

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2009/122084 A2

(43) Date de la publication internationale
8 octobre 2009 (08.10.2009)

PCT

- (51) Classification internationale des brevets :
H04B 15/06 (2006.01) *H04B 7/12* (2006.01)
H04B 1/16 (2006.01)
- (21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2009/050436
- (22) Date de dépôt international :
17 mars 2009 (17.03.2009)
- (25) Langue de dépôt : français
- (26) Langue de publication : français
- (30) Données relatives à la priorité :
0851748 18 mars 2008 (18.03.2008) FR
- (71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : EADS SECURE NETWORKS [FR/FR]; 1 boulevard Jean Moulin, ZAC de la Clef Saint Pierre, F-78990 Elancourt (FR).
- (72) Inventeurs; et
- (75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : CLEMENT, Benoît [FR/FR]; 9 rue Desnouettes, F-75015 Paris (FR). LATOUCHE, Gilles [FR/FR]; 5ter rue Louis Pasteur, F-78330 Fontenay Le Fleury (FR). MULLER, Olivier [FR/FR]; 15 avenue Poniatowski, F-78600 Maisons-Laffitte (FR).
- (74) Mandataires : BETHENOD Marc et al.; Cabinet Passeraud, 52 rue de la Victoire, F-75440 Paris Cedex 09 (FR).
- (81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

— relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv))

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : BROADBAND MULTI-CHANNEL RADIOFREQUENCY RECEIVER

(54) Titre : RECEPTEUR RADIOFREQUENCE LARGE BANDE MULTICANAUX.

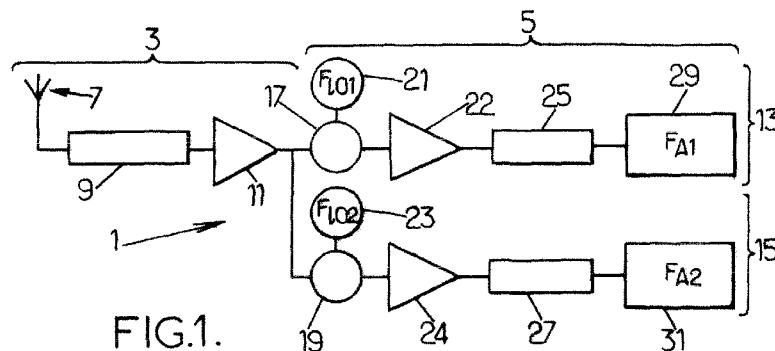


FIG.1.

(57) Abstract : The invention relates to a device for receiving a broadband multi-channel radiofrequency signal, consisting of a radiofrequency analog input stage (3) connected to an intermediate-frequency conversion stage (δ), said conversion stage comprising at least one conversion chain (13, 15) comprising a frequency mixer (17, 19) that transposes the signal to an intermediate frequency connected to the input of an analog-digital converter (29, 31) with a high frequency sampling rate, characterized in that the intermediate and sampling frequencies in each conversion chain are selected such that, considering the noise generated by the sampling overtones of the corresponding analog-digital converter, each of the radiofrequency signal channels has a signal/noise ratio that is greater at output than a predetermined value of at least one conversion chain.

(57) Abrégé : Dispositif de réception d'un signal radiofréquence large bande multicanaux comportant un étage d'entrée (3) analogique en radiofréquence connecté

[Suite sur la page suivante]

WO 2009/122084 A2



Publiée :

- *sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)*

à un étage de conversion(δ) en fréquence intermédiaire, le dit étage de conversion comportant au moins une chaîne de conversion (13,15) comportant un mélangeur (17,19) de fréquence transposant le signal à une fréquence intermédiaire connecté à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique (29,31) ayant une haute fréquence d'échantillonnage, caractérisé en ce que la fréquence intermédiaire et la fréquence d'échantillonnage de chaque chaîne de conversion sont sélectionnées de telle sorte que, en considérant le bruit généré par les harmoniques d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique correspondant, chacun des canaux du signal radiofréquence ait un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée en sortie d'au moins une chaîne de conversion.

RECEPTEUR RADIOFREQUENCE LARGE BANDE MULTICANAUX

La présente invention concerne un dispositif de réception d'un signal radiofréquence large bande multicanaux comportant un étage d'entrée analogique en radiofréquence connecté à un étage de conversion en fréquence intermédiaire. Elle concerne également une station de base comportant un tel dispositif ainsi qu'un procédé de calibration de ce dispositif.

Les systèmes de radiocommunication actuels sont de plus en plus souvent définis sous la forme d'une bande de fréquence allouée dans laquelle sont définis des canaux de communication. Pour une installation donnée, le choix des canaux utilisés se fait en fonction des canaux alloués à l'opérateur de l'installation et des canaux utilisés dans l'environnement de l'installation de façon à éviter des phénomènes de superposition pouvant entraîner le brouillage des communications (systèmes dits cellulaires).

Par exemple, les systèmes PMR (Private Mobile Radiocommunications – réseaux de télécommunication radio mobile privés) TETRA normalisés par l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute – institut européen des normes de télécommunication) utilisent une bande de 5MHz, dite bande du système dans la suite de ce document, aux environs de 400 MHz, et, à l'intérieur de cette bande, la largeur de chaque canal est de 25kHz. Dans un tel réseau, lors de l'installation d'une station de base, 4 canaux seront typiquement choisis en fonction des critères cités précédemment pour couvrir les communications dans la cellule centrée sur la station de base et dont le rayon correspond approximativement à la portée du système.

Une station de base comprend ainsi typiquement 4 récepteurs radio, chacun étant dédié à un canal donné.

