



(51) Classification internationale des brevets :
H04B 1/10 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/003293

(22) Date de dépôt international :
9 décembre 2014 (09.12.2014)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
62/008,042 5 juin 2014 (05.06.2014) US

(71) Déposants : CONTINENTAL AUTOMOTIVE
FRANCE [FR/FR]; Intellectual Property, 1, Avenue Paul
Ourliac, F-31100 Toulouse (FR). CONTINENTAL AU-
TOMOTIVE GMBH [DE/DE]; Vahrenwalder Straße 9,
30165 Hannover (DE).

(72) Inventeur : POTEREAU, Cyrille; 7, rue des Genêts d'Or,
F-78730 Saint Arnoult en Yvelines (FR).

(74) Représentant commun : CONTINENTAL AUTOMO-
TIVE FRANCE; Intellectual Property, 1, Avenue Paul
Ourliac, F-31100 Toulouse (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, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, 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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR,
KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM,
PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC,
SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, 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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), européen (AL, 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, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : SELECTIVE UPSTREAM ASYMMETRIC FILTERING BY FREQUENCY MODULATION

(54) Titre : FILTRAGE SELECTIF AMONT ASYMETRIQUE EN MODULATION DE FREQUENCE

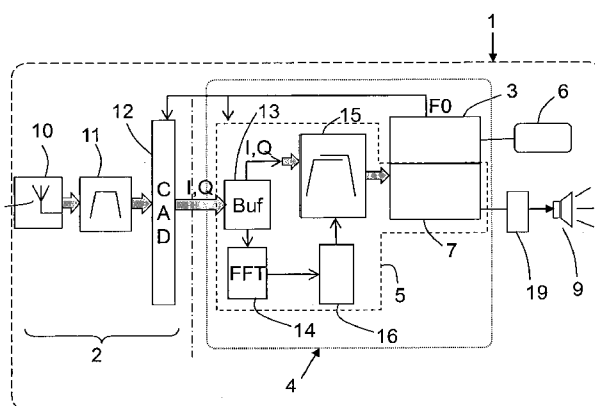


Figure 2

(57) Abstract : A method for selective dynamic filtering of channels in the FM band, the method comprising the steps: /a/ selecting a first frequency channel (F0) carrying signals from a station of interest, /b1/ applying an input filter (11) centred on the first frequency channel to the received signals, performing a transposition into a baseband and digitizing (12) the filtered signal, /b2/ applying a Fourier transform (14) and searching for a crossover frequency (FC) in the curve forming the result of the Fourier transform, /c/ applying a selective asymmetric filter (15) to the digitized signals, the filter having one of the two limits (FW) thereof deduced from the crossover frequency (FC), the other of the two limits thereof being left at a default value further away from the frequency of the frequency channel (F0), /d/ continuously repeating steps /b1/ /b2/ and /c/ until a change of frequency channel occurs.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



Procédé de filtrage sélectif dynamique des canaux dans la bande FM, le procédé comprenant les étapes : /a/ sélectionner un premier canal fréquentiel (F0) portant des signaux d'une station d'intérêt, /b1/ appliquer aux signaux reçus un filtre d'entrée (11) centré sur le premier canal fréquentiel, opérer une transposition en bande de base, et numériser (12) le signal filtré, /b2/ appliquer une transformée de Fourier (14), et rechercher dans la courbe formant le résultat de la transformée de Fourier, une fréquence de croisement (FC), /c/ appliquer aux signaux numérisés un filtre sélectif asymétrique (15), le filtre ayant une de ses deux bornes (FW) déduite de la fréquence de croisement (FC), l'autre de ses deux bornes étant laissée à une valeur par défaut plus éloignée de la fréquence du canal fréquentiel (F0), /d/ répéter continuellement les étapes /b1/ /b2/ et /c/ jusqu'à un changement de canal fréquentiel.

Filtrage sélectif amont asymétrique en modulation de fréquence

La présente invention est relative aux systèmes audio pour véhicule et particulièrement aux procédés de filtrage pour le filtrage sélectif dynamique de canaux de diffusion en modulation de fréquence (FM).

Plus précisément, on s'intéresse aux systèmes audio capables de recevoir et
5 démoduler des ondes électromagnétiques diffusant des programmes radiophoniques sur la modulation de fréquence.

Sur la bande de la modulation de fréquence, on peut trouver couramment des canaux utiles séparés de 200 kHz ou 300 kHz en terme de fréquence porteuse, mais il arrive aussi que deux canaux adjacents aient des fréquences porteuses séparées
10 seulement par 100 kHz, ce qui pose un problème de discrimination et de filtrage sélectif pour focaliser la réception sur un des canaux et rejeter les signaux de l'autre canal.

Dans les systèmes connus, on applique un filtre d'entrée plus ou moins étroit en fonction des conditions de réception qui sont estimées après démodulation, c'est-à-dire sur la qualité audio ; la largeur du filtre est donc pilotée par une boucle de rétroaction.

15 Mais il se trouve que cette boucle de rétroaction peut introduire des instabilités inutiles, voire néfastes, dans le système, notamment en cas de changements de contenu FM et/ou de présence de canaux adjacents ou divers perturbateurs électromagnétiques et/ou de changements de conditions de réception.

Il est donc apparu un besoin de proposer une solution plus performante pour
20 filtrer sélectivement les signaux d'entrée, afin d'assurer une réception optimisée du canal d'intérêt même avec un canal adjacent proche.

Selon l'invention, il est proposé un procédé de filtrage sélectif dynamique d'ondes électromagnétiques diffusant des programmes radiophoniques sur la modulation de fréquence, le procédé comprenant les étapes :

- 25 /a/ sélectionner un premier canal fréquentiel (F0) portant des signaux d'une station d'intérêt destinée à être écoutée,
- /b1/ appliquer aux signaux reçus un filtre d'entrée centré sur le premier canal fréquentiel, opérer une transposition en bande de base, et numériser le signal filtré,
- 30 /b2/ appliquer une transformée de Fourier et rechercher dans la courbe formant le résultat de la transformée de Fourier, une fréquence de croisement (FC), définie comme l'abscisse du minimum local de la courbe le plus proche de la porteuse centrale d'intérêt,
- /c/ appliquer aux signaux numérisés un filtre sélectif asymétrique de part et
35 d'autre du premier canal fréquentiel, le filtre ayant une de ses deux bornes (FW) déduite de la fréquence de croisement, à savoir $FW = FC \pm FH$,

FH étant une valeur de correction comprise entre 0 kHz et 40 kHz, l'autre de ses bornes étant laissée à une valeur par défaut plus éloignée de F0,

/d/ répéter continuellement les étapes /b1/ /b2/ et /c/, jusqu'à un changement de canal fréquentiel.

