(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 691 842**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **93 05628**

(51) Int Cl[5] : H 01 Q 3/00

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 11.05.93.

(30) **Priorité** : 11.05.92 US 880781.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 03.12.93 Bulletin 93/48.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Ce dernier n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *MOTOROLA, INC.* — US.

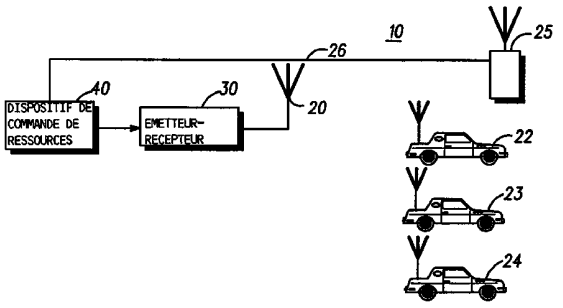
(72) **Inventeur(s) :** Harrison R. Mark et Van Horn Mark.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire :** Cabinet Beau de Loménie.

(54) Procédé d'égalisation de diagramme de faisceau pour groupement d'antennes adaptatif.

(57) L'invention concerne un procédé permettant d'effectuer automatiquement la conformation de faisceau d'un émetteur (30) de fréquence radio possédant un groupement d'antennes (20). Le signal à faisceau conformé est émis à destination d'une unité de télécommunications visée (22-24) à partir des caractéristiques d'un signal reçu. Le procédé consiste à déterminer une fonction de transfert d'égaliseur d'émission et une fonction de transfert d'égaliseur de réception pour chaque élément du groupement d'antennes (20) en s'appuyant, au moins en partie, sur l'application de signaux d'entrée communs et sur la comparaison des signaux de sortie, à filtrer de manière adaptative un signal reçu, de la part d'une unité de télécommunications, en s'appuyant, au moins en partie, sur les coefficients de pondération d'égaliseur de réception déterminés afin de produire un groupement de conformation de faisceau de réception, puis à émettre un signal à faisceau conformé à destination de l'unité de télécommunications en s'appuyant sur les coefficients de pondération d'égaliseur d'émission et sur le groupement de conformation de faisceau de réception.



FR 2 691 842 - A1

La présente invention concerne un procédé de conformation de faisceau pour signaux de fréquence radio et, plus spécialement, un procédé adaptatif de conformation de faisceau pour signaux de fréquence radio.

On connaît dans la technique les conformateurs de faisceaux. Ces dispositifs peuvent être utilisés pour diriger une énergie de fréquence radio (RF) sur une cible particulière se trouvant en un emplacement particulier. On peut réaliser ces émissions RF dirigées ("conformation du faisceau d'émission") en utilisant une ou plusieurs antennes directives ou en faisant appel à des groupements d'antennes. Lorsqu'on utilise des groupements d'antennes, on peut influer sur les caractéristiques des émissions RF par un positionnement approprié des éléments du groupement ou par application d'une pondération mathématique aux signaux de sortie des éléments du groupement.

Alors que le processus de conformation du faisceau d'émission peut ne pas être difficile, l'emplacement sur lequel une émission RF doit être dirigée peut ne pas être facilement identifiable. Lorsque la source est un répondeur radar, la solution est simple, car l'opération sélectionne simplement la direction d'émission et attend la réponse. Inversement, lorsque la cible est une unité de télécommunications mobile, la situation peut être alors beaucoup plus difficile. La conformation du faisceau d'émission par rapport à des unités de télécommunications mobiles repose typiquement sur un certain type de retour d'information de position de la part de la cible.

On connaît également des procédés visant à maximiser le signal de réception ("conformateurs de faisceau de réception"). Les conformateurs de faisceau de réception reçoivent typiquement un signal de la part d'une antenne et, au moyen d'une analyse mathématique (ou bien de la méthode des essais et des erreurs), ils sélectionnent un ensemble de caractéristiques de réception, afin de maximaliser la qualité du signal de réception. Lorsque l'antenne est une antenne directive, elle peut simplement balayer un arc (contenant la cible) en cherchant le point où le signal provenant d'une cible voulue possède son intensité maximale.

Les groupements d'antennes peuvent également être configurés en conformateurs de faisceau de réception par ajustements du positionnement matériel des éléments du groupement, ou bien par filtrage adaptatif. La modification des positions des éléments du groupement peut toutefois conduire à des résultats inattendus et à une perte d'intégrité du signal. Le fait d'ajuster le positionnement des éléments du groupement amène en outre des interférences avec la réception de signaux RF en provenance de l'extérieur d'une zone de faisceau choisie.

De façon générale, lorsque des signaux doivent être simultanément reçus de la part d'un grand nombre d'unités de télécommunications géographiquement dispersées, le fait d'agir sur le positionnement matériel des éléments d'antenne n'est pas pratique. Lorsque le changement des positions matérielles des éléments d'antenne n'est pas pratique, on peut effectuer la conformation du faisceau de réception au moyen d'une analyse mathématique des signaux reçus via une multitude d'éléments d'antenne.

Lorsqu'on effectue la conformation du faisceau de réception au moyen d'une analyse mathématique, le conformateur de faisceau ne peut exister que dans un sens mathématique et on peut le considérer comme un sous-ensemble de filtrage adaptatif (voir Adaptive Filter Theory, 2e éd., de Simon Haykin, Prentice Hall, 1991). Dans un tel cas, on peut considérer le conformateur de faisceau de réception comme une forme de filtre spatial atténuant tous les signaux sauf des signaux choisis. Puisqu'on peut recevoir et mémoriser un ensemble de signaux d'entrée en provenance d'un groupement d'antennes, on peut faire agir un nombre quelconque de conformateurs de faisceau de réception sur un ensemble particulier de données mémorisées afin de produire, à partir des données d'entrée mémorisées, un nombre quelconque de signaux.