Chaque récepteur radio d'une telle station de base comporte typiquement un étage d'entrée analogique en radiofréquence connecté à un étage de conversion en bande intermédiaire dont la sortie est numérisée par un convertisseur analogique numérique. Le signal numérisé est alors traité par des calculateurs de type processeur de traitement de signal afin d'extraire l'information utile.

L'étage d'entrée analogique comporte typiquement une antenne de réception permettant de recueillir le signal radiofréquence. Puis ce signal est filtré dans un filtre passe-bande dit de présélection dont la bande passante correspond à la bande de fréquence du système. Le signal filtré est alors
5 amplifié par un amplificateur faible bruit avant d'entrer dans l'étage de conversion.

Dans un mélangeur connecté à un oscillateur local, le signal du canal sélectionné est transposé en un signal à la fréquence intermédiaire, typiquement de l'ordre de plusieurs dizaines de mégahertz.

10 Traditionnellement, le signal transposé est alors filtré par un filtre passe-bande ayant une bande passante égale à la largeur du canal et étant centré sur la fréquence intermédiaire. En sortie du filtre, un convertisseur analogique numérique, ou CAN, numérise le signal correspondant au canal sélectionné avant traitement numérique, configuration classique d'une
15 architecture numérique monocanal.

Il existe maintenant sur le marché des CAN ayant des fréquences d'échantillonnage d'environ 100MHz et capable de numériser sur 13 bits effectifs (ENOB – Effective Number Of Bits). Un seul CAN permet alors de numériser l'ensemble de la bande de fréquence du système. Ainsi, on
20 remplace les 4 chaînes radio qui travaillaient en parallèle sur les 4 canaux de manière indépendante par une seule chaîne. L'étage de transposition est suivi par un filtre passe-bande dont la bande passante correspond désormais à la bande de fréquence du système. Ce filtre est utilisé afin d'éliminer les produits du mélange parasites générés par la transposition. Le signal transposé et filtré
25 est alors numérisé par un CAN unique à haute fréquence. La séparation des canaux est effectuée ensuite par le traitement numérique aval.

Ce mode de réalisation a l'avantage de réduire le nombre de chaînes analogiques et de CAN par un facteur égal au nombre de canaux à numériser.

La contrepartie est la complexification de la partie numérique qui
30 devra notamment séparer les canaux avant de démoduler chacun d'entre eux.

Par ailleurs, le CAN génère des signaux parasites qui peuvent être impossibles à éliminer dans les étapes numériques en aval. Le SFDR (Spurious Free Dynamic Range – Bande dynamique libre de parasites) est le paramètre qui dimensionne la performance du CAN vis à vis de ce défaut.

Classiquement, deux types de non-linéarité sont à l'origine des signaux parasites du CAN :

- Les non-linéarités de la fonction de transfert du convertisseur (irrégularité des marches) caractérisées par l'INL (Integral NonLinearity – non-linéarité intégrale) et la DNL (Differential NonLinearity - non-linéarité différentielle) et
- Les non-linéarités des parties analogiques du CAN. Ces non-linéarités génèrent des harmoniques relatives aux signaux présents en entrée du CAN qui se replient et peuvent bruyier le signal utile. Ainsi, dans la bande de fréquence du système il peut se trouver des situations dans lesquelles un signal utile ayant une énergie relativement faible côtoie l'harmonique d'un autre signal (utile ou brouilleur) avec une énergie relativement forte. La non-linéarité du CAN peut transformer cette proximité en un bruit recouvrant le signal utile, bruit généré par des fréquences parasites issues du signal de brouillage. Ce phénomène peut être caractérisé à l'aide d'une analyse spectrale en sortie du CAN, celui-ci étant alimenté par le signal de brouillage. L'analyse montre alors un pic au niveau de la fréquence principale du signal de brouillage ainsi qu'un certain nombre de pics parasites dont la puissance est potentiellement supérieure à la valeur minimale d'un signal utile tel que défini dans une norme. Si la fréquence d'un de ces pics parasites correspond à la fréquence du signal utile, celui-ci sera brouillé avec, peut être, un ratio signal/bruit trop faible pour permettre une récupération de l'information transportée.

Pour diminuer les réponses parasites dues à la fonction de transfert du CAN on utilise couramment du bruit de dither : l'ajout d'un bruit décorrélié du signal utile permet de toujours utiliser plusieurs 'marches' du CAN ce qui minimise les réponses liées aux non-linéarités d'une certaine partie de la fonction de transfert du CAN. En revanche, il n'existe pas actuellement de technique efficace permettant de diminuer le niveau des réponses dues aux non-linéarités des parties analogiques.

Les signaux pouvant générer ces non-linéarité sont l'ensemble des signaux reçus par la station de base, c'est à dire les signaux utiles reçus, ceux

émis en direction des stations de base voisines et les émissions d'autres systèmes radiofréquence qui ne sont pas éliminés par les différents filtres de la chaîne de réception.

En effet, comme expliqué précédemment, les canaux de la station de base sont choisis différents des canaux utilisés par les stations de base environnantes afin d'éviter un brouillage. Cependant, lors de la numérisation, ces fréquences peuvent générer des repliements d'harmoniques dont les fréquences sont dans les canaux utiles et donc générer un bruit nuisible à la qualité de la transmission.

Il serait donc particulièrement avantageux d'obtenir un dispositif de réception qui permette d'obtenir un bon ratio signal/bruit au niveau des canaux utiles en minimisant ou supprimant les harmoniques qui parasitent ces canaux.