5 La détection d'un tel minimum local permet d'identifier le passage du canal d'intérêt à un autre canal adjacent perturbateur, et permet de déterminer si ce canal adjacent est au-dessus ou au-dessous du canal d'intérêt. Moyennant quoi on peut appliquer un filtrage asymétrique pour éliminer d'un côté ce canal adjacent perturbateur et conserver une largeur suffisante de l'autre côté.

10 On obtient ainsi des signaux audio démodulés qui reproduisent les signaux diffusés par le premier canal d'intérêt en annulant ou limitant fortement les perturbations induites par la présence d'un second canal adjacent perturbateur, ou la présence d'interférences en dehors du contenu audio.

On note aussi que, grâce à la transposition vers la bande de base, tous les
15 traitements numériques se font avantageusement dans la bande de base, assez facilement.

Dans divers modes de réalisation de la méthode selon l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou à l'autre des dispositions suivantes :

- 20 • Le filtre numérique asymétrique est avantageusement un filtre complexe, à savoir à coefficients complexes, traitant simultanément une partie réelle et une partie imaginaire de l'enveloppe complexe des signaux numérisés. Moyennant quoi, en fonction des coefficients réel et imaginaire du filtre on peut rendre le filtre asymétrique par rapport à la fréquence centrale d'intérêt F0.
- 25 • Le filtre à coefficients complexes permet de définir une borne supérieure du filtre et une borne inférieure du filtre, lesdites bornes étant définies indépendamment l'une de l'autre et non pas nécessairement symétriques par rapport à la fréquence d'intérêt. On peut ainsi ajuster indépendamment la borne inférieure et la borne supérieure du filtre numérique de manière à réagir sélectivement à la
30 présence d'un canal perturbateur d'un seul des deux côtés de la fréquence d'intérêt.
- 35 • La détection d'un tel minimum local peut être symptomatique de la présence d'un second canal perturbateur ayant une fréquence porteuse décalée de 100 kHz par rapport à la fréquence porteuse du canal d'intérêt ; moyennant quoi le procédé proposé permet de discriminer deux canaux très proches, de façon plus efficace que les systèmes de l'art antérieur, notamment à rétroaction.

- La numérisation et la transformée de Fourier sont de préférence répétées au moins toutes les 500 μ s. On dispose ainsi de moyens de décision rapides de manière à ajuster la décision de façon très dynamique.
 - 5 • Le filtre d'entrée présente une largeur d'environ 300 kHz. Ceci permet d'éliminer avantageusement en amont tous les canaux dont la porteuse est séparée de 200 kHz ou plus de la porteuse de la fréquence d'intérêt.
 - 10 • La valeur de la borne contrainte du filtre numérique asymétrique est réajustée à une cadence identique à la fréquence de récurrence des étapes /b1/, /b2/ et /c/, de préférence supérieure à 1 kHz. De sorte que le filtre peut être resserré si le contenu audio présente peu d'excursion ou si un canal adjacent est détecté et le filtre peut être élargi si le contenu audio est plus fourni et sans canal adjacent potentiellement perturbateur.
 - 15 • Le minimum local le plus proche est de préférence déterminé en calculant la dérivée de la courbe formant la transformée de Fourier et en identifiant les points où cette dérivée s'annule et en retenant le point le plus proche de la porteuse du canal d'intérêt. Ce qui représente un traitement mathématique bien maîtrisé et facile à mettre en œuvre.
 - 20 • La valeur de correction FH peut être choisie en fonction de la valeur de la dérivée seconde au point du minimum local. On peut ainsi ajuster la fréquence de coupure du filtre numérique en fonction de la puissance du canal adjacent perturbateur, qui est d'autant plus grande que la dérivée seconde est élevée.
 - 25 • On peut prévoir un lissage temporel et/ou un filtre passe-bas numérique concernant le mécanisme d'ajustement de la borne contrainte du filtre ; moyennant quoi l'ajustement, bien que rapide, ne comporte pas de saut.
- 25 L'invention vise aussi un système audio capable de recevoir et de démoduler des ondes électromagnétiques diffusant des programmes radiophoniques sur la modulation de fréquence, remarquable en ce qu'il est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des caractéristiques précédentes ; un tel système présente les avantages énoncés ci-dessus.
- 30 D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante d'un de ses modes de réalisation, donné à titre d'exemple non limitatif. L'invention sera également mieux comprise en regard des dessins joints sur lesquels :
- la **figure 1** représente schématiquement un spectre électromagnétique
 - 35 partiel dans la bande FM et son évolution au cours du temps, avec un canal d'intérêt et un canal adjacent potentiellement perturbateur,

- la **figure 2** représente un schéma bloc d'un système audio selon l'invention,
- la **figure 3** représente schématiquement un spectre électromagnétique, transposé de celui de la **figure 1** vers la bande de base,
- 5 – la **figure 4** illustre différents cas de figure de la courbe spectrale issue de la transformée de Fourier, notamment ses variations au cours du temps,
- la **figure 5** représente schématiquement les contenus audio respectifs du canal d'intérêt et des canaux adjacents potentiellement perturbateurs, au cours du temps,
- 10 – la **figure 6** illustre un cas de figure où le filtre à coefficients complexes opère un filtrage asymétrique.

Sur les différentes figures, les mêmes références désignent des éléments identiques ou similaires.

