (304) (305) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable ne sont pas montrés sur la figure 5. Dans ce deuxième mode de réalisation, nous avons $n = m$ et nous utilisons $p = m(m + 1) = 20$ dispositifs à impédance réglable.

Le spécialiste comprend que, à une fréquence à laquelle l'appareil d'accord d'antenne est prévu pour fonctionner, si la matrice impédance vue par les accès antenne est une matrice diagonale ayant tous ses éléments diagonaux égaux à 50Ω , la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a une influence sur la matrice impédance présentée par les accès utilisateur, et la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a une influence sur un ou plusieurs des éléments non diagonaux de la matrice impédance présentée par les accès utilisateur.

Pour des composants convenables, il est possible de montrer que les p dérivées partielles

définies plus haut sont linéairement indépendantes dans l'espace vectoriel réel des matrices complexes carrées d'ordre m , cet espace vectoriel, noté E , étant de dimension $2m^2$. Ainsi, le sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles dans E est un sous-espace vectoriel de dimension p égal à l'ensemble des matrices complexes symétriques d'ordre m . Ici, n'importe
 5 quelle matrice complexe symétrique d'ordre m est un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles. Par conséquent, toute matrice complexe diagonale d'ordre m a les mêmes éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles.

Le spécialiste comprend que toute petite variation de la matrice impédance du réseau
 10 d'antennes, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du milieu entourant les antennes, peut être compensée par un nouveau réglage des dispositifs à impédance réglable. Ainsi, il est toujours possible d'obtenir la meilleure performance.

Dans ce deuxième mode de réalisation, le processus adaptatif est mis en oeuvre pendant une ou plusieurs séquences d'entraînement. Le processus adaptatif est le suivant : pendant chacune
 15 des dites séquences d'entraînement, les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal sont calculées pour un ensemble fini d'instructions d'accord, et une instruction d'accord est sélectionnée, l'instruction d'accord sélectionnée étant une instruction d'accord pour laquelle les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal correspondent soit à une des plus grandes capacités de canal, soit, de façon préférentielle, à la
 20 plus grande capacité de canal. L'instruction d'accord sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée est utilisée pour la réception.

Troisième mode de réalisation.

Le troisième mode de réalisation d'un dispositif selon l'invention, donné à titre d'exemple non limitatif, correspond également au récepteur pour communication radio utilisant un appareil
 25 d'accord d'antenne et une pluralité d'antennes représenté sur la figure 4, et toutes les explications fournies pour le premier mode de réalisation sont applicables à ce troisième mode de réalisation. De plus, nous avons représenté sur la figure 6 l'appareil d'accord d'antenne (3) utilisé dans ce troisième mode de réalisation. Cet appareil d'accord d'antenne (3) comporte :

- $n = 4$ accès antenne (311) (321) (331) (341), chacun des accès antenne étant asymétrique ;
- 30 $m = 4$ accès utilisateur (312) (322) (332) (342), chacun des accès utilisateur étant asymétrique ;
- n dispositifs à impédance réglable (301) présentant chacun une réactance négative et étant chacun couplé en parallèle avec un des accès antenne ;
- $n(n - 1)/2$ condensateurs (306) ayant chacun une première borne couplée à un des accès
 35 antenne et une deuxième borne couplée à un des accès antenne qui est différent de l'accès antenne auquel la première borne est couplée ;

$n = m$ enroulements (303) ayant chacun une première borne couplée à un des accès antenne et une deuxième borne couplée à un des accès utilisateur ;

m dispositifs à impédance réglable (304) présentant chacun une réactance négative et étant chacun couplé en parallèle avec un des accès utilisateur ;

- 5 $m(m - 1)/2$ condensateurs (307) ayant chacun une première borne couplée à un des accès utilisateur et une deuxième borne couplée à un des accès utilisateur qui est différent de l'accès utilisateur auquel la première borne est couplée.

Tous les dispositifs à impédance réglable (301) (304) sont réglables par moyen électrique, mais les circuits et les liaisons de contrôle nécessaires pour déterminer la réactance de chacun
10 des dispositifs à impédance réglable ne sont pas montrés sur la figure 6.

