



(51) Classification internationale des brevets :
H04B 1/00 (2006.01) H04B 1/10 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/EP2014/003294

(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 :
62/008,024 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 : LIN, Chao; 1, Impasse de Camargue, F-78310
Maurepas (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 : NEURAL-NETWORK BASED SELECTIVE UPSTREAM FILTERING BY FREQUENCY MODULATION

(54) Titre : FILTRAGE SELECTIF AMONT EN MODULATION DE FREQUENCE A BASE DE RESEAU DE NEURONES

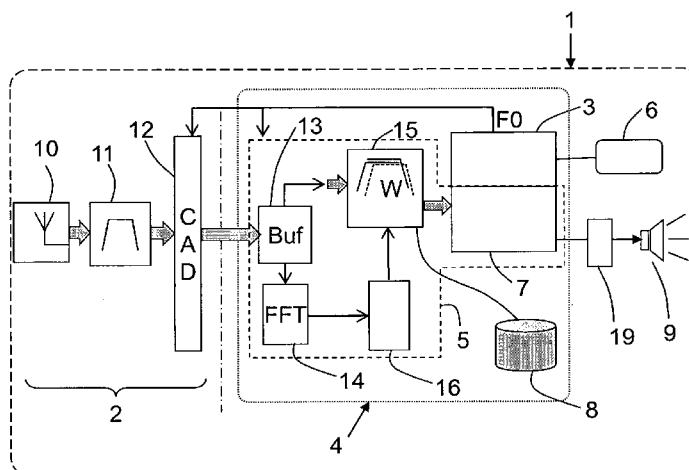


Figure 2

(57) Abstract : 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 F0 to the received signals, performing a transposition into a baseband and digitizing (12) the filtered signal, /b2/ applying a Fourier transform (14) to obtain a spectrum of the filtered signal in the baseband, /c/ introducing the points of the spectrum obtained into a neural network to identify a particular selective digital filter from a plurality of predefined digital filters (8), and applying the selective digital filter chosen, /d/ continuously repeating steps /b1/ /b2/ and /c/ until a change in the preferred 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 F0, opérer une transposition en bande de base, et numériser (12) le signal filtré, /b2/ appliquer une transformée de Fourier (14), pour obtenir un spectre du signal filtré en bande de base, /c/ introduire les points du spectre obtenu dans un réseau de neurones, pour identifier un filtre numérique sélectif particulier parmi une pluralité de filtres numériques prédéfinis (8), et appliquer le filtre numérique sélectif choisi, /d/ répéter continuellement les étapes /b1/ /b2/ et Ici jusqu'à un changement de canal préféré.

Filtrage sélectif amont en modulation de fréquence à base de réseau de neurones

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).

5 Plus précisément, on s'intéresse aux systèmes audio capables de recevoir et de 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 canal fréquentiel, opérer une transposition en bande de base, et numériser le signal filtré,
- /b2/ appliquer une transformée de Fourier, pour obtenir un spectre du signal filtré
30 en bande de base,
- /c/ introduire les points du spectre obtenu dans un réseau de neurones, pour identifier un filtre numérique sélectif particulier parmi une pluralité de filtres numériques prédéfinis, et appliquer le filtre numérique sélectif choisi,
- /d/ répéter continuellement les étapes /b1/ /b2/ et /c/ jusqu'à un changement de
35 canal fréquentiel.

Grâce à l'utilisation du processus hautement parallèle du réseau de neurones, ceci permet de sélectionner le filtre numérique particulier le plus pertinent parmi une pluralité de filtres numériques sélectif prédéfinis, sans appliquer des règles de calcul complexes.

5 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.

10 On note aussi que, grâce à la transposition vers la bande de base, tous les 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 :

- 15 • Le réseau de neurones est avantageusement un réseau de neurones de type unidirectionnel multicouche, (également appelé type « forward » multicouche) avec de préférence quatre couches ; de sorte que l'on fait appel à une structure de réseau de neurones conventionnelle et bien maîtrisée.
- 20 • La pluralité de filtres numériques sélectifs prédéfinis peut comprendre entre 20 et 50 filtres (valeur typique 16 filtres) numériques sélectifs prédéfinis ; ainsi, nul besoin de recalculer/paramétrer un filtre en temps réel, on choisit un filtre prédéfini déjà paramétré.
- 25 • La courbe de spectre issue de la transformée de Fourier peut comprendre entre 128 et 1024 points (valeur typique 256 points) ; on peut ainsi traiter avec une finesse importante les caractéristiques du spectre du signal reçu.
- 30 • Les coefficients de pondération du réseau de neurones peuvent être déterminés par des campagnes d'essai sur le terrain ; par conséquent, le paramétrage des coefficients dans le réseau de neurones est établi une fois cette période d'apprentissage initial effectuée.
- 35 • Les coefficients de pondération du réseau de neurones sont déterminés par rétro propagation du gradient d'erreur ; on utilise ainsi un mécanisme d'apprentissage connu et bien maîtrisé dans le domaine des réseaux de neurones.
- La numérisation, la transformée de Fourier et le traitement par le réseau de neurones 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.

- 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 d'intérêt.

L'invention vise aussi un système audio capable de recevoir et de démoduler
5 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 des caractéristiques précédentes ; un tel système présente les avantages énoncés ci-dessus.

D'autres aspects, buts et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de
10 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 partiel dans la bande FM et son évolution au cours du temps, avec un
15 canal d'intérêt et un canal adjacent potentiellement perturbateur,
- la **figure 2** représente un schéma bloc d'un système audio et selon l'invention,
- la **figure 3** représente schématiquement un spectre électromagnétique, transposé de celui de la figure 1 vers la bande de base,
- 20 – 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 d'un canal adjacent potentiellement perturbateur, au cours du temps,
- 25 – la **figure 6** représente une structure de type de réseau de neurones utilisé dans le procédé proposé.

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
30 autoradio, capable de recevoir et de 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.
35 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
5 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.

10 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
15 modulant qui évolue lui aussi avec le temps.

Le spectre n'est pas toujours centré sur F_0 , et notamment le lieu du maximum 71 se déplace autour de F_0 en permanence en fonction du contenu audio.

La **figure 1** illustre l'évolution du contenu spectral du canal d'intérêt de porteuse F_0 ainsi que le contenu spectral d'un second canal F_2 , que l'on appellera ici
20 canal perturbateur. Le second canal présente une fréquence porteuse F_2 peu éloignée de la fréquence porteuse F_0 , 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 F_0 . Le contenu spectral du second canal évolue lui aussi avec le temps de manière indépendante du contenu spectral du premier canal.

25 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 numérique), 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 physiques (non représentés) ; ce qui
30 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. Avantageusement, le filtre d'entrée peut être complété par une opération de changement de fréquence (décalage de F_0) pour transposer les signaux en bande de base. Les signaux issus du filtrage sont ensuite
35 numérisés par un convertisseur analogique digital 12.

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

données 13. À partir des données mises en mémoire tampon, 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 un filtre numérique 15 de caractéristiques programmables. Un bloc de contrôle de largeur de filtre 16 commande la sélection des caractéristiques de filtrage en fonction de l'analyse du contenu de la courbe de densité spectrale de puissance.

Tout ou partie des opérations de mise en mémoire tampon, transformée de Fourier, filtrage numérique peut être effectuée par un circuit dédié de type DSP 5. Le terme « DSP » vient de l'anglais « Digital Signal Processor » et désigne 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 F_0 , ce qui permet d'éliminer les signaux provenant des canaux éloignés de F_0 , mais ne permet pas d'éliminer correctement les signaux d'un canal 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 F_2 potentiellement perturbateur présente une porteuse décalée à 100 kHz de F_0 , il existe une zone de recouvrement des spectres, à l'endroit où les courbes se croisent.

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'analyse de la courbe de densité spectrale en sortie du bloc 14 permet d'identifier des minimums locaux, qui sont généralement symptomatiques de la présence d'un canal adjacent qui vient interférer avec le canal d'intérêt F_0 .

Si aucun minimum n'est identifié, comme par exemple en cas de la courbe 93 sur la **figure 4**, la largeur du filtre numérique pourra alors être relativement large et de préférence déduite du contenu spectral du canal d'intérêt.

Sur la **figure 4**, en trait mixte, dans un autre cas, on trouve un minimum local 91b à gauche de la fréquence centrale, avec une bosse 91a symptomatique de la présence d'un canal adjacent à gauche.

De même, dans un autre cas, dans le cas de courbe 92, on trouve un maximum local (bosse) 92a à droite d'un minimum local 92b symptomatique de la présence d'un canal adjacent à droite.

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

Avantageusement selon la présente invention, on va éviter de procéder à une analyse classique des extremums de la courbe de spectre, dont le profil peut évoluer rapidement dans le temps ; une telle analyse des extremums peut en effet requérir une puissance de calcul importante. Surtout, il s'avère que dans certaines conditions
5 extrêmes (qui n'ont pas été prévues par les règles), une analyse classique de la courbe de spectre ne suffit pas pour trouver le filtre le plus adapté.

Au lieu d'une telle étude analytique, on utilise avantageusement une structure de réseau de neurones, qui présente la caractéristique de pouvoir effectuer un grand nombre de traitements en parallèle.

10 Le rôle du réseau de neurones est d'identifier un filtre prédéfini et paramétré à l'avance, ledit filtre étant déterminé comme le plus adéquat parmi une pluralité de filtres prédéfinis disponibles dans un espace mémoire 8.

À cet effet, on définit à l'avance plusieurs filtres numériques 15 centrés de différentes largeurs, par exemple chacun ayant une largeur de ± 10 kHz par rapport à son voisin, (ou ± 20 kHz) ; la pluralité de filtres prédéfinis peut aussi comporter des filtres non centrés, c'est-à-dire avec une borne gauche positionnée à une distance de zéro différente de la borne à droite.

Dans la pratique, la pluralité 8 de filtres numériques prédéfinis peut ainsi comporter une quantité comprise entre 20 et 50 filtres, typiquement par exemple 16 filtres.
20 Sur la **figure 6** est représenté un exemple de structure de réseau de neurones. Il s'agit d'une structure à plusieurs couches (ou « niveaux »), de type unidirectionnel (appelé également « forward » ou encore « feedforward ») c'est-à-dire que chaque neurone d'une couche donnée produit un résultat (une sortie) selon une fonction pondérée de signaux en sortie d'un ou plusieurs neurones de la couche précédente (à gauche sur la figure), il n'y a
25 donc pas de rétroaction ni de rebouclage / itération dans une telle structure. Il s'agit donc d'un réseau de neurones simple à mettre en œuvre, fiable et couramment utilisé.

Dans l'exemple illustré, la première couche à gauche contient autant de neurones d'entrée 61 que de points J dans la courbe de spectre issue de la transformée de Fourier rapide. Ce nombre J de points peut être compris dans la pratique entre 256
30 et 1024 points, typiquement 256 points.

Chaque neurone de la première couche (carrés) 61 peut être relié en sortie (référence 91) à plusieurs neurones de la seconde couche (parmi K neurones) 62, par exemple entre 10 et 50, voire plus.

De même, chaque neurone de la seconde couche (ronds) 62 peut être relié en
35 sortie (référence 92) à plusieurs neurones de la troisième couche (parmi M neurones) 63, par exemple entre 10 et 50, voire plus.

Enfin, chaque neurone de la troisième couche (triangles) 63 peut être relié en sortie (référence 93) à plusieurs neurones de la quatrième et dernière couche (étoiles) 64, par exemple entre 10 et 50, voire plus.

On peut choisir comme fonction d'activation de chaque neurone soit une
5 fonction sigmoïde soit une fonction tangente hyperbolique.

Le nombre de sorties de chaque couche décroît avec le numéro de couche qui assure la convergence du réseau. De préférence on a $J \geq K \geq M \geq N$.

Dans la dernière couche, il y a autant de neurones N que de filtres 15 prédéfinis dans l'espace de stockage 8. Dans l'exemple illustré, c'est donc le neurone qui a la sortie la plus élevée qui sera désigné pour identifier le filtre 15 le plus adéquat.

Pour chaque neurone, les coefficients de pondération affectant chacune des liaisons depuis les neurones de la couche précédente sont obtenus par un mécanisme d'apprentissage, en partant de valeurs par défaut.

Ces coefficients de pondération sont établis par une méthode d'apprentissage,
15 en mode supervisé ou non, au cours de campagnes d'essai sur le terrain ; un véhicule test équipé du système audio et selon l'invention parcourt ainsi une grande variété de zones géographiques avec des conditions différentes de diffusion des canaux FM, les différents résultats produits étant évalués, c'est-à-dire notés ou classifiés, par un professionnel qualifié, ce qui permet d'affiner la valeur des coefficients de pondération.

20 En alternative, on peut procéder à l'apprentissage des coefficients de pondération par le passage de jeux de tests établis à l'avance qui consistent chacun en un couple (spectre en entrée, filtres sélectionné en sortie), ces jeux de tests pouvant avoir été obtenus par des campagnes d'essais antérieures sur le terrain.

En pratique, le processus d'apprentissage va conduire à des coefficients de
25 pondération qui auront tendance à choisir un filtre plutôt étroit lorsque le contenu du canal d'intérêt présente un spectre étroit ou lorsque le spectre présente une ou plusieurs bosses latérales (par ex 91a, 92a), alors que les coefficients de pondération auront tendance à conduire à un choix de filtre plutôt large lorsque le contenu du canal d'intérêt présente un spectre large sans bosse latérale.

30 En référence à la **figure 5**, pendant la première période de temps illustrée 81, la courbe de densité spectrale issue de la transformée de Fourier ne révèle pas de bosse latérale et par conséquent le réseau de neurones sélectionne un filtre numérique 151 qui correspond à une largeur W par défaut par exemple 100 kHz de large.

Au début de la seconde période de temps illustrée 82, la courbe spectrale
35 comprend une bosse latérale induite par la présence du canal adjacent F2 dont le contenu spectral s'est rapproché de la fréquence centrale d'intérêt F0.

Le traitement de courbe de la densité spectrale issue de la transformée de Fourier par le réseau de neurones conduit à choisir un filtre numérique 152 plus serré ; et la sortie du réseau de neurones sélectionne un filtre de plus en plus serré.

Au début de la troisième période de temps illustrée 83, au fur et à mesure que
5 l'interférence entre les deux canaux diminue, la sortie du réseau de neurones sélectionne un filtre de moins en moins serré.

Au début de la quatrième période de temps illustrée 84, le spectre redevient classique sans bosse latérale, et la sortie du réseau de neurones sélectionne un filtre de largeur standard.

10 A la période de temps suivante 85, on note que le réseau de neurones sélectionne un filtre 155 décentré à gauche pour suivre le contenu spectral du canal d'intérêt.

A la période de temps illustrée 86, le spectre fait apparaître à nouveau une bosse latérale à droite et par conséquent la sortie du réseau de neurones sélectionne un
15 filtre plus étroit.

Au cours des périodes de temps 87, 88, le spectre redevient classique sans bosse latérale, et la sortie du réseau de neurones sélectionne un filtre de largeur standard.

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 F0, opérer une transposition en bande de base, et numériser (12) le signal filtré,
- /b2/ appliquer une transformée de Fourier (14), pour obtenir un spectre du signal filtré en bande de base,
- 10 /c/ introduire les points du spectre obtenu dans un réseau de neurones, pour identifier un filtre numérique sélectif particulier parmi une pluralité de filtres numériques sélectif prédéfinis, et appliquer le filtre numérique sélectif choisi,
- /d/ répéter continuellement les étapes /b1/ /b2/ et /c/ jusqu'à un changement de canal fréquentiel,
- 15 de sorte que l'on peut sélectionner le filtre prédéfini le plus adéquat très rapidement grâce aux opérations parallèles effectuées par le réseau de neurones.
2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le réseau de neurones est un réseau de neurones de type unidirectionnel multicouche, avec de préférence quatre couches.
- 20 3. Procédé selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel la pluralité de filtres numériques sélectifs prédéfinis comprend entre 20 et 50 filtres numériques sélectif prédéfinis.
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel la courbe de spectre issue de la transformée de Fourier comprend entre 128 et 1024 points.
- 25 5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les coefficients de pondération du réseau de neurones sont déterminés par des campagnes d'essai sur le terrain.
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel les coefficients de pondération du réseau de neurones sont déterminés par rétro propagation
- 30 du gradient d'erreur.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la numérisation, la transformée de Fourier et le traitement par le réseau de neurones sont répétés au moins toutes les 500 μ s.
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel le filtre
5 d'entrée (11) présente une largeur d'environ 300 kHz.
9. 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

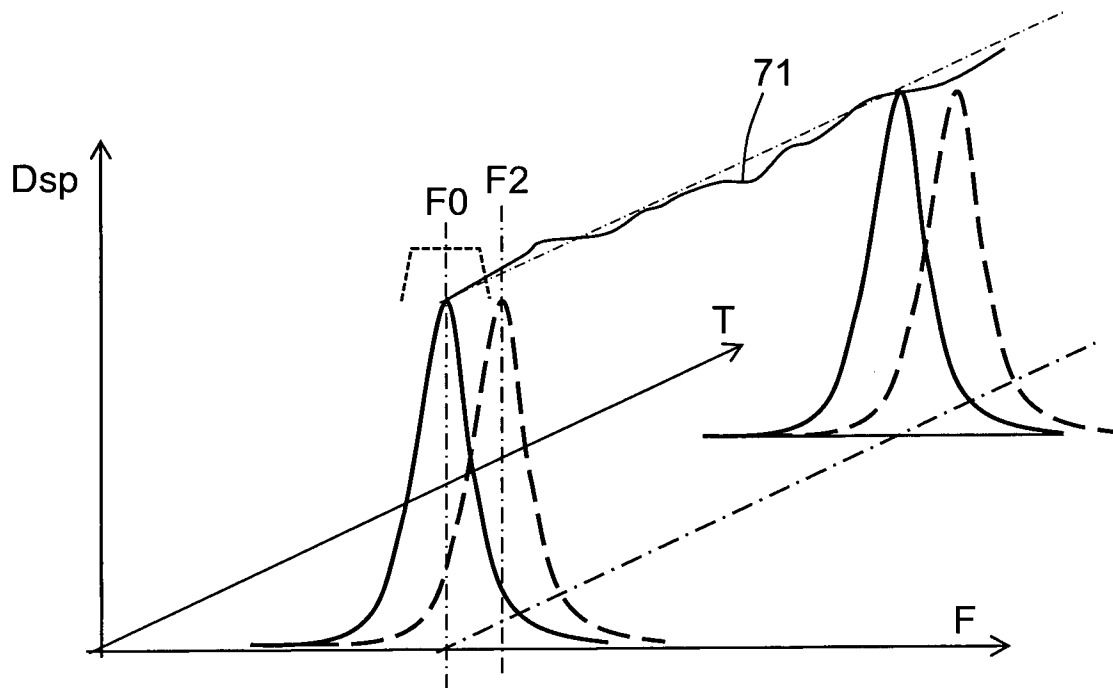


Figure 1

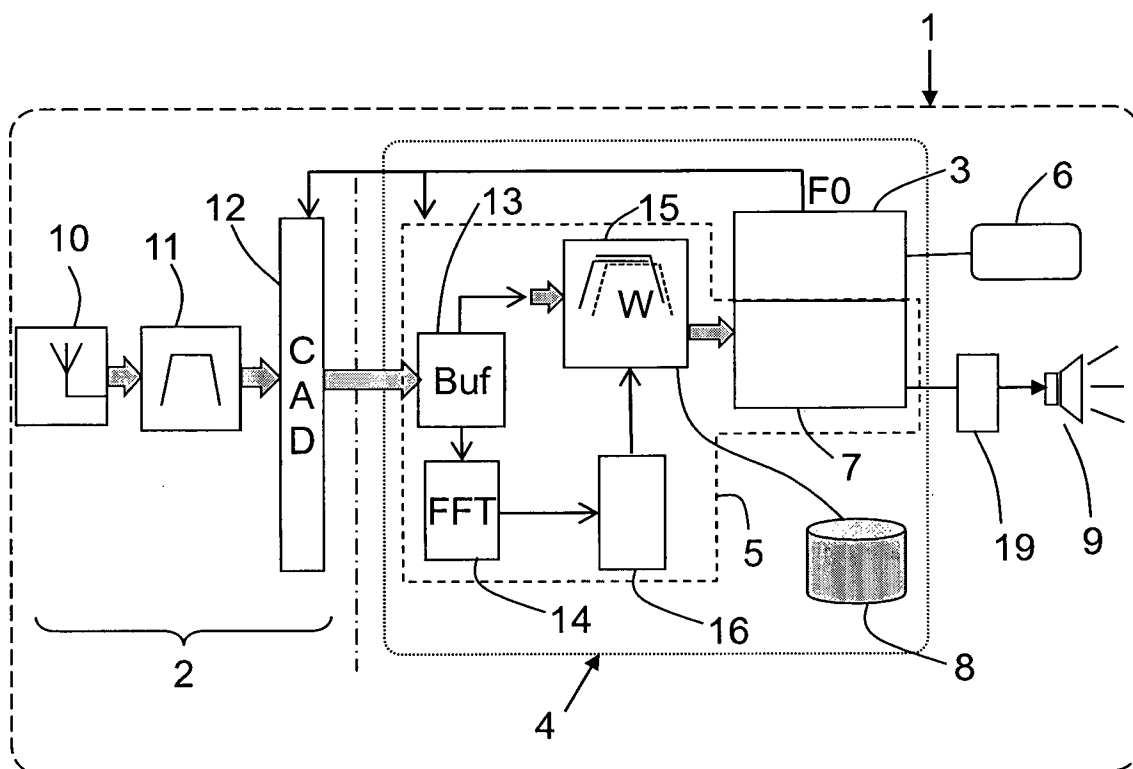


Figure 2

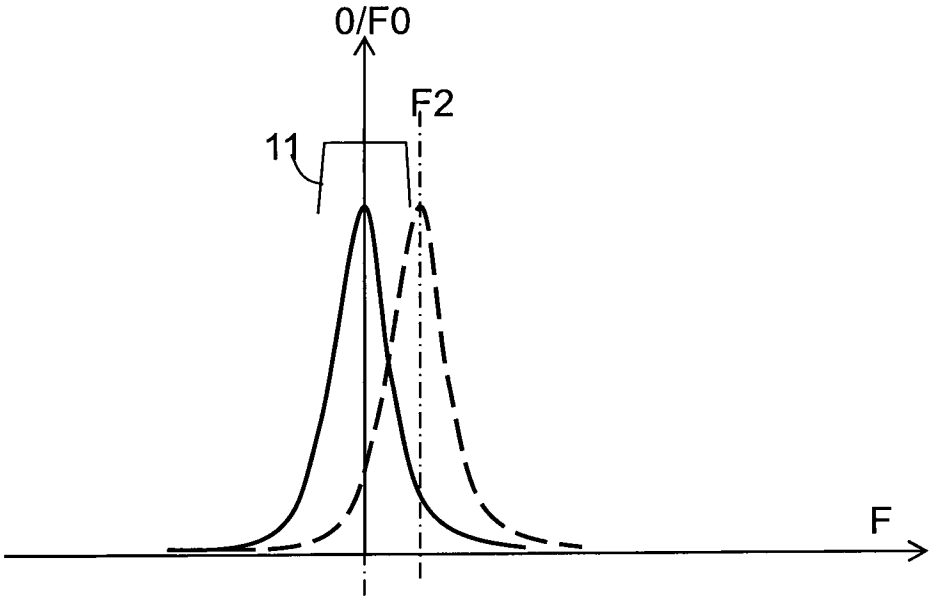


Figure 3

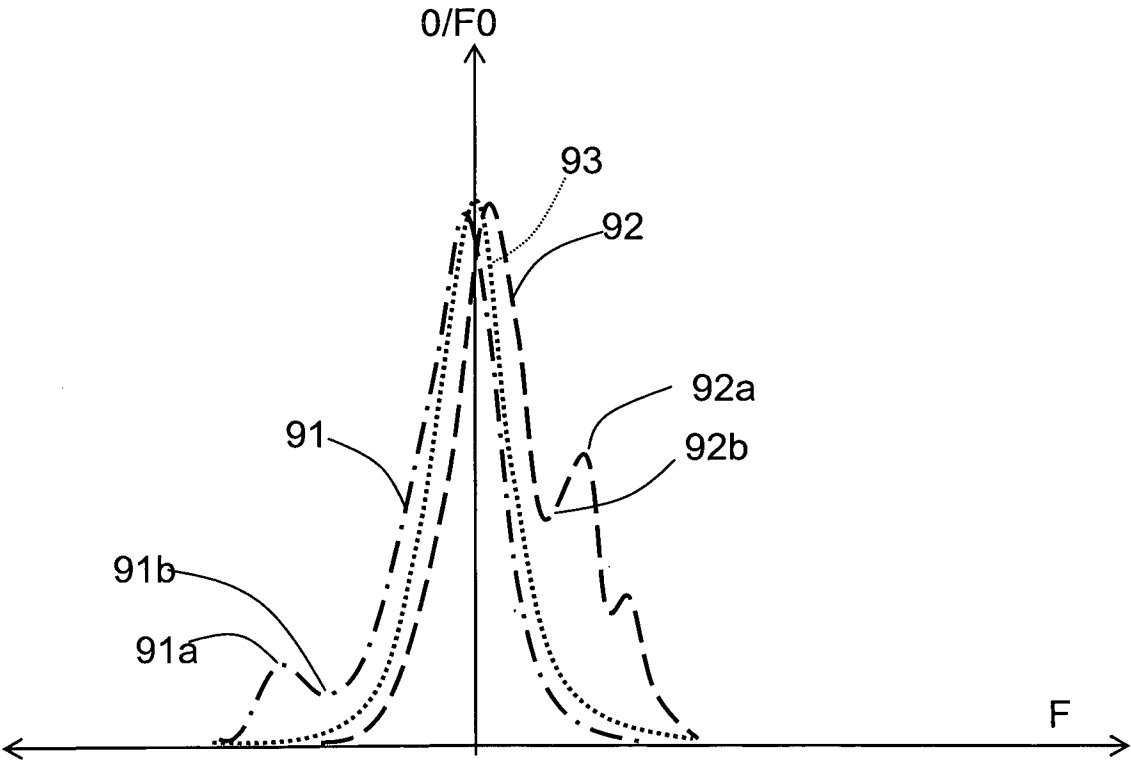
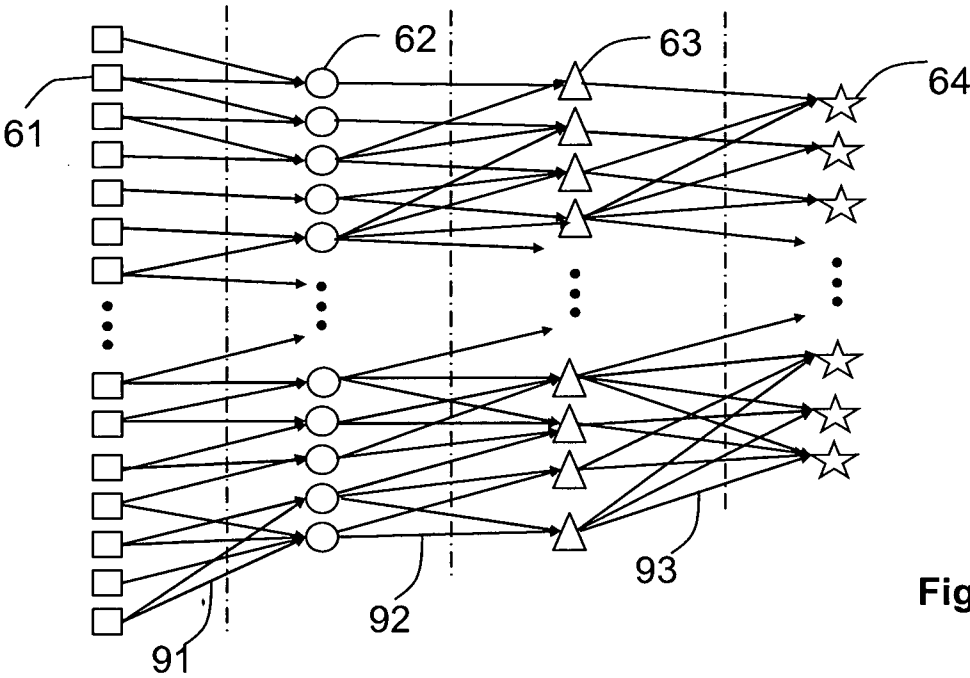
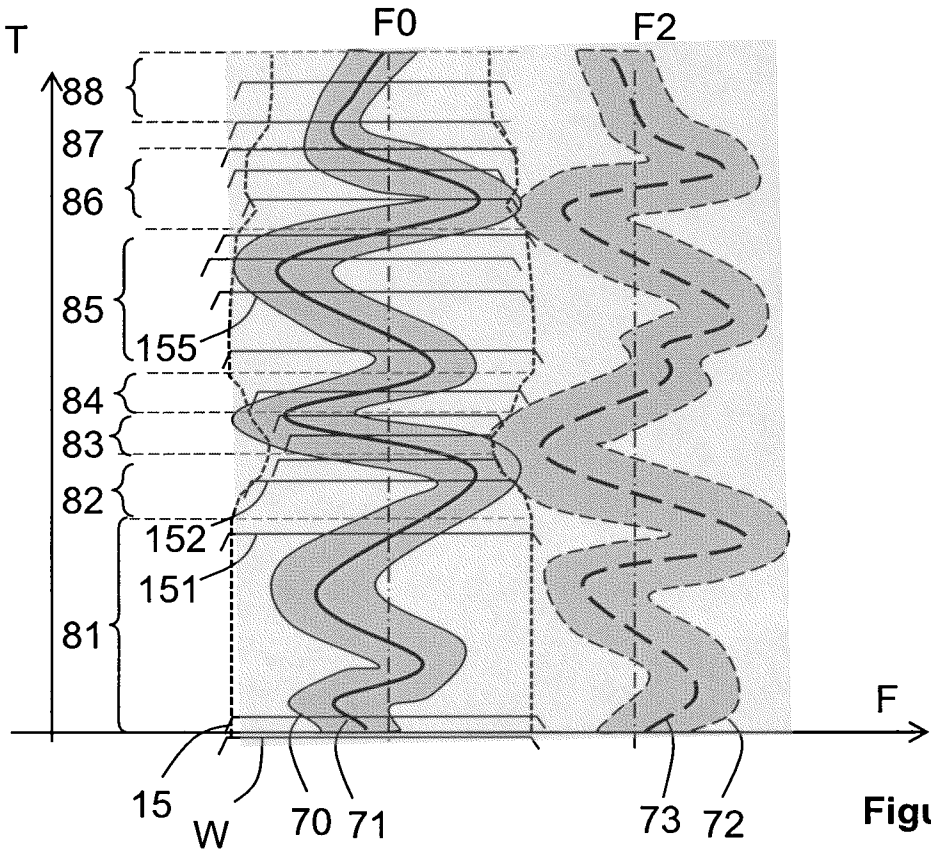


Figure 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/003294A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H04B1/00 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	EP 0 550 146 A1 (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH [US] AT & T CORP [US]) 7 July 1993 (1993-07-07) claim 1 figure 2 ----- -/--	1-9



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

13 February 2015

Date of mailing of the international search report

23/02/2015

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/EP2014/003294

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	BOURAS D P ET AL: "Neural-net based receiver structures for single- and multi-amplitude signals in interference channels", NEURAL NETWORKS FOR SIGNAL PROCESSING 1994 IV. PROCEEDINGS OF THE 19 94 IEEE WORKSHOP ERMIONI, GREECE 6-8 SEPT. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 6 September 1994 (1994-09-06), pages 535-544, XP010125535, DOI: 10.1109/NNSP.1994.366012 ISBN: 978-0-7803-2026-0 the whole document	1-9
Y	----- EP 1 120 920 A1 (AOR LTD [JP]) 1 August 2001 (2001-08-01) paragraph [0021] figure 2	8
A	----- US 2005/181741 A1 (RAJ RAGHU G [US] ET AL) 18 August 2005 (2005-08-18) paragraphs [0016], [0017], [0028] figures 1-3	1-9
A	----- WO 2009/090400 A1 (CAMBRIDGE SILICON RADIO LTD [GB]; ASTROEM MAGNUS [SE]; CHAPPAZ DAVID F) 23 July 2009 (2009-07-23) page 26, line 6 - line 22	1
A	----- US 2011/019715 A1 (BRISEBOIS ARTHUR RICHARD [US]) 27 January 2011 (2011-01-27) paragraphs [0073], [0074] paragraph [0056] - paragraph [0057] figure 2	1
A	----- US 2013/273871 A1 (KRAVETS OLEKSIY [CA]) 17 October 2013 (2013-10-17) paragraph [0046] figure 5	1
A	----- Awadhesh Gupta ET AL: "Design and Analysis of Low Pass FIR & IIR Filter and Find Optimum Result Using Neural Network", 1 December 2010 (2010-12-01), XP055169527, Retrieved from the Internet: URL:https://globaljournals.org/GJRE_Volume 10/10-Design-and-Analysis-of-Low-Pass-FIR-IIR-Filter.pdf [retrieved on 2015-02-13] the whole document	1

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/003294

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0550146	A1	07-07-1993	AU 644976 B2 23-12-1993
		AU 3001892 A	08-07-1993
		CA 2083303 A1	01-07-1993
		DE 69217891 D1	10-04-1997
		DE 69217891 T2	12-06-1997
		EP 0550146 A1	07-07-1993
		HK 80297 A	20-06-1997
		JP 2509785 B2	26-06-1996
		JP H0685746 A	25-03-1994
		SG 42908 A1	17-10-1997
		US 5367539 A	22-11-1994
EP 1120920	A1	01-08-2001	CA 2346286 A1 13-04-2000
		CN 1315082 A	26-09-2001
		DE 69837941 T2	07-02-2008
		EP 1120920 A1	01-08-2001
		US 6816715 B1	09-11-2004
		WO 0021206 A1	13-04-2000
US 2005181741	A1	18-08-2005	NONE
WO 2009090400	A1	23-07-2009	DE 112009000150 T5 17-02-2011
		US 2010309774 A1	09-12-2010
		WO 2009090400 A1	23-07-2009
US 2011019715	A1	27-01-2011	US 2011019715 A1 27-01-2011
		US 2015017989 A1	15-01-2015
		WO 2011011244 A2	27-01-2011
US 2013273871	A1	17-10-2013	NONE

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°

PCT/EP2014/003294

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE INV. H04B1/00 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	EP 0 550 146 A1 (AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH [US] AT & T CORP [US]) 7 juillet 1993 (1993-07-07) revendication 1 figure 2 ----- -/--	1-9
☒ 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 13 février 2015		Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale 23/02/2015
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
Y	BOURAS D P ET AL: "Neural-net based receiver structures for single- and multi-amplitude signals in interference channels", NEURAL NETWORKS FOR SIGNAL PROCESSING 1994 IV. PROCEEDINGS OF THE 19 94 IEEE WORKSHOP ERMIONI, GREECE 6-8 SEPT. 1994, NEW YORK, NY, USA, IEEE, 6 septembre 1994 (1994-09-06), pages 535-544, XP010125535, DOI: 10.1109/NNSP.1994.366012 ISBN: 978-0-7803-2026-0 le document en entier -----	1-9
Y	EP 1 120 920 A1 (AOR LTD [JP]) 1 août 2001 (2001-08-01) alinéa [0021] figure 2 -----	8
A	US 2005/181741 A1 (RAJ RAGHU G [US] ET AL) 18 août 2005 (2005-08-18) alinéas [0016], [0017], [0028] figures 1-3 -----	1-9
A	WO 2009/090400 A1 (CAMBRIDGE SILICON RADIO LTD [GB]; ASTROEM MAGNUS [SE]; CHAPPAZ DAVID F) 23 juillet 2009 (2009-07-23) page 26, ligne 6 - ligne 22 -----	1
A	US 2011/019715 A1 (BRISEBOIS ARTHUR RICHARD [US]) 27 janvier 2011 (2011-01-27) alinéas [0073], [0074] alinéa [0056] - alinéa [0057] figure 2 -----	1
A	US 2013/273871 A1 (KRAVETS OLEKSIY [CA]) 17 octobre 2013 (2013-10-17) alinéa [0046] figure 5 -----	1
A	Awadhesh Gupta ET AL: "Design and Analysis of Low Pass FIR & IIR Filter and Find Optimum Result Using Neural Network", 1 décembre 2010 (2010-12-01), XP055169527, Extrait de l'Internet: URL:https://globaljournals.org/GJRE_Volume 10/10-Design-and-Analysis-of-Low-Pass-FIR-IIR-Filter.pdf [extrait le 2015-02-13] le document en entier -----	1

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°

PCT/EP2014/003294

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 0550146	A1	07-07-1993	AU 644976 B2	23-12-1993
			AU 3001892 A	08-07-1993
			CA 2083303 A1	01-07-1993
			DE 69217891 D1	10-04-1997
			DE 69217891 T2	12-06-1997
			EP 0550146 A1	07-07-1993
			HK 80297 A	20-06-1997
			JP 2509785 B2	26-06-1996
			JP H0685746 A	25-03-1994
			SG 42908 A1	17-10-1997
			US 5367539 A	22-11-1994
EP 1120920	A1	01-08-2001	CA 2346286 A1	13-04-2000
			CN 1315082 A	26-09-2001
			DE 69837941 T2	07-02-2008
			EP 1120920 A1	01-08-2001
			US 6816715 B1	09-11-2004
			WO 0021206 A1	13-04-2000
US 2005181741	A1	18-08-2005	AUCUN	
WO 2009090400	A1	23-07-2009	DE 112009000150 T5	17-02-2011
			US 2010309774 A1	09-12-2010
			WO 2009090400 A1	23-07-2009
US 2011019715	A1	27-01-2011	US 2011019715 A1	27-01-2011
			US 2015017989 A1	15-01-2015
			WO 2011011244 A2	27-01-2011
US 2013273871	A1	17-10-2013	AUCUN	