Les **figures 1 et 2** illustrent un système audio 1 pour véhicule, aussi appelé autoradio, capable de recevoir et démoduler des ondes électromagnétiques diffusant des programmes radiophoniques sur la bande FM (« modulation de fréquence »). S'agissant des programmes radiophoniques, comme connu en soi, le principe de la modulation de fréquence est basé sur l'utilisation d'une excursion de fréquence par rapport à une fréquence porteuse (F_0) pour encoder les signaux audio à diffuser. L'excursion de fréquence est proportionnelle au signal audio encodeur.

Une pluralité de canaux peut être diffusée sur la totalité de la bande FM (88 MHz - 108 MHz dans beaucoup de pays, 76 MHz – 90 MHz au Japon).

Chaque canal présente typiquement une largeur de bande utile d'environ 240 kHz, c'est-à-dire ± 120 kHz autour de la porteuse ; ceci correspond à un spectre audio composite de départ (bande de base Mono + Stéréo + RDS) borné par 60 kHz, modulant la porteuse en fonction de son amplitude et de son contenu spectral pour donner un canal d'au plus 240 kHz de large.

On comprend dès lors que, lorsque deux canaux ne sont séparés, en termes de fréquence porteuse F_0 , que par 100 kHz, il peut y avoir un léger chevauchement des signaux sur le spectre, problème auquel la présente invention s'attache à apporter une solution.

Dans la suite du présent document, la fréquence F_0 désignera la fréquence porteuse d'un premier canal, aussi appelé canal d'intérêt, que l'utilisateur du système audio a sélectionné, cet utilisateur souhaitant écouter le programme radiophonique diffusé par ce premier canal à fréquence porteuse F_0 . On remarque que le contenu spectral de ce premier canal évolue avec le temps, principalement en raison du contenu audio modulant qui évolue lui aussi avec le temps.

Le spectre n'est pas toujours centré sur F0, et notamment le lieu du maximum 71 se déplace autour de F0 en permanence en fonction du contenu audio.

La **figure 1** illustre l'évolution du contenu spectral du canal d'intérêt de porteuse F0 ainsi que le contenu spectral d'un second canal F2, que l'on appellera ici
 5 canal perturbateur. Le second canal présente une fréquence porteuse F2 peu éloignée de la fréquence porteuse F0, par exemple l'écart peut être de 100 kHz. Le canal perturbateur peut être situé soit au-dessus (comme illustré), soit au-dessous de la fréquence du premier canal F0. Le contenu spectral du second canal évolue lui aussi avec le temps de manière indépendante du contenu spectral du premier canal.

10 Sur la **figure 2**, le système audio 1 comprend une partie frontale analogique 2, une partie centrale numérique 4 avec une unité de commande logique 3 (cœur de commande logique), un démodulateur 7 et une partie aval analogique avec un amplificateur 19 et des haut-parleurs 9. Par ailleurs, le système audio comprend une interface utilisateur 6 avec un écran d'affichage et une surface tactile ou des boutons
 15 physiques (non représentés) ; ce qui permet à l'utilisateur de choisir la station/le canal d'intérêt.

Les signaux électromagnétiques sont reçus par un dispositif d'antenne 10, les signaux sont ensuite filtrés par un filtre d'entrée 11. Les signaux issus du filtrage sont ensuite numérisés par un convertisseur analogique digital 12.

20 La poursuite du traitement du signal est réalisée par des opérations numériques, notamment une mise en mémoire de données dans une mémoire tampon 13.

Avantageusement, l'opération de numérisation est effectuée en bande de base et comporte une opération de détermination de l'enveloppe complexe du signal
 25 modulé ramené en bande de base par la transposition -F0. Cette enveloppe complexe comporte une partie de signaux réels notée I (composante en phase, « In phase » en anglais) et une partie de signaux imaginaires notée Q (composante en « Quadrature ») ; la partie de signaux imaginaires Q étant l'image de la portion de spectre située à gauche de 0 ; la partie de signaux réels I est l'image de la portion de spectre située à droite de 0.

30 On peut représenter l'enveloppe complexe du signal modulé ramené en bande de base par $X = I + jQ$, j étant le nombre complexe dont le carré vaut -1.

Un filtre complexe 15, à savoir à coefficients complexes, peut s'écrire sous la forme $F = C + jD$.

L'opération de filtrage complexe consiste à faire le produit du signal enveloppe
 35 par le filtre à savoir :

$$Y = F \times X = (I + jQ) \times (C + jD) = IC - QD + j(ID + QC)$$

À partir des données mises en mémoire tampon (I et Q), il est procédé à une analyse de transformée de Fourier 14 qui donne en sortie une courbe de densité spectrale de puissance dont il sera question en détail plus loin. Par ailleurs, les données mises en mémoire tampon font l'objet d'un filtrage numérique par le filtre numérique 15
5 ayant des bornes programmables grâce au paramétrage du filtre numérique complexe.

Les valeurs respectives des borne inférieure FB1 et borne supérieure FB2 sont déterminées par les valeurs C et D filtre 15 déterminées en temps réel par la détection ou non d'un canal perturbateur adjacent.

Un bloc de contrôle 16 du filtrage numérique est en particulier en charge de
10 commander, en fonction de l'analyse du contenu de la courbe de densité spectrale de puissance, la valeur des coefficients C et D du filtre numérique complexe, desquelles résultent les bornes inférieure FB1 et supérieure FB2, comme expliqué ci-dessus.

Tout ou partie des opérations de mise en mémoire tampon, transformée de Fourier, filtrage numérique et démodulation peuvent être effectués par un circuit dédié de
15 type DSP 5 (« DSP » étant la contraction du terme anglais « Digital Signal Processor », c'est-à-dire un processeur de signal numérique).

On remarque que le filtrage d'entrée 11 présente une largeur de l'ordre de 200 à 300 kHz centré sur F0, ce qui permet d'éliminer les signaux provenant des canaux éloignés de F0, mais ne permet pas d'éliminer correctement les signaux d'un canal
20 adjacent proche dont la densité spectrale peut déborder à l'intérieur du filtre d'entrée.

Comme illustré à la **figure 3**, dans le cas de figure où le second canal F2 potentiellement perturbateur présente une porteuse décalée à 100 kHz de F0, il existe un point de croisement noté FC au niveau duquel la densité spectrale de puissance de chaque canal se trouve au même niveau, à l'endroit où les courbes se croisent.