Le spécialiste comprend que, à une fréquence à laquelle l'appareil d'accord d'antenne est prévu pour fonctionner, si la matrice impédance vue par les accès antenne est une matrice diagonale ayant tous ses éléments diagonaux égaux à 50Ω , la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable a une influence sur la matrice impédance présentée par les accès
15 utilisateur, et la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a une influence sur un ou plusieurs des éléments non diagonaux de la matrice impédance présentée par les accès utilisateur. Pour des composants convenables, il est possible de montrer que les $p = 8$ dérivées partielles définies plus haut sont linéairement indépendantes dans l'espace vectoriel réel de dimension 32 des matrices complexes carrées d'ordre 4, noté E . Ainsi, le sous-espace vectoriel
20 engendré par les p dérivées partielles dans E est un sous-espace vectoriel de dimension 8. Il est aussi possible de montrer que toute matrice complexe diagonale d'ordre m a les mêmes éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles.

Le spécialiste comprend que toute petite variation de la matrice impédance du réseau
25 d'antennes, produite par un changement de fréquence d'utilisation ou un changement du milieu entourant les antennes, peut être partiellement compensée par un nouveau réglage des dispositifs à impédance réglable. Ainsi, il est toujours possible d'obtenir une bonne performance.

Dans ce troisième mode de réalisation, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) effectue des corrélations entre des séquences d'entraînement connues qui sont
30 émises par un émetteur pendant des intervalles de temps connus, et les signaux délivrés par les accès utilisateur, pour estimer des quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès utilisateur. Le spécialiste comprend comment une telle méthode peut être mise en oeuvre. Par exemple, ledit émetteur comportant plusieurs antennes d'émission, une séquence d'entraînement peut
35 comporter une pluralité de signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux, chacun des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant utilisé comme un des signaux émis par ledit émetteur, chacun des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant émis à travers une des dites antennes d'émission utilisées par ledit émetteur.

Dans ce troisième mode de réalisation, le processus adaptatif est mis en oeuvre pendant une ou plusieurs séquences d'entraînement. Le processus adaptatif est le suivant : pendant chacune des dites séquences d'entraînement, une capacité de canal est calculée pour un ensemble fini d'instructions d'accord, et une instruction d'accord produisant la plus grande capacité de canal est sélectionnée. L'instruction d'accord sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée est utilisée pour la réception.

INDICATIONS SUR LES APPLICATIONS INDUSTRIELLES

L'invention est adaptée à la réception radio utilisant des antennes multiples, mettant par exemple en oeuvre la réception en diversité ou un décodage espace-temps. Ainsi, l'invention est adaptée à la communication radio MIMO.

L'invention procure les meilleures caractéristiques possibles en utilisant des antennes très proches, présentant donc une forte interaction entre les antennes. L'invention est donc particulièrement adaptée aux dispositifs de réception mobiles, par exemple ceux utilisés dans les radiotéléphones portables ou les ordinateurs portables.

L'invention procure les meilleures caractéristiques possibles en utilisant un très grand nombre d'antennes dans un volume donné, présentant donc une forte interaction entre les antennes. L'invention est donc particulièrement adaptée aux dispositifs de réception à hautes performances, par exemple ceux utilisés dans les stations fixes des réseaux cellulaires de radiotéléphonie.

Un récepteur selon l'invention peut être utilisé dans un dispositif qui comporte aussi un émetteur ayant une ou plusieurs parties en commun avec le récepteur selon l'invention. Par exemple, des antennes et/ou un appareil d'accord d'antenne utilisés dans un récepteur selon l'invention peuvent aussi être des parties d'un émetteur radio.

REVENDEICATIONS

1. Procédé pour la réception radio à antennes multiples dans une bande de fréquences donnée, utilisant N antennes, où N est un entier supérieur ou égal à 2, le procédé comportant les étapes

5 suivantes :

accorder n antennes parmi les N antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , en utilisant un appareil d'accord d'antenne comportant n accès

antenne, m accès utilisateur, où m est un entier supérieur ou égal à 2, et p dispositifs

à impédance réglable, où p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs

10 à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si une

matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance

diagonale donnée, une influence sur une matrice impédance présentée par les accès

15 utilisateur, chacun des accès antenne étant couplé, directement ou à travers une liaison d'antenne, à une des dites n antennes parmi les N antennes, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès utilisateur délivrant un signal ;

traiter m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement

20 déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès utilisateur, pour estimer une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès utilisateur, et pour délivrer une instruction d'accord en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;

25 utiliser l'instruction d'accord pour obtenir une pluralité de signaux de contrôle d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.

2. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples utilisant N antennes dans une bande de fréquences donnée, où N est un entier supérieur ou égal à 2, le récepteur comportant :

30 un appareil d'accord d'antenne (3) pour accorder n antennes parmi les N antennes, où n est un entier supérieur ou égal à 2 et inférieur ou égal à N , l'appareil d'accord d'antenne comportant n accès antenne, m accès utilisateur et p dispositifs à impédance réglable, où m est un entier supérieur ou égal à 2 et p est un entier supérieur ou égal à $2m$, chacun des dispositifs à impédance réglable ayant une réactance à une fréquence dans

35 ladite bande de fréquences donnée, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable ayant, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si une matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance

- diagonale donnée, une influence sur une matrice impédance présentée par les accès utilisateur, chacun des accès antenne étant couplé, directement ou à travers une liaison d'antenne, à une des dites n antennes parmi les N antennes, la réactance de n'importe lequel des dispositifs à impédance réglable étant réglable par moyen électrique, chacun des accès utilisateur délivrant un signal ;
- 5 un dispositif de traitement du signal à entrées multiples (6) traitant m signaux numériques, chacun des signaux numériques étant principalement déterminé par un et un seul des signaux délivrés par les accès utilisateur, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples estimant une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal
- 10 entre une pluralité de signaux émis par un émetteur et les m signaux délivrés par les accès utilisateur, le dispositif de traitement du signal à entrées multiples délivrant une instruction d'accord en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une matrice de canal ;
- 15 une unité de contrôle d'accord (9), l'unité de contrôle d'accord recevant l'instruction d'accord du dispositif de traitement du signal à entrées multiples, l'unité de contrôle d'accord délivrant une pluralité de signaux de contrôle d'accord à l'appareil d'accord d'antenne, les signaux de contrôle d'accord étant déterminés en fonction de l'instruction d'accord, la réactance de chacun des dispositifs à impédance réglable étant principalement déterminée par au moins un des signaux de contrôle d'accord.
- 20 3. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 2, dans lequel le dispositif de traitement du signal à entrées multiples calcule une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal en fonction des dites quantités représentatives d'une matrice de canal, et délivre l'instruction d'accord en fonction des dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal.
- 25 4. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 2, dans lequel un processus adaptatif est mis en oeuvre pendant une ou plusieurs séquences d'entraînement.
5. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 4, dans lequel, ledit émetteur comportant plusieurs antennes d'émission, une des dites séquences d'entraînement comporte une pluralité de signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux, chacun
- 30 des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant utilisé comme un des signaux émis par ledit émetteur, chacun des dits signaux quasi-orthogonaux ou orthogonaux étant émis à travers une des dites antennes d'émission.
6. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon les revendications 3 et 4, dans lequel, pendant chacune des dites séquences d'entraînement, les dites une ou plusieurs quantités

représentatives d'une capacité de canal sont calculées pour un ensemble fini d'instructions d'accord, et une instruction d'accord est sélectionnée, l'instruction d'accord sélectionnée étant une instruction d'accord pour laquelle les dites une ou plusieurs quantités représentatives d'une capacité de canal correspondent à la plus grande capacité de canal, l'instruction d'accord sélectionnée pendant la dernière séquence d'entraînement achevée étant utilisée pour la réception.

7. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 2 à 6, dans lequel la réactance d'au moins un des dispositifs à impédance réglable a , à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à la matrice impédance diagonale donnée, une influence sur au moins un élément non diagonal de la matrice impédance présentée par les accès utilisateur.

8. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon l'une quelconque des revendications 2 à 7, dans lequel, à ladite fréquence dans ladite bande de fréquences donnée, si la matrice impédance vue par les accès antenne est égale à une matrice impédance non diagonale donnée, une application faisant correspondre la matrice impédance présentée par les accès utilisateur aux p réactances est définie, l'application ayant, à une valeur donnée de chacune des p réactances, une dérivée partielle par rapport à chacune des p réactances, un sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles étant défini dans l'ensemble des matrices complexes carrées d'ordre m considéré comme un espace vectoriel réel, toute matrice complexe diagonale d'ordre m ayant les mêmes éléments diagonaux qu'au moins un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles.

9. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 8, dans lequel les p dérivées partielles sont linéairement indépendantes dans l'espace vectoriel réel des matrices complexes carrées d'ordre m .

10. Récepteur pour la réception radio à antennes multiples selon la revendication 8, dans lequel n'importe quelle matrice complexe symétrique d'ordre m est un élément du sous-espace vectoriel engendré par les p dérivées partielles.