Pour résoudre un ou plusieurs des inconvénients cités précédemment, un dispositif de réception d'un signal radiofréquence large bande multicanaux comporte un étage d'entrée analogique en radiofréquence connecté à un étage de conversion en fréquence intermédiaire, le dit étage de conversion comportant au moins une chaîne de conversion comportant un mélangeur de fréquence transposant le signal à une fréquence intermédiaire connecté à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique ayant une haute fréquence d'échantillonnage, caractérisé en ce que la fréquence intermédiaire et la fréquence d'échantillonnage de chaque chaîne de conversion sont sélectionnées de telle sorte que, en considérant le bruit généré par les harmoniques d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique correspondant, chacun des canaux du signal radiofréquence ait un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée en sortie d'au moins une chaîne de conversion.

Des caractéristiques ou des modes de réalisation particuliers, utilisables seuls ou en combinaison, sont :

- l'étage de conversion comporte au moins deux chaînes de conversion, chaque chaîne de conversion ayant un couple fréquence intermédiaire-fréquence d'échantillonnage différent des autres chaînes de conversion.

- les fréquences d'échantillonnage des convertisseurs analogiques-numériques sont identiques et les fréquences intermédiaires différentes pour toutes les chaînes de conversion.

5 - l'espacement des fréquences intermédiaires est un multiple d'une fréquence prédéterminée.

- la fréquence prédéterminée est égale à l'espacement entre canaux.

- l'étage d'entrée comporte plusieurs chaînes de réception comportant chacune une antenne et travaillant en diversité d'antenne de telle sorte qu'à chaque chaîne de réception est connectée en série au moins une chaîne de conversion.

10 - à chaque chaîne de réception est connectée en série une et une seule chaîne de conversion.

Dans un second aspect de l'invention, une station de base d'un réseau de télécommunication hertzien est caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif de réception tel que ci-dessus.

15 Dans un mode de réalisation particulier, la sélection des fréquences d'échantillonnage et de transposition est réalisée pour augmenter le ratio signal/bruit compte tenu des signaux d'harmoniques provenant des fréquences des canaux internes à la station de base ou utilisés par des stations de base adjacentes.

Dans un troisième aspect de l'invention un procédé de calibration d'un dispositif de réception tel que ci-dessus comporte les étapes de :

a) caractérisation spectrale de chaque convertisseur analogique-numérique adaptée pour déterminer les harmoniques principales générées par des signaux ayant une fréquence dans la bande intermédiaire considérée,

25 b) détermination des positions relatives dans la bande du système des signaux utiles et des signaux brouilleurs,

c) sélection pour une première chaîne de conversion d'un couple fréquence intermédiaire-fréquence d'échantillonnage tel qu'au moins un signal utile a un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée en sortie de la chaîne de conversion,

30 d) si au moins un signal utile a un ratio signal/bruit inférieur à la valeur prédéterminée, réexécution de l'étape c) avec une autre chaîne de conversion et un autre couple fréquence intermédiaire-fréquence d'échantillonnage de

sorte que ce signal utile ait un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée en sortie de cette chaîne.

Dans un mode de réalisation particulier, ce procédé de calibration est tel que les étapes c) et d) sont réitérées pour optimiser au moins un des

5 critères suivants :

- minimiser le nombre de signaux utiles ayant un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée sur seulement une des chaînes de conversion ;
- minimiser le nombre de chaîne de conversion nécessaire pour

10 traiter l'ensemble des signaux utiles ; et/ou

- maximiser le nombre de signaux utiles ayant un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée sur l'ensemble des chaînes de conversion.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit,

15 faite uniquement à titre d'exemple, et en référence aux figures en annexe dans lesquelles :

- la figure 1 est une vue schématique d'un dispositif de réception selon un premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est un ordinogramme du fonctionnement d'une chaîne de

20 conversion du dispositif de la figure 1 ;

- la figure 3A est une vue représentant schématiquement un spectre de fréquence illustratif en amont d'un dispositif de réception tel que celui de la figure 1 ;
- la figure 3B et 3C sont des vues représentant schématiquement le

25 spectre de fréquence en sortie des chaînes de conversion du dispositif de la figure 1 lorsqu'il reçoit le spectre de fréquences illustré à la figure 3A ;

- la figure 4 est une vue schématique d'un dispositif de réception selon un second mode de réalisation de l'invention ; et
- la figure 5 est en ordinogramme d'un procédé de calibration des

30 dispositifs des figures 1 ou 4.

Dans les figures représentant différents modes de réalisation, les éléments identiques ou similaires portent, dans la mesure du possible, la même référence.

En référence à la figure 1, un dispositif 1 de réception comporte un étage d'entrée 3 analogique en radiofréquence connecté à un étage de conversion 5 en fréquence intermédiaire.

L'étage d'entrée 3 analogique comporte classiquement une antenne 7 de réception permettant de recueillir le signal radiofréquence. Puis ce signal est filtré dans un filtre passe-bande 9 dit de présélection dont la bande passante correspondant à la bande de fréquence du système. Le signal filtré est alors amplifié par un amplificateur 11 faible bruit avant d'entrer dans l'étage de conversion. Cet étage d'entrée utilise des technologies bien connues de l'homme du métier et ne sera donc pas décrit plus en détail.

L'étage de conversion en fréquence intermédiaire 5 comporte deux chaînes de conversion 13, 15 connectées en parallèle sur la sortie de l'étage d'entrée 3.

Chaque chaîne 13, 15 comporte un mélangeur 17, 19 relié à un oscillateur local 21, 23. Les oscillateurs locaux 21, 23 oscillent à des fréquences F_{lo1} et F_{lo2} . Les fréquences F_{lo1} et F_{lo2} sont légèrement différentes de façon à ce que le signal soit transposé à des fréquences intermédiaires $FI_1 = FI + \Delta f_1$ et $FI_2 = FI + \Delta f_2$, Δf_1 et Δf_2 étant différents.