25 Les signaux en aval du filtrage d'entrée, après numérisation et transposition spectrale, puis traitement par transformée de Fourier sont illustrés à la **figure 4**.

Il faut comprendre que concernant les **figures 3 et 4**, elles illustrent le traitement en bande de base c'est-à-dire après transposition de fréquence de $-F_0$.

L'effet de la présence du second canal perturbateur F2 se manifeste par une
30 remontée locale de la densité spectrale à droite du point noté « FC+ » référence 92b.

L'analyse de la courbe de densité spectrale en sortie du bloc 14 permet d'identifier des minimums locaux, et en particulier d'identifier le minimum local le plus proche de la fréquence centrale d'intérêt.

Grâce à la détermination de FC, le bloc de commande du filtre 16 applique un
35 filtre numérique sélectif avec des valeurs de coefficients C et D en conséquence. L'une des bornes inférieure FB1 et supérieure FB2 peut être contrainte FW (plus proche de F0),

tandis que l'autre borne est laissée à une valeur par défaut plus éloignée de F0 (cf. **figure 6**).

Avantageusement le filtrage numérique est asymétrique, car dans la majorité des cas pratiques, il n'y a qu'un seul canal perturbateur potentiel à proximité du canal F0 ;
5 ce perturbateur peut être à gauche (fréquence inférieure) à droite (fréquence supérieure) par rapport à F0.

On peut choisir une borne du côté du signal perturbateur par exemple égale à $FC \pm FH$, FH étant une valeur de correction comprise entre 0 kHz et 40 kHz, FH pouvant être un décalage paramétré faisant l'objet d'un mécanisme d'apprentissage, et/ou de
10 corrélation par rapport à la valeur de la dérivée seconde de la courbe spectrale issue de la transformée de Fourier.

Si aucun minimum n'est identifié, comme par exemple en cas de la courbe 93 sur la **figure 4**, les coefficients complexes C, D du filtre et par conséquent les bornes du filtre numérique pourront alors être déduite du contenu spectral du canal d'intérêt, comme
15 cela sera détaillé plus loin.

Sur la **figure 4**, en trait mixte, dans le cas de la courbe 91, le minimum local le plus proche de la fréquence centrale noté FC- référence 91b, se situe à gauche de cette dernière. Dans ce cas, la courbe présente également un maximum local c'est-à-dire une bosse 91a symptomatique de la présence d'un canal adjacent à gauche (cf. **figure 5**).

20 De même, dans le cas de courbe 92, on trouve un maximum local 92a à droite du minimum local 92b.

La détection d'un minimum local est obtenue en calculant la dérivée de la courbe spectrale et en recherchant les racines c'est-à-dire les lieux où cette dérivée s'annule. De plus, on calcule la dérivée seconde, un minimum étant caractérisé par une
25 valeur positive de la dérivée seconde à l'endroit où la dérivée primaire s'annule.

On remarque que généralement la hauteur de la bosse latérale sera liée à la valeur de la dérivée seconde, et la valeur de correction FH peut être obtenue comme une fonction de la valeur de la dérivée seconde à l'endroit le plus proche de la fréquence.

Le mécanisme décrit plus haut est sans cesse répété ce qui conduit à une
30 prise de décision dynamique. La fréquence de récurrence est au moins égale à 1 kHz de préférence.

Typiquement, la numérisation et la transformée de Fourier sont répétées au moins toutes les 500 μ s.

Comme ceci est illustré à la **figure 5**, le contenu spectral 70 du canal
35 d'intérêt F0 évolue avec le temps, ainsi que le contenu spectral 72 d'un éventuel second canal, perturbateur F2 représenté en traits pointillés en partie basse de la figure, et le contenu spectral 74 d'un éventuel troisième canal, perturbateur, F3 représenté en traits

pointillés sur la partie haute de la figure. Les références 71, 73 et 75 désignent respectivement le lieu des fréquences de densité spectrale maximum qui évoluent elles aussi avec le temps.

Pendant la première période de temps illustrée 81, la courbe de densité spectrale issue de la transformée de Fourier ne révèle pas de minimum et par conséquent le filtrage numérique est opéré avec une largeur et des bornes [FB1 - FB2] de valeur par défaut par exemple 100 kHz de large.

Au début de la seconde période de temps illustrée 82, l'analyse de la courbe spectrale permet d'identifier un minimum local FC induit par la présence du canal adjacent F2 à droite dont le contenu spectral s'est rapproché de la fréquence centrale d'intérêt F0.

La borne supérieure FB2 du filtre numérique 15 est alors réduite progressivement vers une valeur contrainte FW plus proche de F0 au fur et à mesure que l'interférence entre les deux canaux augmente. Pendant ce temps, la borne inférieure FB1 ne change pas ; c'est donc uniquement le filtre 15I qui voit sa borne ajustée par le bloc de commande 16.

Au début de la troisième période de temps illustrée 83, la borne supérieure FB2 du filtre numérique 15 est à nouveau augmentée au fur et à mesure que l'interférence entre les deux canaux F0, F2 diminue.

A la quatrième période de temps illustrée 84, en l'absence de détection d'un minimum local dans la courbe spectrale, on retrouve progressivement les bornes inférieure FB1 et supérieure FB2 par défaut. Dans l'exemple illustré, le second canal F2 disparaît.

Au cours d'une période de temps ultérieure 85, il apparaît un autre canal perturbateur baptisé troisième canal, de fréquence porteuse F3 située juste en dessous par exemple à 100 kHz de la fréquence d'intérêt F0.

Pendant la période de temps 85, la courbe de densité spectrale issue de la transformée de Fourier ne révèle pas de minimum et par conséquent le filtrage numérique est opéré avec des bornes [FB1 - FB2] de valeur par défaut.

Au début de la période de temps 86, l'analyse de la courbe spectrale permet d'identifier un minimum local FC induit par la présence du canal adjacent F3 à gauche dont le contenu spectral s'est rapproché de la fréquence centrale d'intérêt F0.