1 / 6

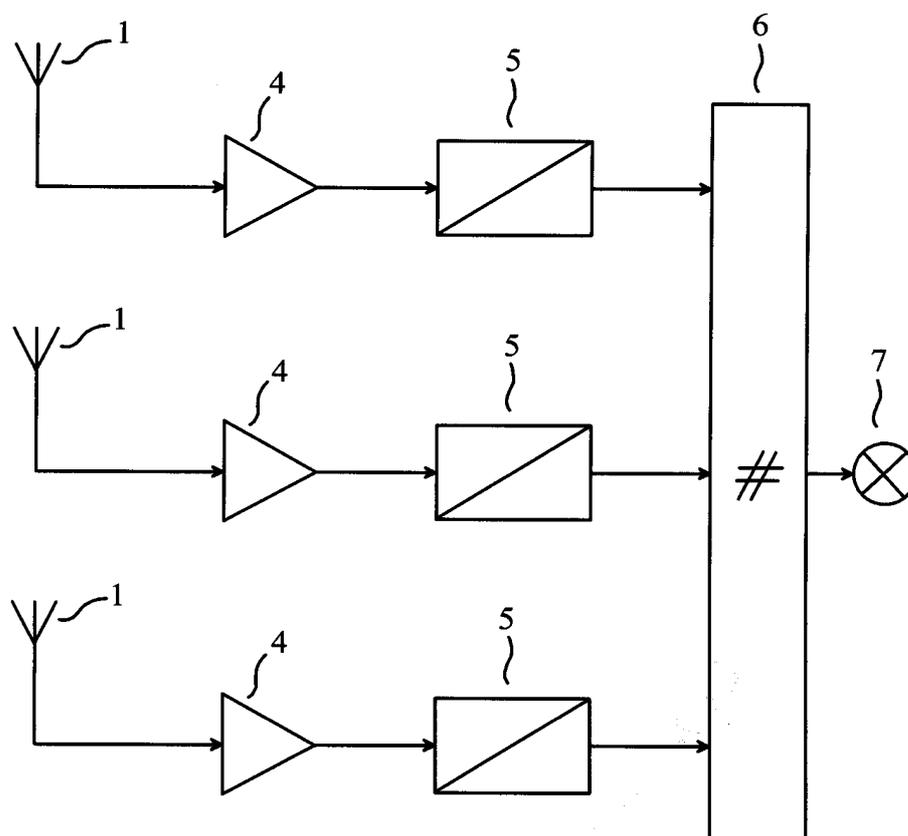
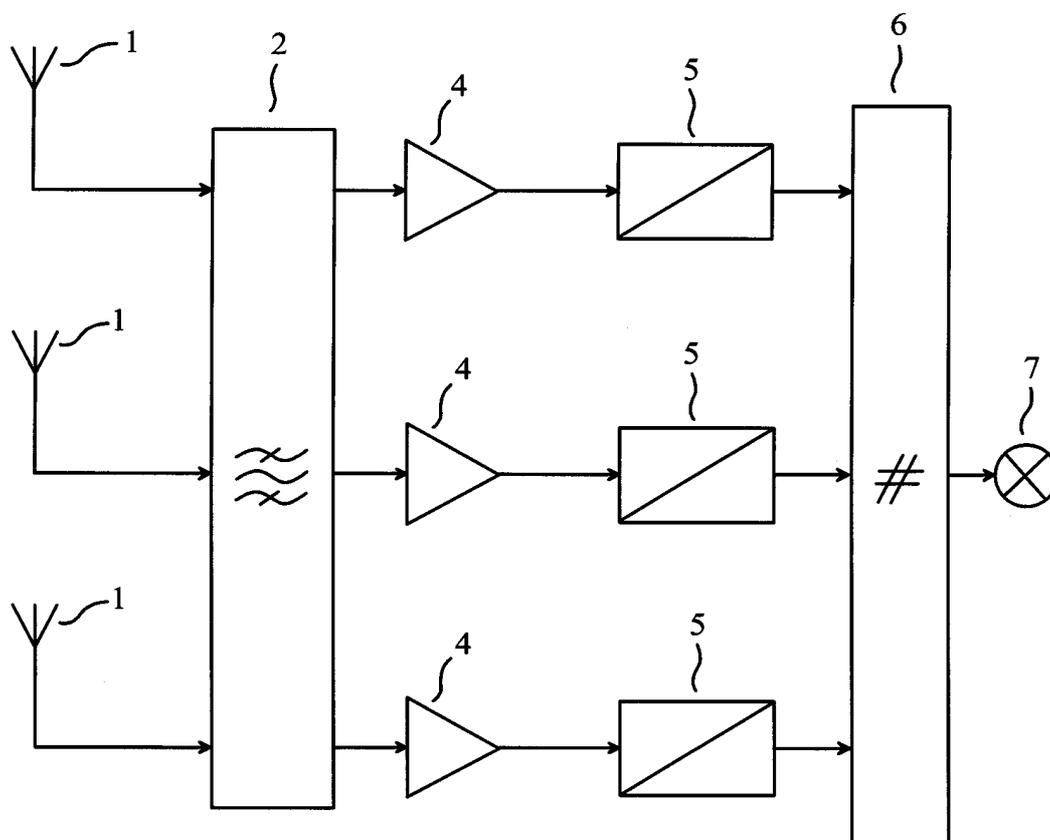