Le cas des systèmes radiotéléphoniques cellulaires est un exemple d'une situation dans laquelle une conformation du faisceau de réception peut être réalisée au moyen d'un filtrage adaptatif (conformation adaptative du faisceau). Dans un tel système, la conformation adaptative du faisceau s'effectue typiquement en un site de base qui comporte un groupement d'antennes et par l'intermédiaire duquel un certain nombre de communications simultanées peuvent avoir lieu.

De façon générale, on peut réaliser une conformation de faisceau adaptative par calcul d'un ensemble de coefficients de pondération du groupement d'antennes. On peut calculer l'ensemble de coefficients de pondération du groupement d'antennes qui minimise les interférences en faisant appel à des mesures effectuées sur le groupement lorsqu'un signal voulu connu et des signaux d'interférences sont présents ensemble. On peut alors utiliser l'ensemble de coefficients de pondération pour annuler les interférences pendant que le signal voulu n'est pas présent, dans la mesure où l'emplacement des sources d'interférences et le signal voulu restent sensiblement constants. Les coefficients de pondération qui minimisent les interférences peuvent être calculés à partir de l'équation complexe suivante :

$$Xw = Y$$

Le symbole X désigne une matrice NxM de signaux instantanés du groupement (signaux de sortie du groupement simultanément échantillonnés), où N est le nombre de signaux instantanés, et M est le nombre d'éléments d'antenne.

$$X = \begin{pmatrix} x_0(0) & x_1(0) & \cdots & x_{M-1}(0) \\ x_0(1) & x_1(1) & \cdots & x_{M-1}(1) \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdots & \cdot \\ x_0(N-1) & x_1(N-1) & \cdots & x_{M-1}(N-1) \end{pmatrix}$$

Le symbole $\underline{y}$ est le vecteur Nx1 du sig0nal voulu émis (connu).

$$y = \begin{pmatrix} y(0) \\ y(1) \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y(N-1) \end{pmatrix}$$

Le symbole $\underline{w}$ est le vecteur de pondération du groupement adaptatif (Mx1) pour tous les éléments du groupement.

$$w = \begin{pmatrix} w_0 \\ w_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ w_{M-1} \end{pmatrix}$$

Etant donné le vecteur de pondération $\underline{w}$, le signal de sortie adaptatif du conformateur de faisceau peut être calculé à tout instant $\underline{t}$ sous la forme :

$$y(t) = \sum_{k=0}^{M-1} w_k x_k(t)$$

Alors que les conformateurs de faisceau de réception fonctionnent bien, un groupement d'antennes est, avant toutes choses, typiquement nécessaire pour la réalisation de la conformation du faisceau de réception. Les unités de télé-communications portatives ne sont jamais équipées de groupements d'antennes, pour des raisons de limitation de taille et de poids.

Au lieu d'effectuer la conformation du faisceau de réception (dans une unité portative), il est possible de réaliser la conformation du faisceau d'émission dans un site de base. La conformation du faisceau d'émission dans un site de base peut permettre de diriger une énergie importante à l'emplacement d'une unité portative sans produire d'interférences notables à l'encontre d'une autre unité portative réceptrice.

Toutefois, la conformation du faisceau d'émission s'est révélée difficile (en pratique), en raison de la difficulté qu'il y a à déterminer les coefficients du groupement effectuant la conformation du faisceau d'émission. Une partie de cette difficulté réside en ce que les coefficients d'un groupement de conformation de faisceau de réception utilisés pour la conformation du faisceau d'un signal reçu ont très peu de relations avec les coefficients de conformation de faisceau d'un signal émis. Les déphasages et les non-linéarités des éléments de réception et d'émission rendent les groupements de conformation de faisceau inapplicables à la conformation de faisceau d'un signal émis. En raison de l'importance des télécommunications entre unités mobiles, il serait nécessaire de pouvoir disposer d'un procédé plus simple permettant d'effectuer la conformation des faisceaux des signaux émis par des sites de base à destination d'unités de télécommunications portatives.

Il est proposé un procédé permettant d'effectuer automatiquement la conformation de faisceau d'un émetteur de fréquence radio possédant une antenne en groupement. Le procédé comprend l'opération qui consiste à déterminer une fonction de transfert d'égaliseur d'émission et une fonction de transfert d'égaliseur de réception pour chaque élément du groupement d'antennes en s'appuyant, au moins en partie, sur l'application de signaux d'entrée communs et sur la comparaison des signaux de sortie. Le procédé comprend en outre les opérations consistant à réaliser de façon adaptative la conformation de faisceau d'un signal reçu, en provenance d'une unité de télécommunications, en s'appuyant, au moins en partie, sur

les coefficients de pondération d'égaliseur de réception déterminés, de manière à produire un groupement de conformation de faisceau de réception. Un signal à faisceau conformé peut ensuite être émis à destination de l'unité de télécommunications à l'aide des coefficients de pondération d'égaliseur d'émission et du groupement de conformation de faisceau de réception.