La borne inférieure FB1 du filtre numérique 15 est alors augmentée vers une valeur contrainte FW plus proche de F0 au fur et à mesure que l'interférence entre les deux canaux F0, F3 augmente. Pendant ce temps, la borne supérieure FB2 ne change pas ; c'est donc uniquement le filtre 15Q qui voit sa borne ajustée.

Au début de la période de temps 86, le point FC s'éloigne de F0 et par conséquent la borne inférieure FB1 diminue et tend à revenir progressivement vers sa valeur par défaut.

5 Pendant les périodes de temps 88, 89, il est à nouveau détecté un point de minimum FC à gauche, et la borne inférieure FB1 du filtre est de nouveau augmentée pour exclure les signaux du troisième canal F3.

Au cours de la période de temps suivante 8A, on retrouve une situation sans détection de minimum local dans le spectre similaire la borne inférieure FB1 revient, de préférence avec lissage, vers sa valeur par défaut.

10 Il faut noter que les valeurs par défaut des bornes inférieure FB1 et supérieure FB2 peuvent être calculées en dépendance du contenu spectral du canal d'intérêt F0, la largeur dépendant de l'étalement du spectre du canal d'intérêt.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de filtrage sélectif dynamique d'ondes électromagnétiques diffusant des programmes radiophoniques sur la modulation de fréquence (FM), le procédé comprenant les étapes :

- 5 /a/ sélectionner un premier canal fréquentiel (F0) portant des signaux d'une station d'intérêt destinée à être écoutée,
- /b1/ appliquer aux signaux reçus un filtre d'entrée (11) centré sur le premier canal fréquentiel (F0), opérer une transposition en bande de base, et numériser (12) le signal filtré,
- 10 /b2/ appliquer une transformée de Fourier (14), et rechercher dans la courbe formant le résultat de la transformée de Fourier, une fréquence de croisement (FC), définie comme l'abscisse du minimum local de la courbe le plus proche de la porteuse centrale d'intérêt,
- 15 /c/ appliquer aux signaux numérisés un filtre sélectif asymétrique (15) de part et d'autre de la fréquence du canal fréquentiel (F0), le filtre ayant une de ses deux bornes (FW) déduite de la fréquence de croisement (FC), à savoir $FW = FC \pm FH$, FH étant une valeur de correction comprise entre 0 kHz et 40 kHz, l'autre de ses deux bornes étant laissée à une valeur par défaut plus éloignée de la fréquence du canal fréquentiel (F0),
- 20 /d/ répéter continuellement les étapes /b1/ /b2/ et /c/ jusqu'à un changement de canal fréquentiel,

ce qui permet d'identifier le passage du canal d'intérêt à un autre canal adjacent perturbateur ; de sorte que les signaux audio démodulés reproduisent les signaux diffusés par le premier canal en annulant ou limitant fortement les perturbations induites par la présence d'un second canal adjacent situé sur un des côtés, ou d'interférence en dehors
25 du contenu audio.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le filtre numérique asymétrique est un filtre complexe, à savoir à coefficients complexes, traitant simultanément une partie réelle (I) et une partie imaginaire (Q) de l'enveloppe complexe des signaux numérisés.

3. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le filtre numérique (15) est de
30 type complexe à coefficients complexes, permettant de définir une borne supérieure du filtre (FB2), et une borne inférieure du filtre (FB1), lesdites bornes étant définies indépendamment l'une de l'autre et non pas nécessairement symétriques par rapport à la fréquence du canal fréquentiel (F0).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la détection d'un minimum local est symptomatique de la présence d'un second canal perturbateur ayant une fréquence porteuse (F2) décalée de 100 kHz par rapport à la fréquence porteuse (F0) du canal d'intérêt.
- 5 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel la numérisation et la transformée de Fourier sont répétées au moins toutes les 500 μ s.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel le filtre d'entrée (11) présente une largeur d'environ 300 kHz.
7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans la valeur de la
10 borne contrainte (FW) du filtre numérique asymétrique est réajusté à une cadence identique à la fréquence de récurrence des étapes /b1/, /b2/ et /c/, de préférence supérieure à 1 kHz.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le minimum local le plus proche est déterminé en calculant la dérivée de la courbe formant
15 la transformée de Fourier et en identifiant les points où cette dérivée s'annule et en retenant le point le plus proche de la porteuse du canal d'intérêt.
9. Procédé selon la revendication 7 et la revendication 8, dans lequel la valeur de correction (FH) est choisie en fonction de la valeur de la dérivée seconde au point du minimum local.
- 20 10. Système audio capable de recevoir et de démoduler des ondes électromagnétiques diffusant des programmes radiophoniques sur la modulation de fréquence, **caractérisé en ce qu'il** est configuré pour mettre en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes.

1 / 3

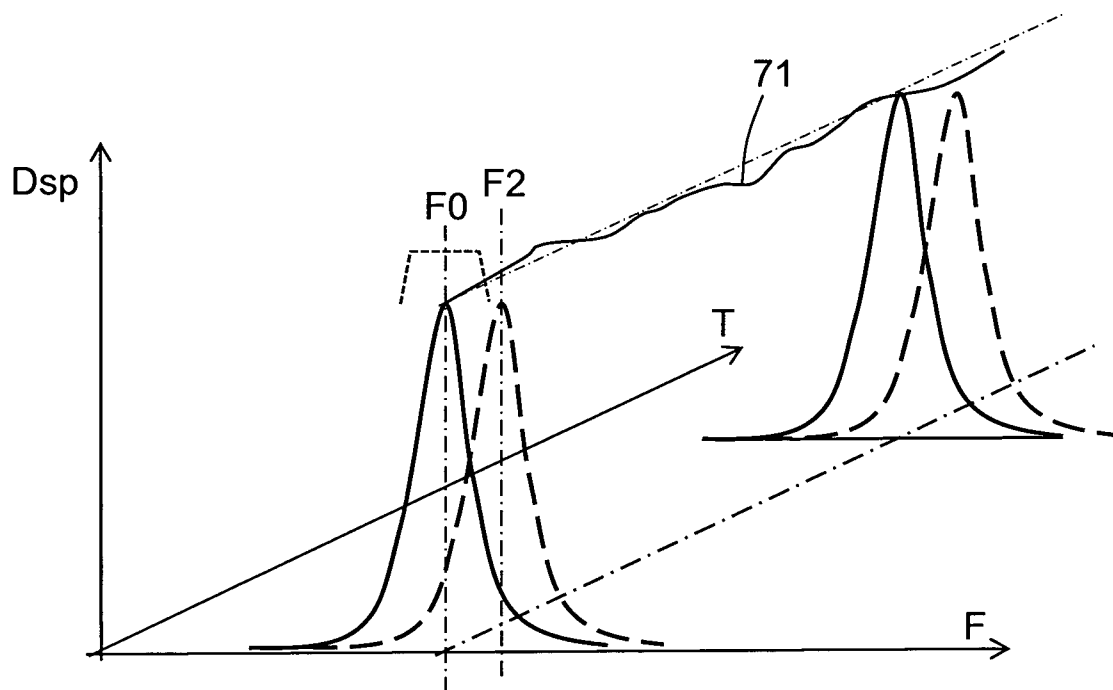


Figure 1

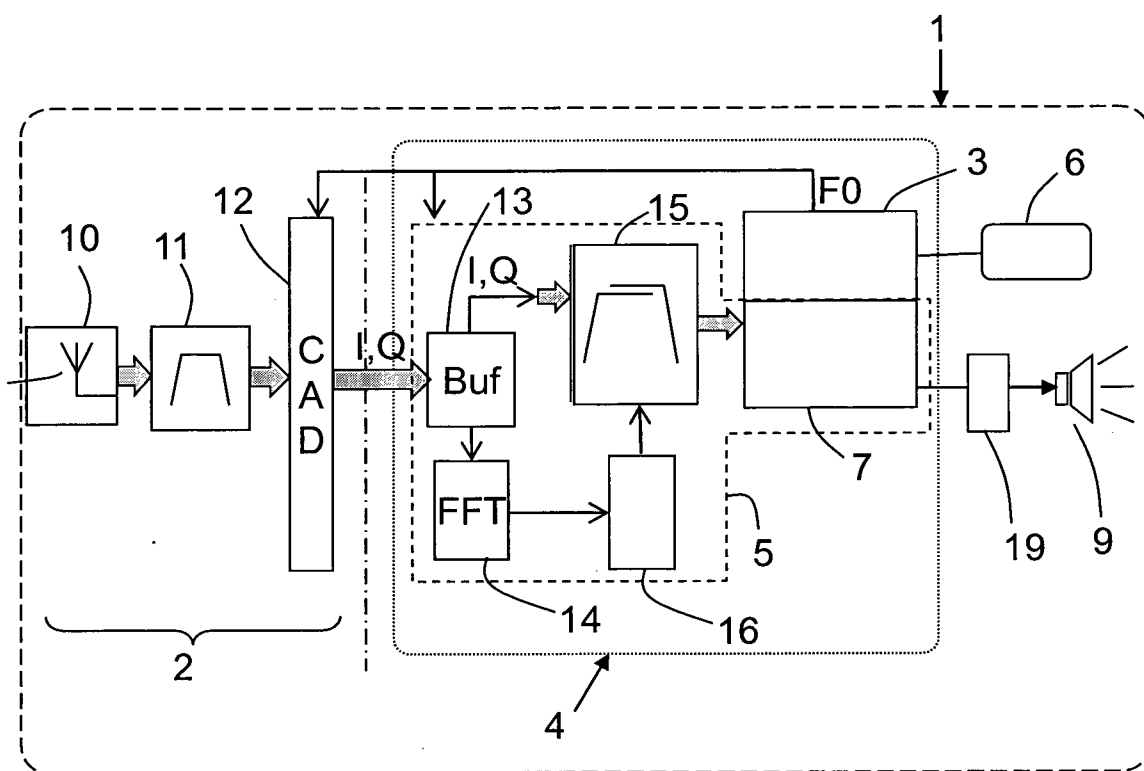


Figure 2

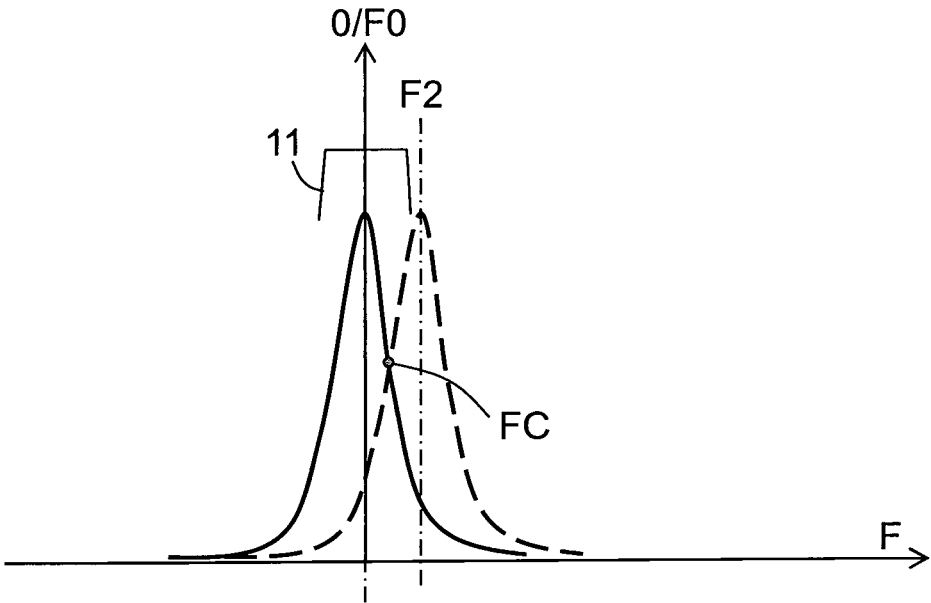


Figure 3

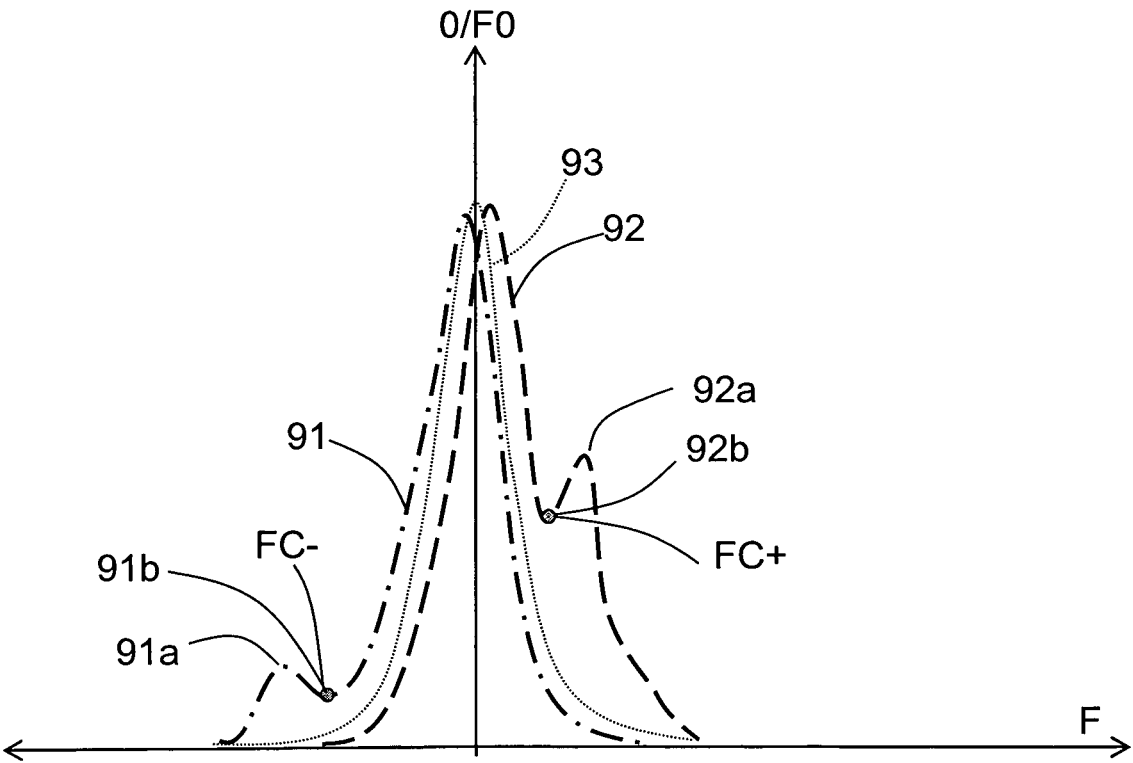


Figure 4

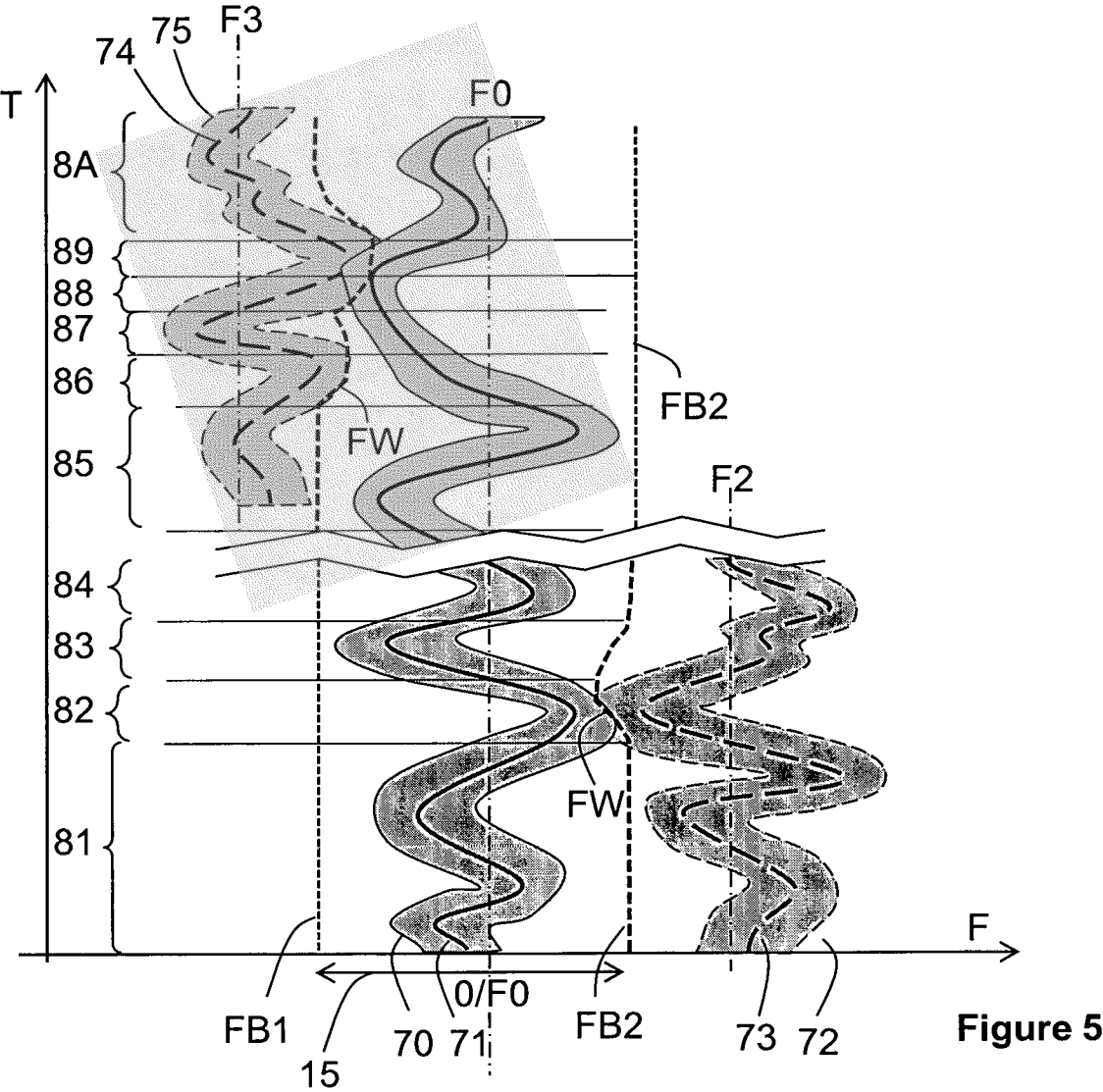


Figure 5

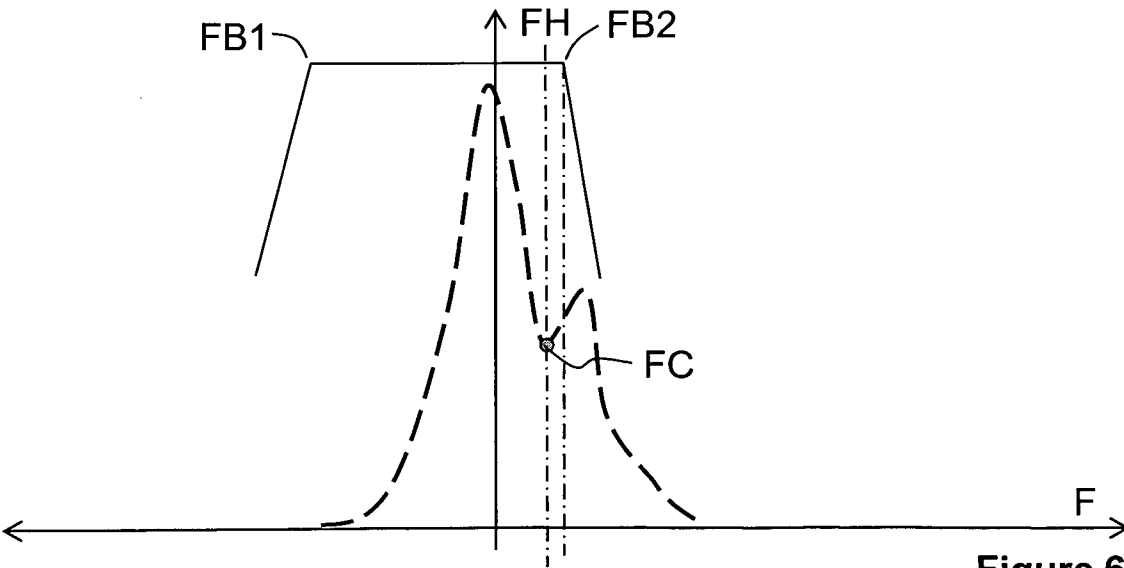


Figure 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/003293

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04B1/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H04B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 6 178 314 B1 (WHIKEHART J WILLIAM [US] ET AL) 23 January 2001 (2001-01-23) column 1, line 8 - line 24 column 3, line 8 - line 16 figures 1-4	1-10
Y	----- EP 0 542 520 A2 (NOKIA MOBILE PHONES LTD [FI] NOKIA MOBILE PHONES LTD [FR]) 19 May 1993 (1993-05-19) column 1, line 37 - line 41 figures 1-4	1-10
Y	----- EP 1 786 111 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M [SE]) 16 May 2007 (2007-05-16) paragraphs [0006], [0007] figure 2	2,3
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 February 2015

Date of mailing of the international search report

11/03/2015

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Avilés Martínez, L

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/003293

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2013/273871 A1 (KRAVETS OLEKSIY [CA]) 17 October 2013 (2013-10-17) paragraph [0002] figure 5 -----	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/003293

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 6178314	B1	23-01-2001	NONE

EP 0542520	A2	19-05-1993	DE 69218551 D1 30-04-1997
			DE 69218551 T2 11-09-1997
			EP 0542520 A2 19-05-1993
			FI 915388 A 15-05-1993
			US 5396657 A 07-03-1995

EP 1786111	A1	16-05-2007	AT 445263 T 15-10-2009
			EP 1786111 A1 16-05-2007
			KR 20080077157 A 21-08-2008
			TW I403098 B 21-07-2013
			US 2009135973 A1 28-05-2009
			WO 2007054538 A1 18-05-2007

US 2013273871	A1	17-10-2013	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/003293

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04B1/10 ADD.		
Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB		
B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement) H04B		
Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche		
Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
Y	US 6 178 314 B1 (WHIKEHART J WILLIAM [US] ET AL) 23 janvier 2001 (2001-01-23) colonne 1, ligne 8 - ligne 24 colonne 3, ligne 8 - ligne 16 figures 1-4	1-10
Y	----- EP 0 542 520 A2 (NOKIA MOBILE PHONES LTD [FI] NOKIA MOBILE PHONES LTD [FR]) 19 mai 1993 (1993-05-19) colonne 1, ligne 37 - ligne 41 figures 1-4	1-10
Y	----- EP 1 786 111 A1 (ERICSSON TELEFON AB L M [SE]) 16 mai 2007 (2007-05-16) alinéas [0006], [0007] figure 2	2,3
	----- -/-	
☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents ☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe		
* Catégories spéciales de documents cités: "A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent "E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date "L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée) "O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens "P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée "T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention "X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément "Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier "&" document qui fait partie de la même famille de brevets		
Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée 26 février 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 11/03/2015
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Fonctionnaire autorisé Avilés Martínez, L

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 2013/273871 A1 (KRAVETS OLEKSIY [CA]) 17 octobre 2013 (2013-10-17) alinéa [0002] figure 5 -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/003293

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6178314	B1	23-01-2001	AUCUN
EP 0542520	A2	19-05-1993	DE 69218551 D1 30-04-1997 DE 69218551 T2 11-09-1997 EP 0542520 A2 19-05-1993 FI 915388 A 15-05-1993 US 5396657 A 07-03-1995
EP 1786111	A1	16-05-2007	AT 445263 T 15-10-2009 EP 1786111 A1 16-05-2007 KR 20080077157 A 21-08-2008 TW I403098 B 21-07-2013 US 2009135973 A1 28-05-2009 WO 2007054538 A1 18-05-2007
US 2013273871	A1	17-10-2013	AUCUN