FIG. 1

2 / 6

**FIG. 2**

3 / 6

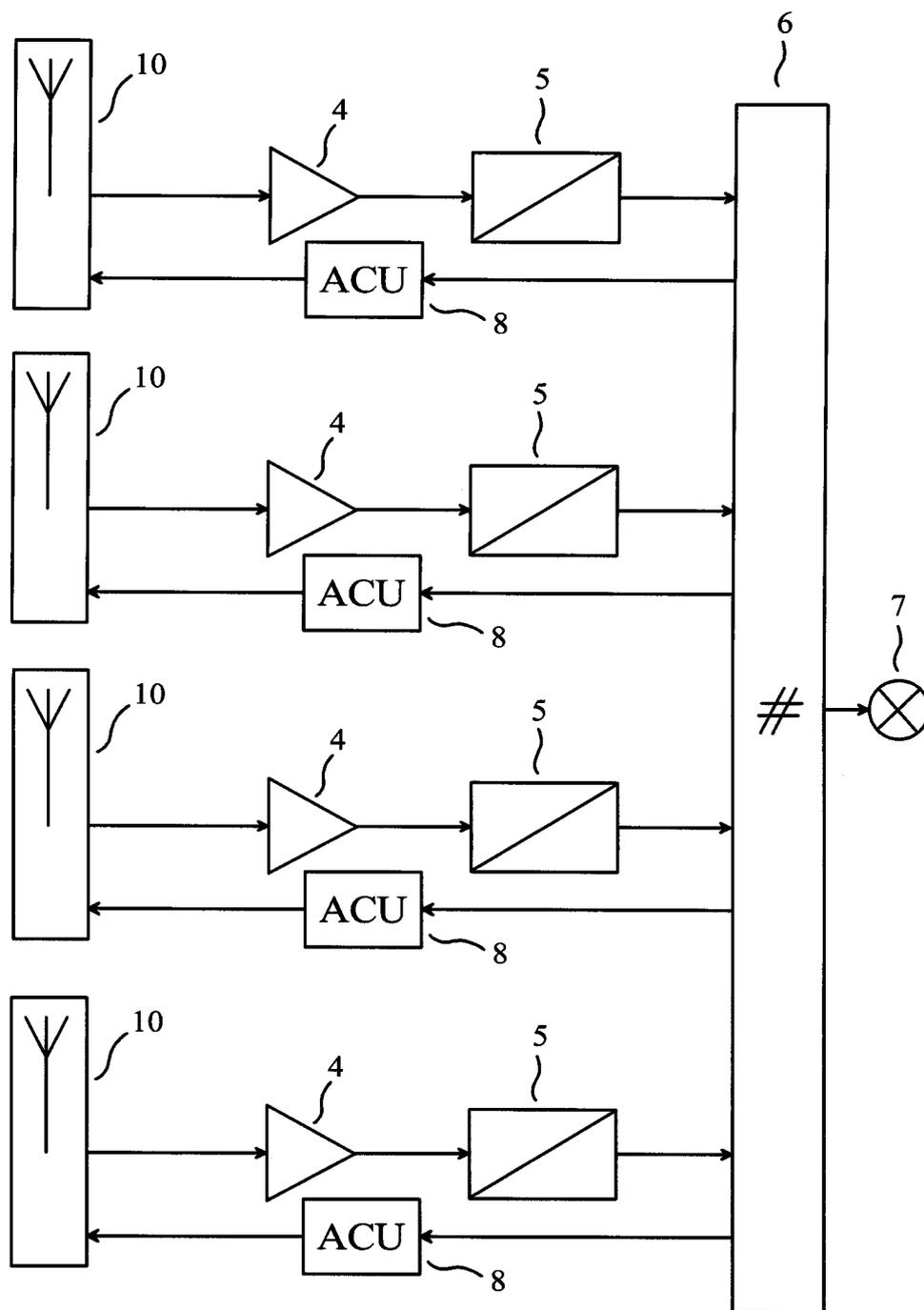


FIG. 3

4 / 6

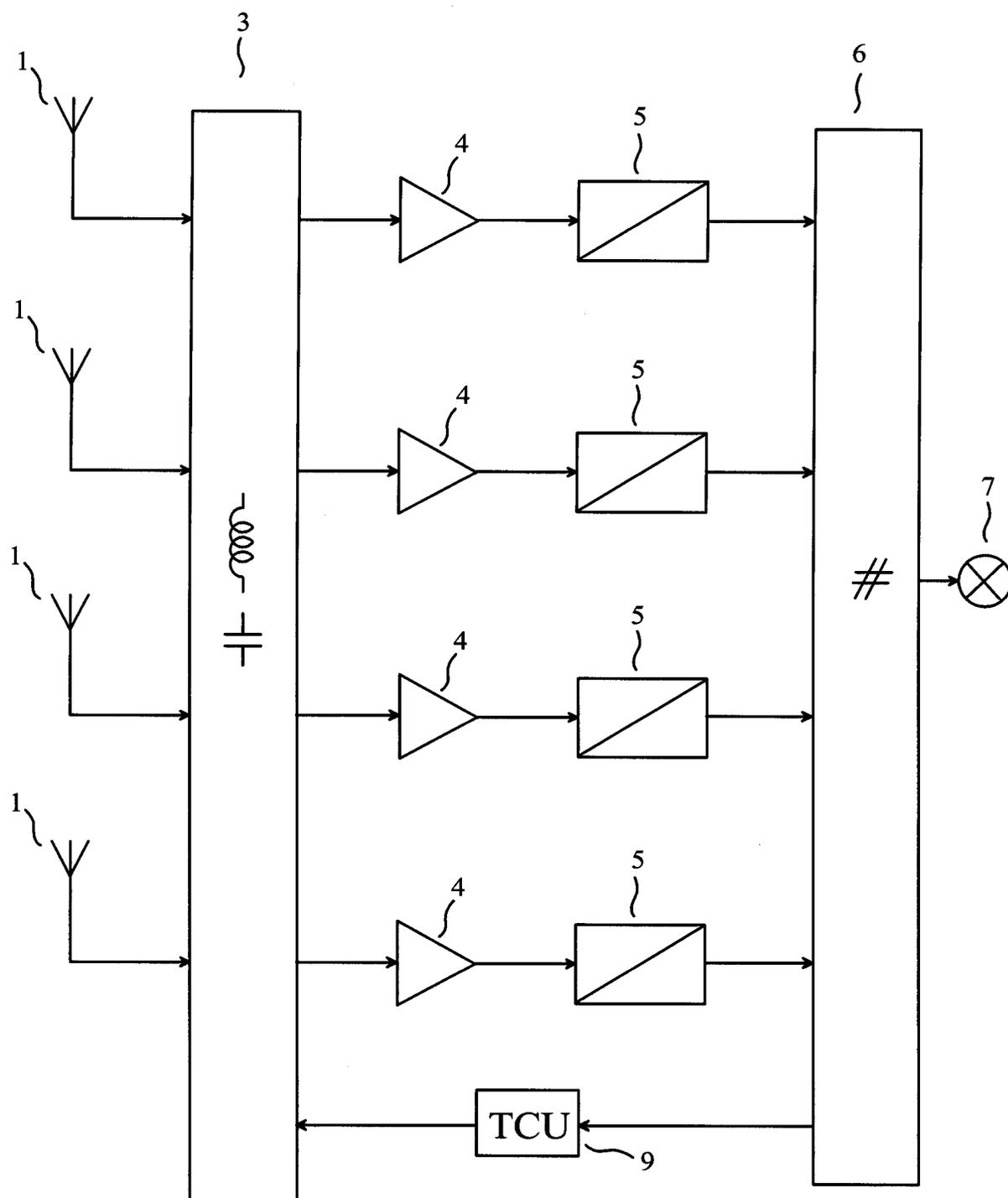


FIG. 4

5 / 6

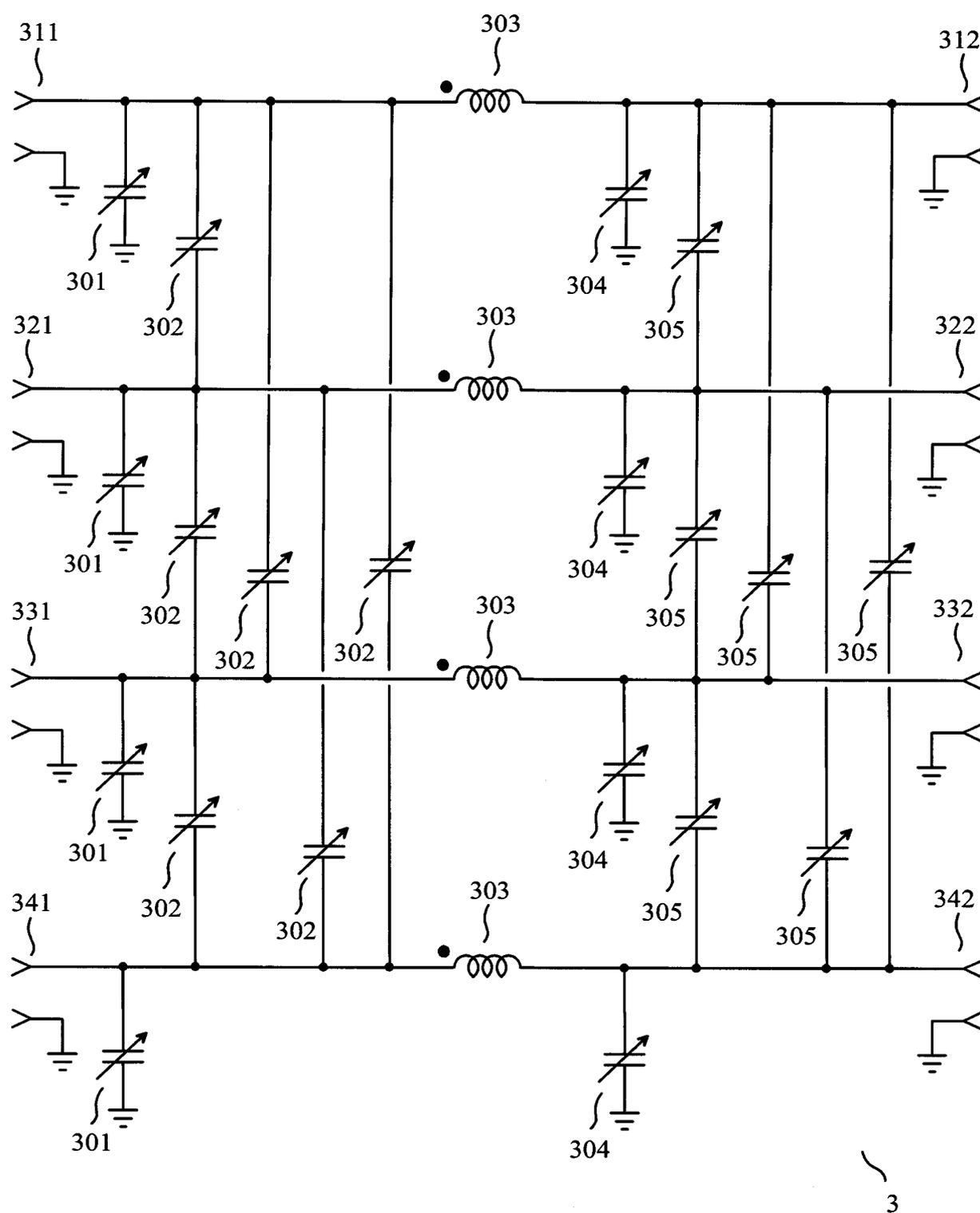


FIG. 5

6 / 6

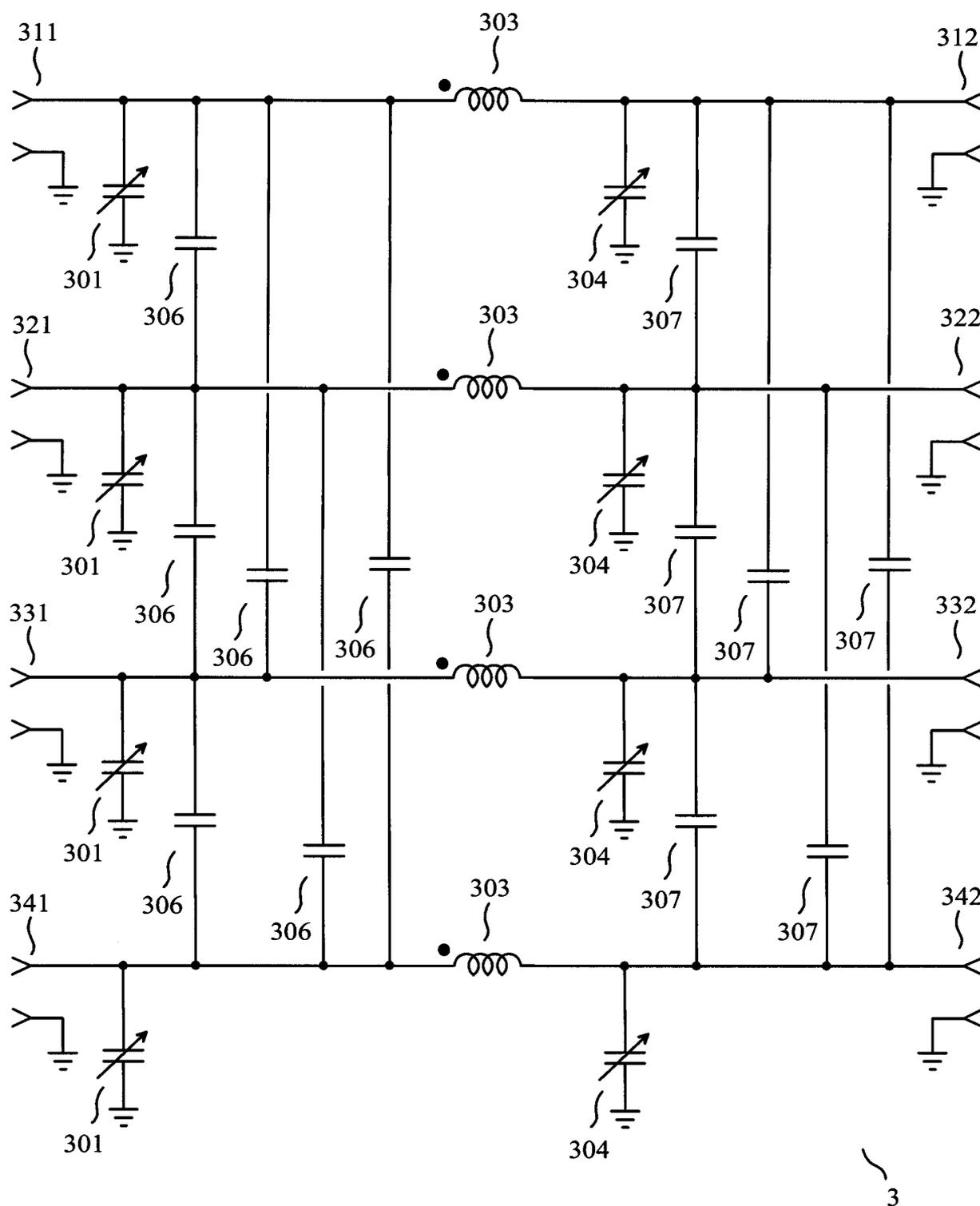


FIG. 6

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-17 et R.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ÉTABLISSEMENT DU PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

- Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.