La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses caractéristiques et avantages ; elle s'appuie sur les dessins annexés, parmi lesquels :

la figure 1 illustre un système de télécommunications selon l'invention ;

la figure 2 est un schéma fonctionnel d'un appareil permettant d'effectuer la conformation de faisceau d'un signal selon l'invention ;

la figure 3 est une représentation simplifiée de la circulation de signaux, qui permet de calculer les coefficients de pondération d'égaliseur différentiel d'émission selon l'invention ; et

la figure 4 est un organigramme du procédé de conformation de faisceau d'émission selon l'invention.

La solution au problème de la conformation de faisceau d'un signal émis par un site de base à destination d'une unité de télécommunications mobile réside, du point de vue conceptuel, dans la création de fonctions de transfert sensiblement identiques pour les éléments de groupements d'antennes d'émission et de réception et dans l'utilisation d'un groupement de conformation de faisceau de réception, calculé pour un signal reçu, pour effectuer la conformation de faisceau d'émission d'un signal émis. Des fonctions de transfert sensiblement identiques entre éléments des groupements d'émission et de réception peuvent être créées par auto-étalonnage et par étalonnage des éléments des groupements relativement à des signaux de référence.

La figure 1 représente dans son ensemble un système de télécommunications 10 selon l'invention. Ce système 10 comporte un dispositif 40 de commande de ressources, un émetteur-récepteur 30 et des unités de télécommunications 22, 23 et 24. L'émetteur-récepteur 30 échange des signaux de télécommunications avec les unités de télécommunications 22 à 24 par l'intermédiaire d'un groupement d'antennes présenté sur la figure 1 sous la forme d'une antenne simple 20.

La figure 1 montre également un émetteur-récepteur éloigné 25. L'émetteur-récepteur éloigné 25, selon l'invention, est interconnecté avec le dis-

positif de commande ressources 40 au moyen d'un bus de données 26 (par exemple une ligne "T1") servant à échanger des signaux d'essai avec l'émetteur–récepteur 30. (Il faut insister sur le fait que l'émetteur et le récepteur de l'émetteur–récepteur 25 doivent être au même endroit).

La figure 2 est un schéma fonctionnel agrandi du système 10, qui comporte l'appareil de conformation de faisceau d'émission selon l'invention. Comme on peut le voir sur la figure 2, le groupement d'antennes 20 de la figure 1 comporte des antennes portant les numéros 1 à N. Comme représenté, chacune des antennes n° 1 à N de la figure 2 est associée à un commutateur de fonctionnement en duplex 31, 34 ou 37, un émetteur 33, 36 ou 39, et un récepteur 32, 35 ou 38.

On passe maintenant à la figure 4, qui représente un organigramme du procédé de conformation de faisceau d'émission selon l'invention. On se reportera à l'organigramme de la figure 4 lorsque cela sera approprié à une meilleure compréhension de l'invention.

Chacun des récepteurs 32, 35, 38 possède un égaliseur de réception $H^r_i(z)$, désigné par la référence 41, 43 ou 45 et un moyen d'application de facteur de pondération w^r_i, désigné par la référence 47, 49 ou 51, par lesquels passe un signal reçu. Un additionneur 54 effectue l'addition des signaux d'entrée pondérés venant des éléments du groupement d'antennes 20. Le signal de sortie de l'additionneur 54 est appliqué à un démodulateur 55 servant à décoder le signal reçu.

De la même façon, les émetteurs 33, 36 et 39 reçoivent un signal d'entrée par l'intermédiaire d'un modulateur 56, d'un dispositif d'application de facteur de pondération w^t_i désigné par la référence 48, 50 ou 52 et d'un égaliseur $H^t_i(z)$ désigné par la référence 42, 44 ou 46. Les valeurs des facteurs de pondération respectivement associées à l'émission et à la réception sont, selon l'invention, conjugués complexes (par exemple $w^r_1(47) = w^t_1{}^*(48)$).

Les égaliseurs d'émission et de réception, à savoir $H^r_1(z)$ et $H^t_1(z)$, $H^r_2(z)$ et $H^t_2(z)$, ..., $H^r_N(z)$ et $H^t_N(z)$, produisent des fonctions de transfert qui assurent la relation de conjugaison complexe entre les caractéristiques d'émission et de réception des éléments d'émission et de réception w^r_i et w^t_i correspondants du groupement d'antennes 20. Le groupement de conformation de faisceau de réception, soit w^r_1 à w^r_N, créé en réponse à un signal reçu est donc, selon l'invention, soumis à une opération de conjugaison complexe pour former le groupement de conformation de faisceau d'émission, soit w^t_1 à w^t_N.

Les coefficients de pondération d'égaliseur de réception d'ordre p, soit $H^r_1(z)$, $H^r_2(z)$, ... $H^r_N(z)$, sont calculés par modélisation de la réponse nécessaire

pour amener le $i^{ème}$ signal de sortie de récepteur à être apparié avec le signal de sortie d'un récepteur de référence (par exemple le récepteur n° 1), en tant que fonction de transfert de fréquence du type "tout zéro". Le signal d'entrée appliqué au groupement d'antennes 20 pour le calcul des coefficients de pondération d'égaliseur de réception correspond à l'émetteur–récepteur éloigné 25 de la figure 1 placé à une certaine distance du groupement 20. Les fonctions de transfert d'égaliseur de réception, soit $H^r_1(z)$, $H^r_2(z)$, ..., $H^r_N(z)$ sont calculées par résolution de l'équation vectorielle suivante :

$$Y_i v_i = y_1$$

où Y_i est la matrice Mxp (à M rangées et p colonnes) des signaux de sortie, $y_i(t)$ indiquant le signal de sortie du $i^{ème}$ élément à l'instant t, de l'antenne n° i :

$$Y_i = \begin{pmatrix} y_i(0) & y_i(-1) & \dots & y_i(-p+1) \\ y_i(1) & y_i(1) & \dots & y_i(-p+2) \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ y_i(M-1) & y_i(M-2) & \dots & y_i(M-P+1) \end{pmatrix}$$

y_1 est le vecteur Mx1 des signaux de sortie de l'antenne de référence n° 1 :

$$y_1 = (y_1(0)\ y_1(1) \dots y_1(M-1)),$$

et v_i est le vecteur des coefficients de pondération d'égaliseur (px1) relatif à la $i^{ème}$ antenne :

$$v_i = (v_i(0)\ \ v_i(1) \dots v_i(p-1))$$

L'équation $Y_i v_i = y_1$ peut alors être résolue (étape 101 de la figure 4) par un processeur de signaux (non représenté) se trouvant à l'intérieur du dispositif de commande de ressources 40, pour v_i, au moyen d'une méthode des moindres carrés appropriée. Etant donné les vecteurs de pondération v_i, les fonctions de transfert d'égaliseur sont données comme suit (pour tous les éléments du groupement) :

$$H^{r}i(z) = \sum_{k=0}^{p-1} v_i(k)z^{-k}$$

Les fonctions de transfert d'égaliseur d'émission, soit $H^{t}_1(z)$, $H^{t}_2(z)$, ..., $H^{t}_N(z)$, sont calculés à l'aide d'un processus en deux étapes. A la première des étapes du processus, des coefficients de pondérations d'auto–égaliseur sont calculés (étape 103). A la deuxième étape, des coefficients de pondération d'égaliseur différentiel sont déterminés (étape 104) à partir des coefficients de pondération d'auto–égaliseur précédemment calculés.

A chaque étape du processus en deux étapes, une valeur d'égaliseur d'élément de groupement d'émission est calculée par modélisation de la réponse voulue. Dans le cas de l'auto–égaliseur, une valeur est calculée pour normaliser le $i^{ème}$ signal de sortie de l'émetteur afin de l'apparier au signal d'entrée du $i^{ème}$ élément. Dans le cas de l'égaliseur différentiel, une valeur est calculée pour amener le signal de sortie du $i^{ème}$ émetteur à être apparié au signal de sortie d'un élément émetteur de référence (par exemple l'élément n° 1).

Le vecteur (c_i) des coefficients de pondération d'auto–égaliseur est calculé par référence à un signal reçu, dans l'émetteur–récepteur éloigné 25, lors de l'application d'un ensemble de signaux d'entrée distincts (linéairement indépendants) connus au groupement d'antennes 20. Le signal reçu dans le récepteur éloigné (r) est une combinaison linéaire des signaux émis et peut être exprimé à l'aide des M échantillons émis pour chacun des N émetteurs et des modèles d'ordre L des émetteurs. Le vecteur (c_i) des coefficients de pondération d'auto–égaliseur peut être déterminé par résolution de l'équation suivante :

$$Xc = r$$

où X est la matrice MxNL des signaux d'entrée appliqués à tous les éléments du groupement (par exemple $X = (X_1 X_2 \ldots X_N)$), et

$$X_i = \begin{pmatrix} x_i(0) & x_i(-1) & \dots & x_i(-L+1) \\ x_i(1) & x_i(1) & \dots & x_i(-L+2) \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ x_i(M-1) & x_i(M-2) & \dots & x_i(M-L+1) \end{pmatrix}$$

$\underline{r}$ est le vecteur Mx1 des signaux de sortie du récepteur éloigné :

$$r = (r(0)\ r(1) \dots r(M-1)), \text{ et}$$

$\underline{c}$ est le vecteur des coefficients de pondération d'égaliseur NLx1 pour tous les éléments du groupement :

$$c = (c_i(0)\ c_i(1) \dots c_i(L-1))$$

L'équation Xc=r peut être résolue (étape 103) à l'aide d'une méthode des moindres carrés appropriée. (On note que, puisque X est connu, la plus grande partie du calcul nécessaire pour trouver $\underline{c}$ peut être effectuée préalablement). Pour que les signaux de sortie des émetteurs soient identiques, on pourra utiliser l'inverse des modèles des émetteurs. Les fonctions de transfert d'égaliseur seraient donc du type où tous les pôles sont d'ordre L–1, comme suit :

$$H^{t1}{}_i(z) = \frac{1}{\sum_{k=0}^{L-1} c_i(k) z^{-k}}$$

Toutefois, la fonction de transfert $H^{t1}{}_i(z)$ n'est pas nécessairement stable, en ce qu'il n'existe aucune garantie que les modèles d'émetteurs du type "tout zéro" soient à la phase minimale (tous les zéros ne sont pas nécessairement à l'intérieur du cercle unité). Les modèles sont de plus susceptibles d'être moins efficaces que les égaliseurs différentiels, puisque les auto–égaliseurs n'exploitent pas les identités de signaux de sortie entre émetteurs dans le cas d'un signal d'entrée commun.

Sur la base des coefficients de pondération des modèles émetteurs, soit c_i, on peut calculer les égaliseurs différentiels (étape 104) en simulant les signaux de sortie de chaque émetteur et en appariant le signal de sortie de chaque élément à l'élément de référence. Ce processus peut être décrit sous forme de schéma fonctionnel à l'aide de la figure 3.

Le générateur simulé 50 produit un signal à large bande, par exemple une séquence de bruits pseudoaléatoires, qui est filtrée à la fois par la fonction de transfert d'auto–égaliseur d'émission de référence 51 et par la fonction de transfert d'auto–égaliseur d'émission 52 de l'élément i du groupement. Dès qu'un signal de sortie a été calculé (étape 105), on peut utiliser le même procédé que pour les coefficients de pondération d'égaliseur différentiel de réception. Dans ce cas, l'équation à résoudre prend la forme :

$$T_i u_i = t_1$$

De nouveau, le signal de sortie de référence simulé peut être exprimé sous forme matricielle, comme suit :

$$T_i = \begin{pmatrix} t_i(0) & t_i(-1) & \dots & t_i(-q+1) \\ t_i(1) & t_i(1) & \dots & t_i(-q+2) \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ . & . & \dots & . \\ t_i(M-1) & t_i(M-2) & \dots & t_i(M-q+1) \end{pmatrix}$$

où t_1 est le vecteur Mx1 des signaux de sortie de l'émetteur de référence simulé n° 1 :

$$t_1 = (t_1(0)\, t_1(1) \dots t_1(M-1)), \text{ et}$$

u_i est le vecteur qx1 des coefficients de pondération d'égaliseur relatifs à la $i^{ème}$ antenne :

$$u_i = (u_i(0)\, u_i(1) \dots u_i(q-1))$$

Comme ci-dessus, l'équation $T_i u_i = t_1$ peut être résolue par une méthode des moindres carrés appropriée. Les fonctions de transfert d'égaliseur seraient donc du type ayant tous leurs pôles d'ordre q-1, et sont déterminées (étape 105) comme suit :

$$H^t_i(z) = \sum_{k=0}^{q-1} u_i(k) z^{-k}$$

L'effet avantageux résultant du calcul de la fonction de transfert de réception $H^r_i(z)$ et de la fonction de transfert d'émission $H^t_i(z)$ réside dans la possibilité, pour une station de base, d'effectuer la conformation de faisceau d'un signal d'émission à destination d'une unité de télécommunications mobile 22-24 à partir de la fonction de transfert de réception $H^r_i(z)$, de la fonction de transfert d'émission $H^t_i(z)$ et des coefficients de conformation de faisceau de réception.

Selon l'invention, une fonction de transfert d'égaliseur de réception et une fonction de transfert d'égaliseur d'émission du système 10 sont calculées comme ci-dessus indiqué. Une unité de télécommunications 22 commence alors à émettre un signal à destination du groupement d'antennes 10. Un groupement de conformation de faisceau de réception est calculé à l'aide de la fonction de transfert d'égaliseur de réception. Un signal à faisceau conformé d'émission peut alors être avantageusement renvoyé à l'unité de télécommunications à l'aide de la fonction de transfert d'égaliseur d'émission et du conjugué complexe du groupement de conformation de faisceau de réception.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, les fonctions de transfert d'égaliseur d'émission, soit $H^t_1(z)$, $H^t_2(z)$, ... $H^t_N(z)$ sont calculées à l'aide d'un processus en une seule étape. Selon ce procédé, on calcule les fonctions de transfert d'égaliseur d'émission $H^t_1(z)$, $H^t_2(z)$, ... $H^t_N(z)$ en utilisant ou bien des valeurs d'auto-égaliseur, ou bien des valeurs d'égaliseur différentiel. On peut alors créer un signal à faisceau conformé d'émission comme ci-dessus indiqué.

Selon un autre mode de réalisation de l'invention, on calcule la fonction de transfert de réception, soit $H^r_1(z)$, $H^r_2(z)$, ... $H^r_N(z)$ par référence à un signal connu émis par l'émetteur-récepteur éloigné 25. Selon le mode de réalisation, la fonction de transfert $H^r_1(z)$, $H^r_2(z)$, ... $H^r_N(z)$ est calculée par modélisation de la réponse nécessaire pour amener le signal de sortie du $i^{ème}$ récepteur à être apparié au signal d'entrée connu appliqué à l'émetteur-récepteur éloigné 25.

Bien entendu, l'homme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir du procédé dont la description vient d'être donnée à titre simplement illustratif et nullement limitatif, diverses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Procédé de conformation de faisceau d'un émetteur de fréquence radio ayant une antenne du type groupement, ce procédé étant caractérisé par les opérations suivantes : déterminer une fonction de transfert d'égaliseur d'émission et une fonction de transfert d'égaliseur de réception pour chaque élément du groupement d'antennes (20) en s'appuyant, au moins en partie, sur l'application de signaux d'entrée communs et sur la comparaison des signaux de sortie ; réaliser de façon adaptative la conformation de faisceau d'un signal reçu, égalisé, en provenance d'une unité de télécommunications (22–24) en s'appuyant, au moins en partie, sur les coefficients de pondération d'égaliseur de réception déterminés, de manière à produire un groupement de conformation de faisceau de réception ; et émettre un signal à faisceau conformé à destination de l'unité de télécommunications en s'appuyant sur les coefficients de pondération d'égaliseur d'émission et le groupement de conformation de faisceau de réception.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en outre en ce que l'opération de détermination d'une fonction de transfert d'égaliseur de réception comprend les opérations consistant à recevoir un signal de référence, de la part d'un émetteur–récepteur éloigné (25), par l'intermédiaire d'un élément de réception du groupement d'antennes (20) et d'un élément de référence du groupement d'antennes (20), et comparer le signal de sortie de l'élément de réception et de l'élément de référence pour produire un vecteur de coefficients de pondération d'égaliseur de réception se rapportant à l'élément de réception du groupement.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en outre par l'opération consistant à obtenir la fonction de transfert d'égaliseur de réception à l'aide d'une méthode des moindres carrés appropriée.

4. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en outre en ce que l'opération de détermination d'une fonction de transfert d'égaliseur d'émission comprend les opérations consistant à appliquer un signal de référence à un groupement d'émission et à comparer le signal de sortie du groupement d'émission avec le signal d'entrée afin de produire une fonction de transfert d'égaliseur d'émission initiale qui est relative à l'élément d'émission du groupement d'antennes (20).

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en outre en ce que l'opération de comparaison du signal de sortie du groupement d'émission (20) avec un signal d'entrée comprend l'opération consistant à recevoir le signal de sortie du groupement d'émission en un récepteur éloigné (25).

6. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en outre par les opérations consistant à appliquer un signal d'émission de référence aux entrées d'un élément du groupement d'émission et d'un élément du groupement d'émission de référence, à comparer les signaux de sortie de l'élément du groupement d'émission, à l'aide du facteur de pondération d'égaliseur d'émission initial, et de l'élément de référence, et à calculer une fonction de transfert d'émission qui produit une sensible identité entre les signaux de sortie de l'élément du groupement d'émission et de l'élément du groupement d'émission de référence relativement à l'élément du groupement d'antennes (20).

7. Procédé de conformation de faisceau d'un émetteur de fréquence radio possédant une antenne en groupement, ce procédé étant caractérisé par les opérations suivantes : comparer le signal de sortie d'au moins un premier élément du groupement de réception avec un signal connu venant d'un émetteur éloigné (25) afin de produire au moins une première fonction de transfert d'égaliseur pour ce premier élément de réception ; déterminer au moins une première fonction de transfert d'égaliseur d'émission, en partie en comparant le signal de sortie d'au moins un premier élément associé de groupement d'émission avec un signal d'entrée connu appliqué à ce premier élément de groupement d'émission ; réaliser de manière adaptative la conformation de faisceau d'un signal reçu, à l'aide de cette première fonction de transfert d'égaliseur de réception, afin de produire un groupement de conformation de faisceau ; et réaliser la conformation de faisceau d'un signal émis à l'aide du conjugué complexe du groupement de conformation de faisceau et d'au moins un premier coefficient de pondération d'égaliseur d'émission.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en outre en ce que l'opération de production d'au moins une première fonction de transfert d'égaliseur associée à au moins un premier élément de réception comprend l'opération qui consiste à faire émettre le signal connu par l'émetteur éloigné (25) à destination d'au moins un élément de réception du groupement d'antennes (20).

9. Procédé de conformation de faisceau d'un émetteur de fréquence radio (30) possédant une antenne en groupement (20), ce procédé étant caractérisé par les opérations suivantes : comparer le signal de sortie d'au moins un premier élément de groupement de réception avec le signal de sortie d'un élément de groupement de réception de référence afin de produire au moins une première fonction de transfert d'égaliseur relative à ce premier élément de réception ; déterminer au moins une première fonction de transfert d'égaliseur d'émission, en

partie en comparant le signal de sortie d'au moins ce premier élément de groupement d'émission avec un signal d'entrée connu appliqué à au moins ce premier élément de groupement d'émission ; réaliser de manière adaptative la conformation de faisceau d'un signal reçu, en utilisant au moins cette première fonction de transfert d'égaliseur de réception, afin de produire un groupement de conformation de faisceau ; et réaliser la conformation de faisceau d'un signal émis à l'aide du conjugué complexe du groupement de conformation de faisceau, et d'au moins un premier coefficient de pondération d'égaliseur d'émission.

10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en outre en ce que l'opération de production d'au moins une première fonction de transfert d'égaliseur relative à au moins un premier élément de réception comprend en outre l'opération consistant à émettre un signal connu à destination d'au moins ce premier élément de groupement de réception et de l'élément de groupement de réception de référence.

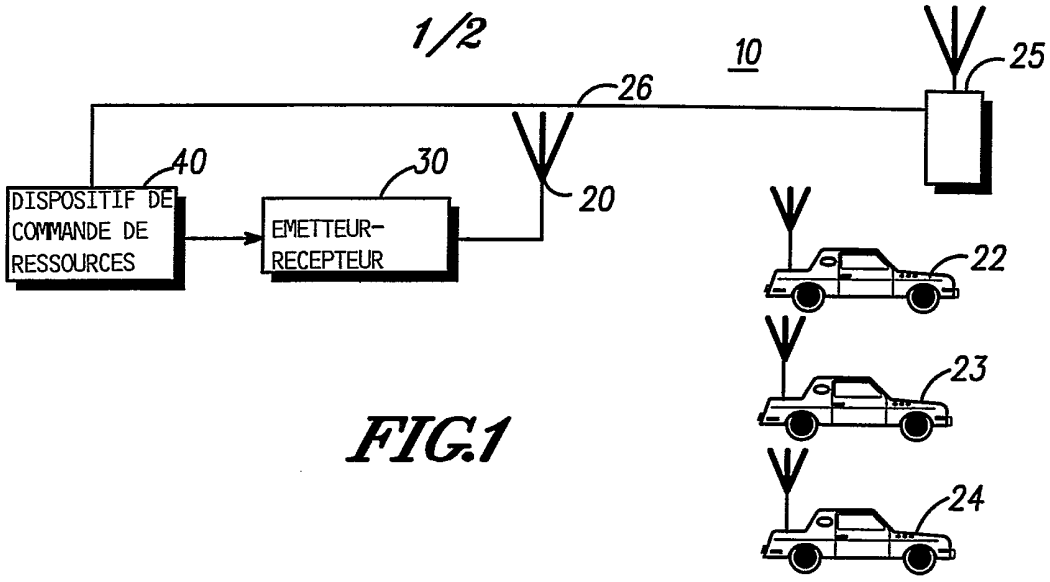

10
25
26
20
40
DISPOSITIF DE COMMANDE DE RESSOURCES
30
EMETTEUR-RECEPTEUR
22
23
24

FIG.1

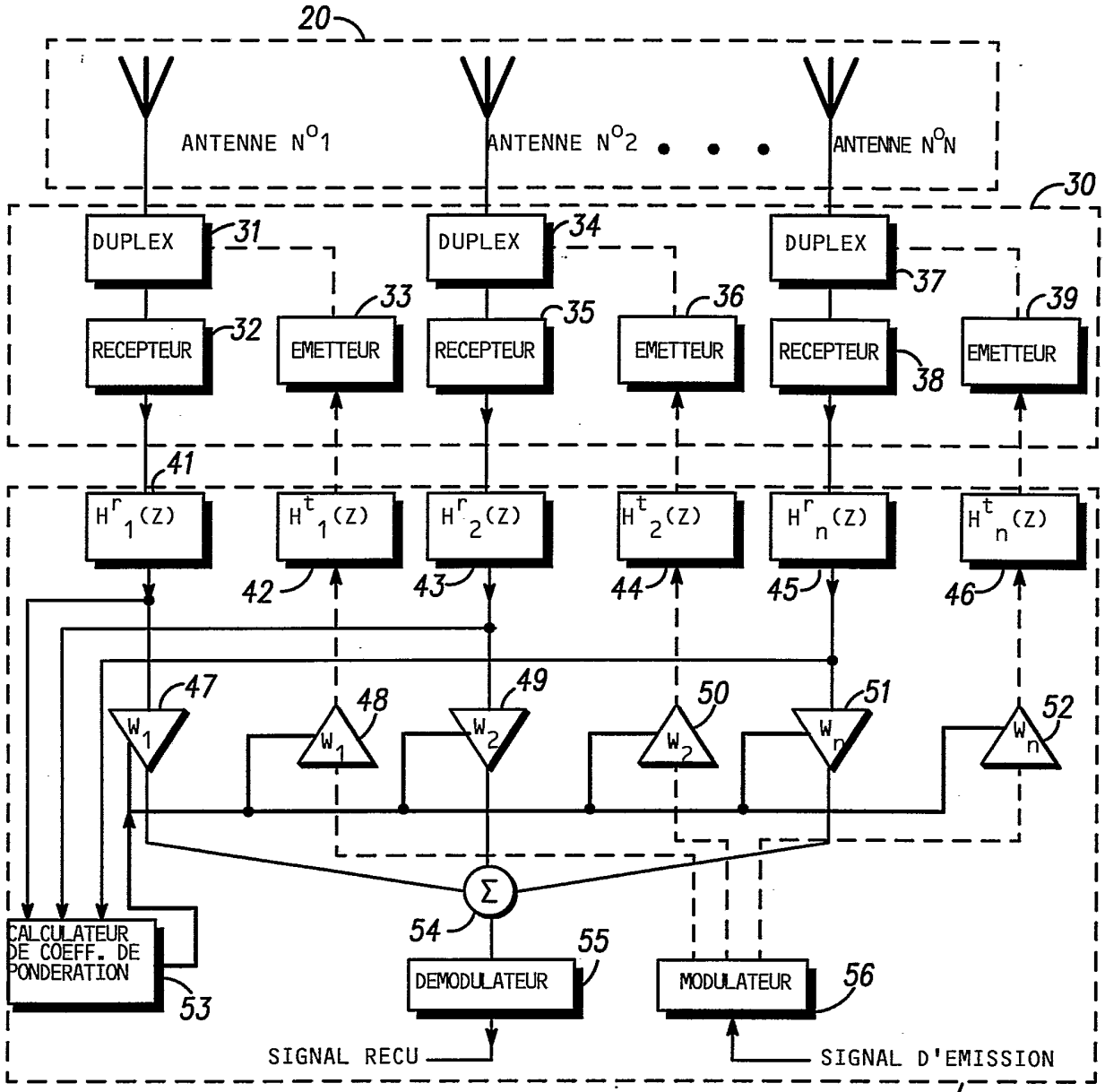

20
ANTENNE N°1
ANTENNE N°2
ANTENNE N°N
30
DUPLEX
31
DUPLEX
34
DUPLEX
37
RECEPTEUR
32
EMETTEUR
33
RECEPTEUR
35
EMETTEUR
36
RECEPTEUR
38
EMETTEUR
39
41
$H^r_1(Z)$
$H^t_1(Z)$
$H^r_2(Z)$
$H^t_2(Z)$
$H^r_n(Z)$
$H^t_n(Z)$
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
W_1
W_1
W_2
W_2
W_n
W_n
Σ
54
CALCULATEUR DE COEFF. DE PONDERATION
53
DEMODULATEUR
55
MODULATEUR
56
SIGNAL RECU
SIGNAL D'EMISSION
40
TRAJET D'EMISSION
TRAJET DE RECEPTION
AJUSTEMENT DES COEFF. DE PONDERATION

FIG.2

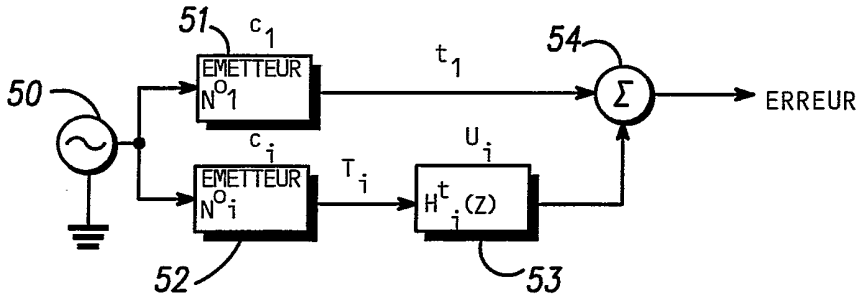

51
c1
EMETTEUR
N°1
t1
54
Σ
ERREUR
50
ci
EMETTEUR
N°i
Ti
Ui
Hti(Z)
52
53

FIG.3

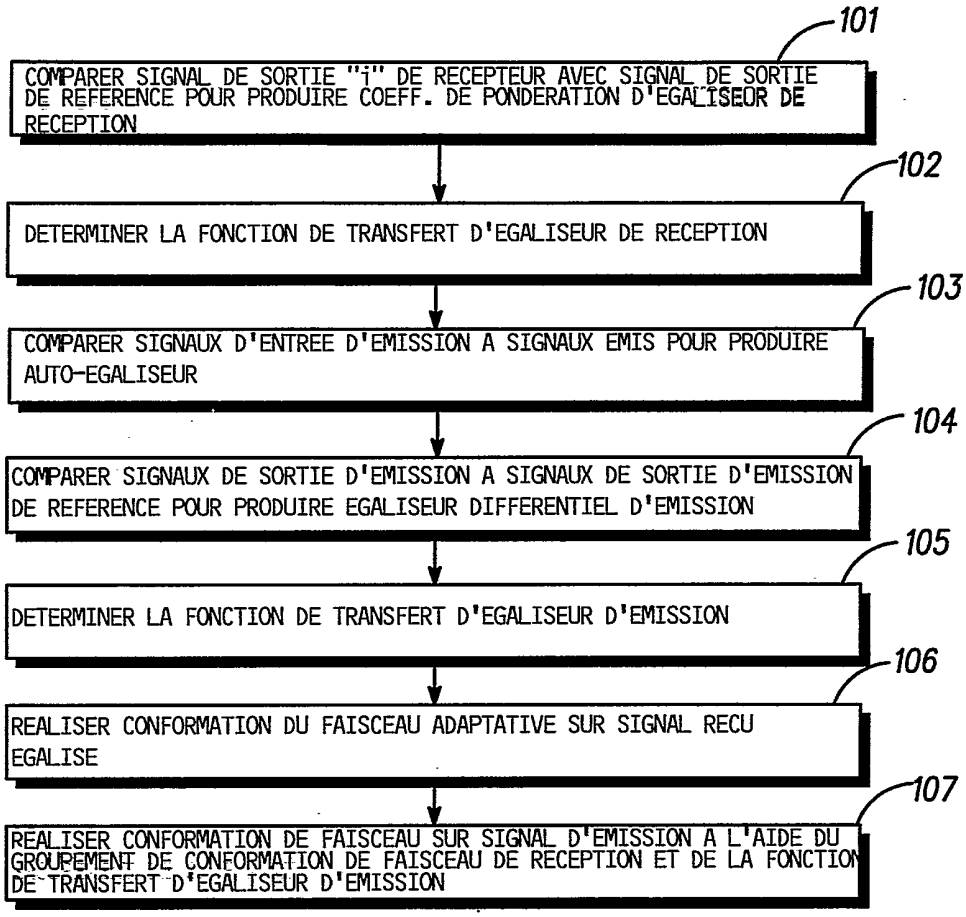

101
COMPARER SIGNAL DE SORTIE "i" DE RECEPTEUR AVEC SIGNAL DE SORTIE DE REFERENCE POUR PRODUIRE COEFF. DE PONDERATION D'EGALISEUR DE RECEPTION
102
DETERMINER LA FONCTION DE TRANSFERT D'EGALISEUR DE RECEPTION
103
COMPARER SIGNAUX D'ENTREE D'EMISSION A SIGNAUX EMIS POUR PRODUIRE AUTO-EGALISEUR
104
COMPARER SIGNAUX DE SORTIE D'EMISSION A SIGNAUX DE SORTIE D'EMISSION DE REFERENCE POUR PRODUIRE EGALISEUR DIFFERENTIEL D'EMISSION
105
DETERMINER LA FONCTION DE TRANSFERT D'EGALISEUR D'EMISSION
106
REALISER CONFORMATION DU FAISCEAU ADAPTATIVE SUR SIGNAL RECU EGALISE
107
REALISER CONFORMATION DE FAISCEAU SUR SIGNAL D'EMISSION A L'AIDE DU GROUPEMENT DE CONFORMATION DE FAISCEAU DE RECEPTION ET DE LA FONCTION DE TRANSFERT D'EGALISEUR D'EMISSION

FIG.4