Sur chaque chaîne 13, 15, en sortie du mélangeur 17, 19 sont disposés en série un amplificateur de fréquence intermédiaire 22, 24, un filtre passe-bande intermédiaire 25, 27 puis un convertisseur analogique-numérique 29, 31 à haute fréquence dont la sortie est connectée à un calculateur de traitement de signal classique (non représenté).

Les filtres intermédiaires 25, 27 sont des filtres passe-bande centrés autour de la fréquence intermédiaire FI avec une bande passante égale ou très légèrement supérieure à la largeur de bande du système, soit, dans notre exemple, environ 5MHz.

Chaque CAN 29, 31 est du type décrit précédemment, c'est-à-dire avec une fréquence d'échantillonnage Fa_1 , respectivement Fa_2 , par exemple d'environ 100MHz. L'homme du métier sait déterminer les fréquences d'échantillonnage et les fréquences intermédiaires qui permettent de respecter le théorème de Shannon, compte tenu de la bande utile du système. Ainsi, par exemple, pour une fréquence d'échantillonnage de 100MHz, une fréquence intermédiaire de 70 MHz et une bande utile du

système de 5 MHz, les conditions sont respectées : le signal utile numérisé sera centré autour de la fréquence -30 MHz (bande $[-32,5 ; -27,5]$ MHz) et n'interférera pas avec son image localisée autour de 30 MHz (bande $[27,5 ; 32,5]$ MHz).

5 Le fonctionnement d'une chaîne de conversion, par exemple la chaîne 13, est le suivant, figure 2.

Le mélangeur 17 transpose classiquement, étape 40, le signal radio d'entrée en un signal en fréquence intermédiaire FI_1 . Typiquement, alors que la fréquence radio de base est de l'ordre de 400 MHz, la fréquence FI_1 est
10 d'environ 70 MHz. Ainsi, dans notre exemple d'un signal ayant une bande de 5 MHz, chaque canal se trouvera à une fréquence FI_{canal} comprise entre $FI_1 - 2,5$ MHz et $FI_1 + 2,5$ MHz, la largeur du canal étant très faible par rapport à la largeur de bande.

L'amplificateur FI 22, étape 42, permet de redonner du gain et de
15 masquer la désadaptation hors bande présentée par le filtre intermédiaire 25, afin que le mélangeur travaille dans des conditions optimales. L'homme de métier sait d'ailleurs ajouter les éléments d'amplification et d'atténuation nécessaires à la bonne répartition des gains, où bon lui semble dans la chaîne.

20 Le filtre intermédiaire 25 élimine, étape 44, du signal en sortie de l'amplificateur 22 les harmoniques générées par les étapes précédentes et, en particulier, celle de transposition, qui se trouvent en dehors de la bande du système et qui ne peuvent que générer du bruit lors de l'échantillonnage.

Lors de la numérisation d'un signal à la fréquence FI , étape 46, le
25 CAN 29 génère des harmoniques H_k pour les raisons expliquées précédemment. La fréquence de chaque harmonique associée à un des signaux présents dans la bande passante du récepteur est un multiple de la fréquence dudit signal modulo la fréquence d'échantillonnage du CAN soit

$$H_k = k * (FI + \Delta f_{\text{canal}}) \text{ modulo } Fa_1.$$

30 Ainsi, pour chaque signal reçu, qu'il soit utile ou parasite, la fréquence de ces harmoniques dépend de la fréquence intermédiaire du signal et de la fréquence d'échantillonnage.

Comme il est bien connu, la puissance des harmoniques décroît rapidement avec l'ordre de celles-ci et donc, en pratique, seules les

premières harmoniques, doivent être éliminées du traitement car elles peuvent générer un bruit trop important.

Il est à noter, que pour un CAN particulier, il est possible de procéder à une caractérisation par analyse spectrale de façon à détecter les harmoniques suffisamment puissantes pour nuire au ratio signal/bruit.

Connaissant les fréquences intermédiaires des canaux utiles, et la population des harmoniques, on sélectionne alors un couple (fréquence intermédiaire F_I , fréquence d'échantillonnage F_a) de façon à ce que les fréquences H_k des harmoniques nuisibles se trouvent en dehors des fréquences des canaux utiles. En particulier, la sélection sera faite pour minimiser l'impact des harmoniques générées par des fréquences de brouillage connues comme les fréquences de réception de la station de base ou les fréquences de réception des stations de base adjacentes.

Ainsi, le ratio signal/bruit de chaque canal utile est maintenu supérieur à une valeur prédéterminée liée par exemple à la norme ou aux capacités de traitement de signal. Il est à noter que le décalage ne joue pas de façon égale pour toutes les fréquences à cause, en particulier, de la non-linéarité du CAN et des phénomènes de repliement. C'est ce décalage variable qui permet d'écarter les signaux parasites des signaux utiles par un choix judicieux des fréquences intermédiaires et d'échantillonnage.

Cependant, dans certaines circonstances, comme par exemple un environnement très bruité, il est possible qu'aucun couple F_I - F_a ne permette d'obtenir un bon ratio signal/bruit pour tous les canaux utiles.

L'utilisation d'une seconde chaîne de conversion permet alors, par la sélection d'un autre couple de valeurs (F_{I2} ; F_{a2}) d'obtenir un bon ratio signal/bruit pour les canaux qui sont bruités dans la première chaîne de conversion 13.

On comprend qu'il est ainsi possible de mettre en parallèle autant de chaînes de conversion que nécessaire pour que tous les signaux utiles soient obtenus avec un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée.

Il est ainsi avantageusement possible d'adapter la complexité du dispositif de réception, et donc son coût à l'environnement de travail de la station de base. Dans un environnement peu bruité et avec une faible utilisation de canaux, l'étage de transposition ne comportera qu'une seule

chaîne de conversion alors que dans un environnement bruité et avec l'utilisation de nombreux canaux, plusieurs chaînes de conversion seront utilisées.

Pour illustrer le fonctionnement du dispositif de réception, on suppose que, sur la bande du système F_B , coexistent quatre canaux utiles U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , Fig. 3A. L'environnement du dispositif est tel qu'il y a également deux fréquences de brouillage I_1 et I_2 . Par exemple, I_1 correspond à la fréquence d'une station adjacente et I_2 est un signal émis en direction d'une station de base appartenant à un autre système de transmission coexistant dans la même zone.

Après transposition et conversion numérique en utilisant un premier couple de fréquence-intermédiaire /fréquence d'échantillonnage, le spectre en sortie de convertisseur apparaît comme illustré Fig.3B.

On constate que l'harmonie H_{9U_3} correspondant à la 9^{ième} harmonique du signal utile U_3 se replie en partie sur le signal U_2 . Ce dernier n'est alors pas démodulable par la chaîne numérique de la station de base car le ratio signal/bruit minimal n'est pas satisfait. De même H_{3I_2} correspondant à la troisième harmonique du signal I_2 masque totalement le signal U_4 qu'il n'est pas possible de démoduler. Par contre, la cinquième harmonique H_{5I_1} du signal I_1 ne pose pas de problème car elle est suffisamment éloignée des signaux utiles U_2 et U_3 .

En modifiant le couple fréquence intermédiaire/fréquence d'échantillonnage, Fig. 3C, le spectre de fréquence se modifie. La cinquième harmonique H_{5I_1} se replie en partie sur le signal utile U_1 . Ce dernier n'est alors plus démodulable car le ratio signal /bruit minimal n'est pas atteint.

La cinquième harmonique H_{3I_2} se replie sur le brouilleur I_1 mais cela ne pose pas de problème puisque I_1 n'est pas un signal utile.

De même la neuvième harmonique H_{9U_3} du signal U_3 ne pose pas de problème car elle est écartée des fréquences U_3 et U_4 .

Ainsi, en supposant que la Fig. 3B représente la sortie de la première chaîne de conversion et que la Fig. 3C représente la sortie de la seconde chaîne de conversion, on constate qu'il est possible de démoduler U_1 sur la première chaîne de conversion, U_2 et U_4 sur la seconde chaîne de conversion

et U_3 sur l'une ou l'autre ou, plus avantageusement en combinant le résultat des deux voies.

Dans un second mode de réalisation, figure 4, la station de base fonctionne en diversité d'antennes. Le dispositif de réception 40 comporte au
5 niveau de l'étage d'entrée deux chaînes de réception 42, 44 analogiques similaires à l'étage d'entrée 3 du premier mode de réalisation et un étage de conversion 46 comportant deux chaînes de conversion 50, 52 identiques aux chaînes de conversion 13, 15 du premier mode de réalisation, chacune étant connectée en sortie d'une des chaînes de réception 42, 44. Ainsi,
10 contrairement au premier mode de réalisation où deux chaînes de conversion sont connectées en parallèle à la sortie d'un étage d'entrée, le second mode de réalisation comporte deux ensembles distincts composés chacun d'une antenne, d'une chaîne de réception et d'une chaîne de conversion.

Le choix du couple (FI, Fa) de chaque chaîne de conversion est
15 réalisé comme dans le premier mode de réalisation.

Ce mode de réalisation profite des avantages bien connus liés à la diversité d'antenne tels que la robustesse aux chemins multiples, etc.

Ainsi, dans ce mode de réalisation, l'exemple illustré aux FIG. 3A, 3B et 3C montre que le signal U_3 peut avantageusement tirer profit du gain de la
20 diversité d'antenne.

Il est à noter que, dans ce mode de réalisation, il y a autant de dispositifs de réception que d'antennes et qu'il n'est pas limité à deux, ce qui peut permettre de conserver la diversité d'antenne sur un maximum de canaux utiles.

25 Ce mode de réalisation permet une utilisation optimale des composants du dispositif de réception en combinant les avantages de la diversité d'antenne avec ceux décrits ci-dessus de diversification du couple fréquence intermédiaire-fréquence d'échantillonnage.

Lors de l'installation d'une station de base comportant un tel dispositif
30 de réception, il est donc nécessaire de calibrer le dispositif en sélectionnant les couples fréquence intermédiaire/fréquence d'échantillonnage appropriés à l'environnement de la station de base, Fig. 5.

Pour cela, le spectre de sortie de chaque convertisseur analogique-numérique est caractérisé, étape 50, pour déterminer les harmoniques

principales générées par des signaux ayant une fréquence dans la bande intermédiaire considérée.

Puis, les positions relatives des signaux utiles et des signaux brouilleurs sont déterminées, étape 52, pour cette station de base.

5 Pour une première chaîne de conversion, le couple fréquence d'échantillonnage-fréquence intermédiaire est sélectionné, étape 54, de façon à ce qu'au moins un signal utile ait un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée en sortie de la chaîne de conversion.

10 On examine alors, étape 56, s'il reste au moins un signal utile ayant un ratio signal/bruit inférieur à la valeur prédéterminée. Si c'est le cas, l'étape 54 est réexécutée avec une autre chaîne de conversion et ceci, jusqu'à ce que tous les signaux aient un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée en sortie d'au moins une chaîne de conversion.

15 L'invention a été illustrée et décrite en détail dans les dessins et la description précédente. Celle-ci doit être considérée comme illustrative et donnée à titre d'exemple et non comme limitant l'invention à cette seule description. De nombreuses variantes de réalisation sont possibles, le cas général étant avec N chaînes radio, chacune suivie d'un certain nombre de chaînes de conversion en fréquence intermédiaire.

20 Il est particulièrement avantageux d'utiliser pour toutes les chaînes de conversion un même modèle de CAN et d'avoir une fréquence d'échantillonnage unique pour toutes les chaînes de conversion. Ainsi, le traitement numérique en aval est fortement simplifié car il ne se base alors que sur une seule fréquence d'horloge. Dans le cas contraire, il devient
25 nécessaire de prévoir des moyens de synchronisation et de normalisation de fréquence d'échantillonnage pour pouvoir, lors des traitements numériques, combiner les flux provenant des différentes chaînes de conversion ou, ce qui est équivalent en terme de complexité, prévoir des chaînes de traitement numériques spécifiques à chaque chaîne de conversion, chaque chaîne
30 numérique ayant sa propre fréquence.

Les différences entre les chaînes de conversion portent alors sur les variations Δf de la fréquence intermédiaire. Celles-ci sont sélectionnées de préférence dans une plage de fréquence telle que le filtre intermédiaire est du même type pour toutes les chaînes de conversion (Δf très petit devant la

bande passante du filtre). Ainsi seuls les oscillateurs locaux doivent être différenciés pour générer des fréquences différentes. Ce qui permet avantageusement de standardiser les composants utilisés par les chaînes de conversion sur une seule gamme.

5 Les variations Δf sont avantageusement choisies pour être des multiples d'une fréquence prédéterminée et préférentiellement, des multiples de l'espacement entre canaux. Ainsi, le traitement numérique est facilement transposable entre les différentes chaînes de conversion par une simple modification du numéro de canal à démoduler. En particulier, lorsque la
10 variation Δf est telle que la fréquence d'un signal utile F_{sig_1} dans une première chaîne de conversion est égale à la fréquence d'un second signal utile F_{sig_2} dans une seconde chaîne de conversion, le traitement numérique du premier signal utile sera avantageusement identique au traitement numérique du second signal utile.

15 Il est également possible de modifier dynamiquement les valeurs de la fréquence intermédiaire en utilisant un oscillateur local programmable. Ceci permet avantageusement d'adapter le dispositif de réception à la présence de nouveaux signaux brouilleurs.

Le procédé de calibration décrit en relation avec la Fig. 5 est
20 adaptable, en répétant les étapes 54 et 56, de façon à optimiser au moins un des critères suivants :

- a) minimisation du nombre de signaux utiles ayant un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée sur seulement une des chaînes de conversion ;
- 25 b) minimisation du nombre de chaînes de conversion nécessaire pour traiter l'ensemble des signaux utiles ; et/ou
- c) maximisation du nombre de signaux utiles ayant un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée sur l'ensemble des chaînes de conversion.

30 Le critère b) est utilisé avantageusement dans un but d'économie en réduisant le nombre de chaînes de conversion nécessaire alors que les critères a) et c) sont particulièrement intéressants dans une station de base en diversité d'antenne puisqu'ils permettent d'avoir un maximum de canaux

dans lesquels au moins deux signaux sont disponibles pour effectuer des calculs en diversité d'antenne.

L'homme de l'art n'aura aucune difficulté à étendre le principe de cette invention au cas des récepteurs à architecture IQ comportant deux
5 convertisseurs analogiques-numériques en quadrature, ces derniers étant potentiellement sur une fréquence intermédiaire nulle ou proche de zéro.

Dans les revendications, le mot « comprenant » n'exclut pas d'autres éléments et l'article indéfini « un/une » n'exclut pas une pluralité.

REVENDEICATIONS

1. Dispositif de réception d'un signal radiofréquence large bande multicanaux comportant un étage d'entrée (3) analogique en radiofréquence
5 connecté à un étage de conversion(5) en fréquence intermédiaire, le dit étage de conversion comportant au moins une chaîne de conversion (13, 15) comportant un mélangeur (17, 19) de fréquence transposant le signal à une fréquence intermédiaire connecté à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique (29, 31) ayant une haute fréquence d'échantillonnage, caractérisé
10 en ce que la fréquence intermédiaire et la fréquence d'échantillonnage de chaque chaîne de conversion sont sélectionnées de telle sorte que, en considérant le bruit généré par les harmoniques d'échantillonnage du convertisseur analogique-numérique correspondant, chacun des canaux du signal radiofréquence ait un ratio signal/bruit supérieur à une valeur
15 prédéterminée en sortie d'au moins une chaîne de conversion.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'étage de conversion comporte au moins deux chaînes de conversion, chaque chaîne de conversion ayant un couple fréquence intermédiaire/fréquence
20 d'échantillonnage différent des autres chaînes de conversion.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que les fréquences d'échantillonnage des convertisseurs analogiques-numériques sont identiques et les fréquences intermédiaires différentes pour toutes les
25 chaînes de conversion.

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que l'espacement des fréquences intermédiaires est un multiple d'une fréquence prédéterminée.
30

5. Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que la fréquence prédéterminée est égale à l'espacement entre canaux.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'étage d'entrée comporte plusieurs chaînes de réception comportant chacune une antenne et travaillant en diversité d'antenne de telle sorte qu'à chaque chaîne de réception est connectée en série au moins une chaîne de conversion.

5

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'à chaque chaîne de réception est connectée en série une et une seule chaîne de conversion.

10

8. Station de base d'un réseau de télécommunication hertzien, caractérisé en ce qu'elle comporte un dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 7.

15

9. Station de base selon la revendication 8, caractérisé en ce que la sélection des fréquences d'échantillonnage et de transposition est réalisée pour augmenter le ratio signal/bruit compte tenu des signaux d'harmoniques provenant des fréquences des canaux internes à la station de base ou utilisés par des stations de base adjacentes.

20

10. Procédé de calibration d'un dispositif de réception selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes de :

a) caractérisation spectrale (50) de chaque convertisseur analogique-numérique adaptée pour déterminer les harmoniques principales générées par des signaux ayant une fréquence dans la bande intermédiaire considérée,

25

b) détermination (52) des positions relatives dans la bande du système des signaux utiles et des signaux brouilleurs,

c) sélection (54) pour une première chaîne de conversion d'un couple fréquence intermédiaire-fréquence d'échantillonnage tel qu'au moins un signal utile a un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée en sortie de la chaîne de conversion,

30

d) si au moins un signal utile a un ratio signal/bruit inférieur à la valeur prédéterminée (56), réexécution de l'étape c) avec une autre chaîne de

conversion et un autre couple fréquence intermédiaire-fréquence d'échantillonnage de sorte que ce signal utile ait un ratio signal/bruit supérieur à la valeur prédéterminée en sortie de cette chaîne.

- 5 11) Procédé selon la revendication 10, caractérisé en ce que les étapes c) et d) sont réitérées pour optimiser au moins un des critères suivants :
- 10 ○ minimiser le nombre de signaux utiles ayant un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée sur seulement une des chaînes de conversion ;
 - minimiser le nombre de chaîne de conversion nécessaire pour traiter l'ensemble des signaux utiles ; et/ou
 - maximiser le nombre de signaux utiles ayant un ratio signal/bruit supérieur à une valeur prédéterminée sur l'ensemble des chaînes de
 - 15 conversion.

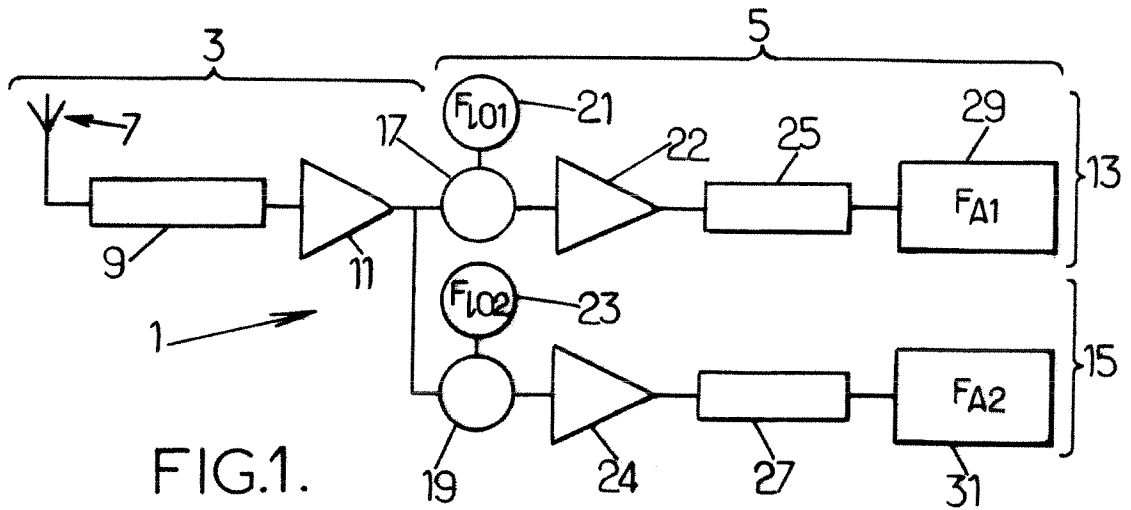


FIG.1.

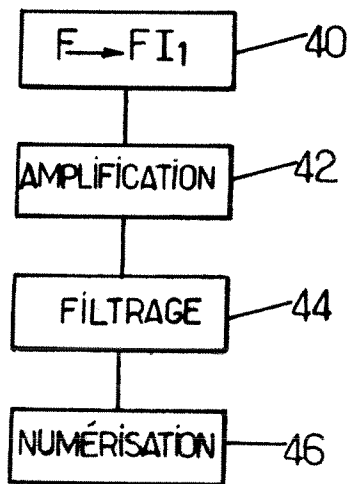


FIG.2.

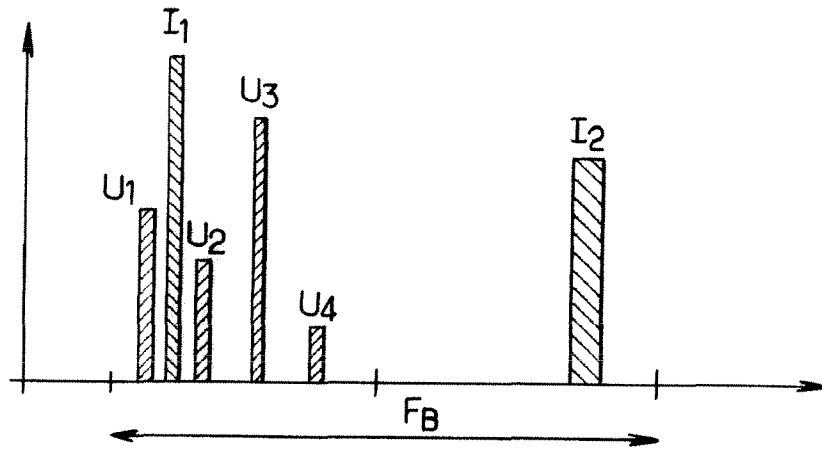


FIG.3A.

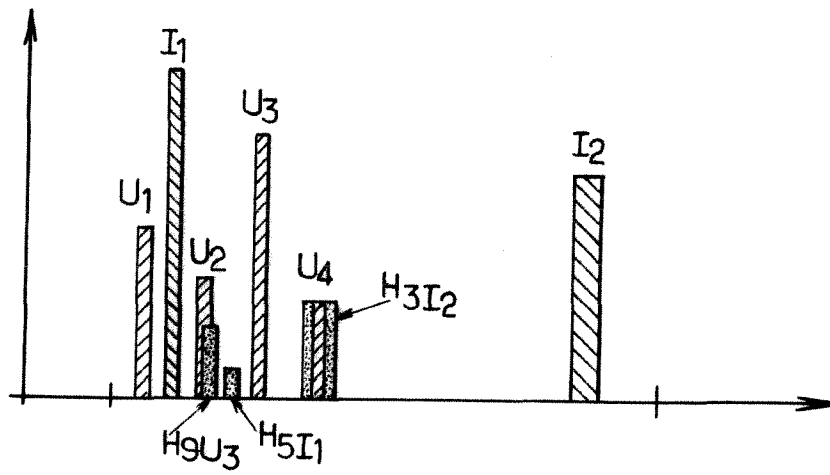


FIG.3B.

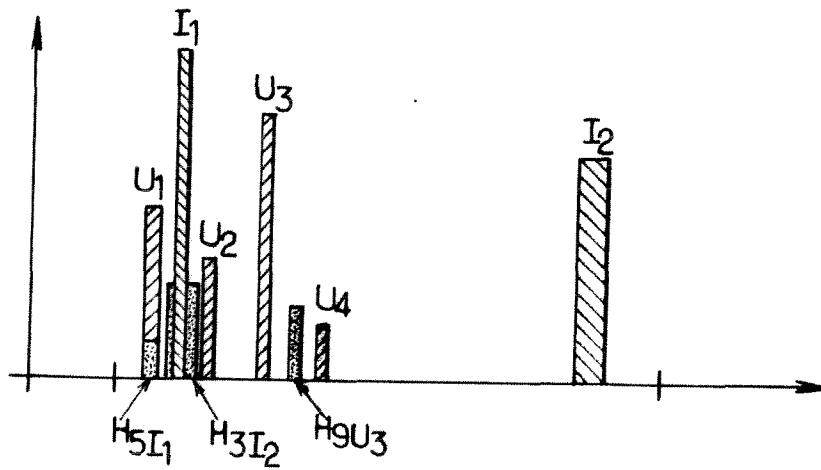


FIG.3C.

FIG.4.

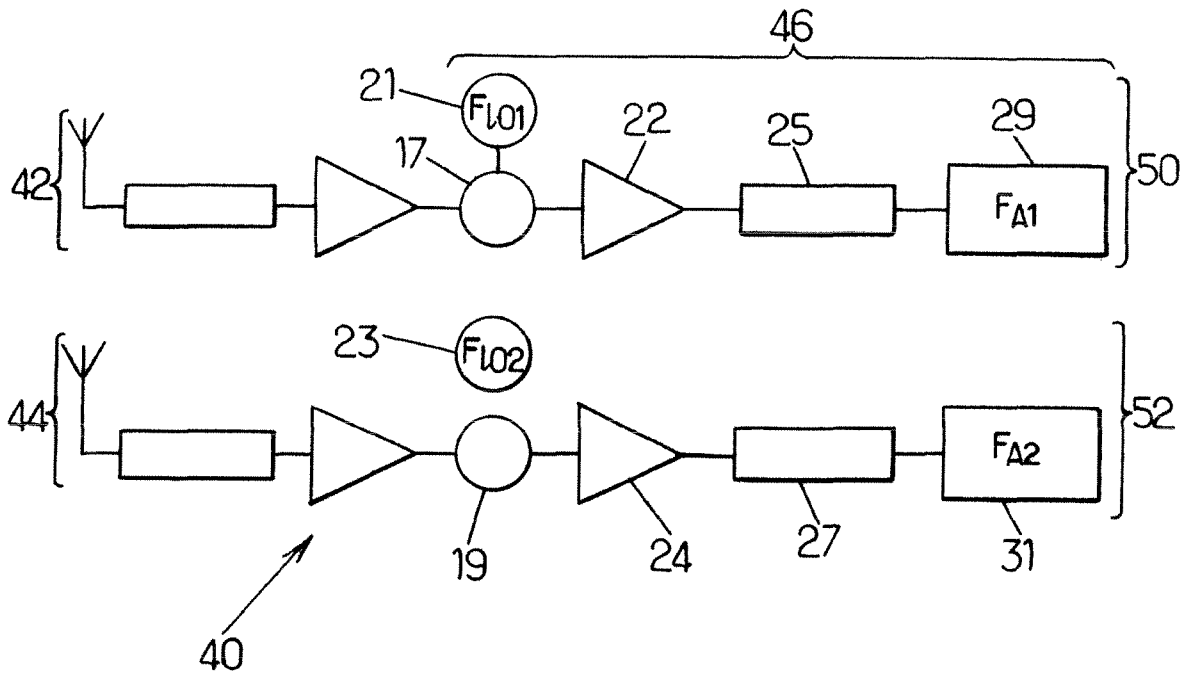


FIG.5.