- Le demandeur a maintenu les revendications.
- Le demandeur a modifié les revendications.
- Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.
- Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.
- Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITÉS DANS LE PRÉSENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

- Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.
- Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.
- Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.
- Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

WO 2008/030165 A1 (LAU BUON KIONG [SE]; BACH ANDERSEN JOERGEN [DK])
13 mars 2008 (2008-03-13)

SPECIALE R A: "Advanced Design of Phased Array Beam-Forming Networks", ANTENNAS AND PROPAGATION SOCIETY SYMPOSIUM, 2005. IEEE WASHINGTON, DC, JULY 3 - 8, 2005, PISCATAWAY, NJ : IEEE, US, vol. 3B, 3 juillet 2005 (2005-07-03), pages 59-62, XP010860105, DOI: 10.1109/APS.2005.1552431 ISBN: 978-0-7803-8883-3

JENSEN M A ET AL: "Termination-Dependent Diversity Performance of Coupled Antennas: Network Theory Analysis", IEEE TRANSACTIONS ON ANTENNAS AND PROPAGATION, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 52, no. 1, 1 janvier 2004 (2004-01-01), pages 98-105, XP011108085, ISSN: 0018-926X, DOI: 10.1109/TAP.2004.835272

US 2007/142004 A1 (YOKOI ATSUYA [JP] ET AL)
21 juin 2007 (2007-06-21)

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES