



(11) **EP 2 517 387 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
26.07.2017 Bulletin 2017/30

(51) Int Cl.:
H04H 40/63 (2008.01) G10L 19/00 (2013.01)

(21) Numéro de dépôt: **10808913.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2010/052865

(22) Date de dépôt: **21.12.2010**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2011/077041 (30.06.2011 Gazette 2011/26)

(54) **PROCÉDÉ D'OPTIMISATION DE LA RÉCEPTION STÉRÉO POUR RADIO ANALOGIQUE ET RÉCEPTEUR DE RADIO ANALOGIQUE ASSOCIÉ**

VERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG DES STEREOEMPFANGS FÜR ANALOGEN FUNK UND ZUGEHÖRIGER ANALOGER FUNKEMPFÄNGER

METHOD OF OPTIMIZING STEREO RECEPTION FOR ANALOGUE RADIO AND ASSOCIATED ANALOGUE RADIO RECEIVER

(84) Etats contractants désignés:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **23.12.2009 FR 0959552**

(43) Date de publication de la demande:
31.10.2012 Bulletin 2012/44

(73) Titulaire: **Arkamys
75017 Paris (FR)**

(72) Inventeurs:
• **ESNAULT, Thomas
75019 Paris (FR)**
• **AMADU, Frédéric
77500 Chelles (FR)**

(74) Mandataire: **Ipside
29, rue de Lisbonne
75008 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**WO-A1-2009/010116 JP-A- 2007 079 483
US-A- 5 636 324 US-A1- 2002 154 783
US-A1- 2005 157 883 US-A1- 2006 046 676**

EP 2 517 387 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

[0001] L'invention concerne un procédé d'optimisation de la réception stéréo pour radio analogique ainsi que le récepteur de radio analogique associé.

[0002] L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine de la radio analogique mais pourrait également être utilisée dans tout autre type d'application où il pourrait être utile de transformer deux signaux audio fortement corrélés en un signal de type stéréo.

[0003] De manière connue, une radio analogique comporte un tuner apte à sélectionner un canal parmi un ensemble de canaux fréquentiels et à démoduler un premier et un deuxième signal contenus dans le canal. Il est connu que le premier signal G+D (appelé composante mono) correspond à la somme du signal de son gauche et du signal de son droit de la stéréo, tandis que le deuxième signal G-D (appelé composante stéréo) correspond à la soustraction du signal de son droit au signal de son gauche. En fonctionnement normal du tuner, il est facile de combiner de manière connue le premier et le deuxième signal pour obtenir le signal stéréo composé par le signal de son droit et le signal de son gauche à diffuser.

[0004] Par exemple, le document US 2005/157883 A1 décrit un dispositif et une méthode pour construire un signal de sortie multi-canal ou pour générer un signal au nombre réduit de canaux.

[0005] Le document JP 2007 079483 A décrit également un dispositif d'encodage d'un signal stéréo, un dispositif de décodage d'un signal stéréo, une méthode de décodage d'un signal stéréo, ainsi qu'un programme et un moyen d'enregistrement.

[0006] Toutefois, lorsque la captation du signal par la radio est mauvaise, l'énergie du signal G-D a tendance à diminuer, et le signal stéréo a alors tendance à se transformer en un signal mono. Autrement dit, en cas de mauvaise réception, les signaux de son droit et gauche obtenus ont tendance à être fortement corrélés, ce qui diminue l'effet de stéréo.

[0007] L'invention a pour but de permettre une diffusion en stéréo du signal reçu malgré une mauvaise réception de la radio.

[0008] A cet effet, dans le procédé d'optimisation de la réception selon l'invention, un module de décorrélation va décorrélérer les signaux de son droit et de son gauche reçus en fonction d'un coefficient « alpha » de qualité de réception du récepteur radio.

[0009] Selon l'invention, on modifie le taux de décorrélation du module de décorrélation en fonction du coefficient « alpha » de qualité de réception radio, afin de rétablir l'effet de stéréo du signal reçu. Ainsi, plus la qualité de réception est mauvaise (plus « alpha » est petit, et plus les signaux sont corrélés), plus le module de décorrélation assurera une décorrélation des signaux droit et gauche ; tandis que plus la qualité de réception est bonne (plus « alpha » est grand), moins le module de décorrélation assurera une décorrélation des signaux droit et gauche.

[0010] L'invention concerne donc un procédé d'optimisation de la restitution audiophonique dans une radio analogique, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

- on sélectionne un canal radio donné parmi un ensemble de canaux fréquentiels,
- on démodule les signaux de ce canal pour obtenir un signal de son droit et un signal de son gauche démodulés,
- on décorrèle le signal de son droit et le signal de son gauche démodulés, à l'aide d'un module de décorrélation, de manière à obtenir des signaux décorrélés l'un par rapport à l'autre correspondant au signal de son droit optimisé et au signal de son gauche optimisé, ce module de décorrélation ayant un taux de décorrélation variable,
- la radio fournissant un coefficient « alpha » de qualité de réception, on modifie le taux de décorrélation du module de décorrélation en fonction de ce coefficient « alpha », de sorte que plus le coefficient de qualité de réception « alpha » est petit, plus le taux de décorrélation appliqué par le module de décorrélation est important, et plus le taux de qualité de réception « alpha » est grand, moins le taux de décorrélation appliqué par le module de décorrélation est important.

[0011] Selon une mise en oeuvre :

- le module de décorrélation est formé par deux blocs élémentaires en entrée desquels on applique le signal de son droit et le signal de son gauche démodulés, le signal de sortie de ces blocs correspondant respectivement au signal électrique de son droit optimisé et au signal électrique de son gauche optimisé,
- le signal de sortie de chaque bloc étant la combinaison du signal d'entrée du bloc pondéré par un premier gain, et de la combinaison du signal de sortie du bloc pondéré par un deuxième gain et des signaux d'entrée du bloc retardée par une ligne à retard.

[0012] Selon une mise en oeuvre, pour modifier le taux de décorrélation du module de décorrélation, on modifie les paramètres de gain et de retard des blocs élémentaires.

[0013] Selon une mise en oeuvre :

- on stocke au préalable en mémoire un tableau établissant la correspondance entre les paramètres de chaque blocs et le coefficient « alpha » de qualité de réception, et
- on modifie le taux de décorrélation du module de décorrélation en sélectionnant les paramètres correspondant au coefficient de qualité de réception « alpha ».

[0014] Selon une mise en oeuvre :

- pour le premier bloc élémentaire, on a :

$$s_1(n) = e_1(n) \cdot g_1 + s_1(n-D1) \cdot g_2 + e_1(n-D1)$$

e_1 étant le signal d'entrée du premier bloc correspondant au signal de son droit démodulé,
 s_1 étant le signal de sortie du premier bloc correspondant au signal de son droit optimisé,
 g_1, g_2 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du premier bloc,
 $D1$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard, et

- pour le deuxième bloc élémentaire, on a :

$$s_2(n) = e_2(n) \cdot g_3 + s_2(n-D2) \cdot g_4 + e_2(n-D2),$$

e_2 étant le signal d'entrée du deuxième bloc correspondant au signal de son gauche démodulé,
 s_2 étant le signal de sortie du deuxième bloc correspondant au signal de son gauche optimisé,
 g_3, g_4 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du deuxième bloc,
 $D2$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard.

[0015] Selon une mise en oeuvre, à l'intérieur d'un même bloc, le premier gain et le deuxième gain présentent des valeurs opposées l'une par rapport à l'autre.

[0016] Selon une mise en oeuvre, les gains du premier bloc et les gains du deuxième bloc présentent des valeurs opposées les unes des autres, la valeur du premier gain du premier bloc étant opposée à la valeur du premier gain du deuxième bloc ; tandis que la valeur du deuxième gain du premier bloc est opposée à la valeur du deuxième gain du deuxième bloc.

[0017] Selon une mise en oeuvre, le premier gain du premier bloc et le deuxième gain du deuxième bloc présentent une valeur g ; tandis que le deuxième gain du premier bloc et le premier gain du deuxième bloc présentent une valeur $-g$.

[0018] Selon une mise en oeuvre, les retards introduits par la ligne à retard du premier bloc élémentaire et la ligne à retard du deuxième bloc élémentaire sont égaux.

[0019] Selon une mise en oeuvre, on filtre au préalable les signaux droit et gauche démodulés à l'aide de filtres passe haut et on applique uniquement la partie haute fréquence de ces signaux en entrée du module de décorrélation.

[0020] Selon une mise en oeuvre,

- on filtre la partie basse fréquence des signaux droit et gauche démodulés,
- on retarde la partie basse fréquence ainsi filtrée d'un troisième retard, et
- pour obtenir le signal de son droit optimisé et le signal de son gauche optimisé, on somme les parties basses fréquences ainsi retardées du signal de son droit et du signal de son gauche respectivement avec le signal de son droit et le signal de son gauche obtenus en sortie du module de décorrélation à partir des parties hautes fréquence des signaux gauche et droit démodulés.

[0021] Selon une mise en oeuvre, on filtre (en gain et phase) les signaux de sortie de chaque bloc élémentaire au moyen de cellules de filtrage paramétriques pour modifier la perception sonore de ces signaux de sortie.

[0022] Selon une mise en oeuvre, pour chaque signal de son droit et gauche optimisé formé essentiellement d'une composante basse fréquence inférieure à une fréquence de coupure,

- on isole la partie de plus haute fréquence du signal de son optimisé à l'aide d'un premier filtre de type passe-bande,
- on applique à la partie isolée un processeur non linéaire qui crée les harmoniques haute fréquence du signal isolé

pour obtenir un signal dupliqué,

- on applique un deuxième filtre passe-bande au signal dupliqué pour former une composante haute fréquence,
- on combine la composante haute fréquence ainsi créée avec le signal de son optimisé préalablement retardé par une cellule à retard, et
- on obtient un signal optimisé augmenté comportant une composante basse fréquence et une composante haute fréquence recrée.

[0023] Selon une mise en oeuvre, les bornes supérieures et inférieures du filtre passe-bande sont fonction du coefficient « alpha » de qualité de réception.

[0024] L'invention concerne en outre un récepteur de radio analogique optimisé, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un tuner apte à sélectionner un canal radio donné parmi un ensemble de canaux fréquentiels, et à démoduler les signaux de ce canal pour obtenir un signal de son droit et un signal de son gauche démodulés,
- un module de décorrélation apte à générer, à partir des signaux de son droit et du signal de son gauche démodulés, des signaux décorrélés l'un par rapport à l'autre correspondant aux signaux de son droit et de son gauche optimisés, ce module de décorrélation ayant un taux de décorrélation variable,
- une cellule de calcul apte à fournir un coefficient « alpha » de qualité de réception,
- le module de décorrélation étant apte à adapter son taux de décorrélation en fonction du coefficient « alpha » mesuré, de sorte que plus le coefficient de qualité de réception « alpha » est petit, plus le taux de décorrélation appliqué par le module de décorrélation est important, et plus le coefficient de qualité de réception « alpha » est grand, moins le taux de décorrélation appliqué par le module de décorrélation est important.

[0025] Selon une réalisation, il comporte en outre un module de génération des aigues comprenant :

- un premier filtre de type passe-bande pour isoler la partie de plus haute fréquence du signal de son optimisé,
- un processeur non linéaire qui crée les harmoniques haute fréquence appliqué à la partie isolée du signal pour obtenir un signal dupliqué,
- un deuxième filtre passe-bande appliqué au signal dupliqué pour former une composante haute fréquence,
- des moyens pour combiner la composante haute fréquence ainsi créée avec le signal de son optimisé préalablement retardé par une cellule à retard, de manière à obtenir un signal optimisé augmenté comportant une composante basse fréquence et une composante haute fréquence recrée.

[0026] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention. Elles montrent :

Figure 1 : une représentation schématique d'une radio selon l'invention équipée d'un module selon l'invention permettant d'optimiser la réception de la radio ;

Figure 2 : une représentation schématique d'un mode de réalisation perfectionné de l'invention dans lequel la partie basse fréquence des signaux droit et gauche n'est pas appliquée en entrée du module de décorrélation selon l'invention ;

Figure 3 : une représentation schématique d'un module de génération de composante haute fréquence pour les signaux de son stéréo à diffuser ;

Figures 4a-4e : des représentations très schématiques des signaux observables lors de l'utilisation du module de génération de composante haute fréquence de la Figure 3.

[0027] Les éléments identiques conservent la même référence d'une figure à l'autre.

[0028] La Figure 1 montre une radio 1 selon l'invention équipée d'un récepteur 2 radio standard analogique comprenant un tuner 3 en relation avec un module 5 de décorrélation.

[0029] De manière connue en soi, le tuner 3 est apte à sélectionner un canal C_i parmi un ensemble de canaux radio-fréquentiels C_1-C_n et à démoduler un premier et un deuxième signal contenus dans le canal. Il est connu que le premier signal S_G+S_D correspond à la somme du signal de son gauche S_G et du signal de son droit S_D ; tandis que le deuxième signal correspond au signal S_G-S_D , c'est-à-dire à la soustraction du signal de son droit S_D au signal de son gauche S_G . Le premier et le deuxième signal sont alors combinés de manière connue en soi pour obtenir le signal stéréo formé par le signal de son droit S_D et le signal de son gauche S_G démodulé.

[0030] Ces signaux de son droit S_D et gauche S_G sont appliqués en entrée du module 5 de décorrélation qui va les

décorrélér l'un par rapport à l'autre en fonction d'un coefficient de qualité de réception « alpha » fourni par le tuner 3. A cet effet, le tuner 3 comporte une cellule 6 de calcul permettant d'obtenir le coefficient alpha de qualité de réception. Plus « alpha » est grand, plus les signaux S_G et S_D sont proches des signaux émis ; tandis que plus « alpha » est petit, plus les signaux S_G et S_D sont corrélés (et donc plus la radio tend à fonctionner en mode monophonique).

[0031] On adapte le taux de décorrélation variable du module 5 en fonction du coefficient de qualité de réception « alpha » pour rétablir l'effet de stéréo. Ainsi plus les signaux S_G et S_D sont corrélés (plus « alpha » est petit), plus le taux de décorrélation du module 5 est important ; tandis que plus les signaux S_G et S_D sont proches des signaux émis (plus « alpha » est grand), moins le taux de décorrélation du module de décorrélation est important. Ainsi, dans le cas d'une bonne réception, il est possible que le taux de décorrélation appliqué par le module 5 de décorrélation soit nul.

[0032] A cet effet, le module 5 de décorrélation est formé de deux blocs 9.1, 9.2 élémentaires en entrée desquels on applique respectivement le signal de son droit S_D et de son gauche S_G , la sortie s_1, s_2 de ces blocs 9.1, 9.2 correspondant respectivement au signal de son droit optimisé S_{DO} et au signal de son gauche optimisé S_{GO} . Le signal de sortie s_1, s_2 de chaque bloc 9.1, 9.2 est fonction du signal d'entrée e_1, e_2 du bloc pondéré par un premier gain g_1, g_3 et de la combinaison des signaux d'entrée e_1, e_2 et du signal de sortie s_1, s_2 du bloc pondéré par un deuxième gain g_2, g_4 retardés par une ligne à retard 10.1, 10.2.

[0033] Selon une réalisation, le signal d'entrée e_1, e_2 du bloc 9.1, 9.2 est relié à une entrée d'un premier sommateur 11.1, 11.2 et appliqué sur une entrée d'un deuxième sommateur 12.1, 12.2 après avoir été multiplié par le premier gain g_1, g_3 . Le signal de sortie s_1, s_2 du bloc est appliqué sur une autre entrée du premier sommateur 11.1, 11.2 après avoir été multiplié par le deuxième gain g_2, g_4 , le signal de sortie du premier sommateur 11.1, 11.2 étant appliqué en entrée de la ligne à retard 10.1, 10.2. Le signal de sortie de ligne à retard 10.1, 10.2 est appliqué sur une autre entrée du deuxième sommateur 11.1, 11.2, le signal de sortie de ce deuxième sommateur 11.1, 11.2 correspondant au signal de sortie s_1, s_2 du bloc élémentaire 9.1, 9.2 (et donc au signal de son droit et gauche optimisé S_{DO}, S_{GO} dans la Figure 1).

[0034] Ainsi pour le premier bloc élémentaire 9.1, on a :

$$s_1(n) = e_1(n) \cdot g_1 + s_1(n-D1) \cdot g_2 + e_1(n-D1)$$

e_1 étant le signal d'entrée du premier bloc 9.1 correspondant au signal de son droit démodulé S_D ,
 s_1 étant le signal de sortie du premier bloc 9.1 correspondant au signal de son droit optimisé S_{DO} ,
 g_1, g_2 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du premier bloc 9.1,
 $D1$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard 10.1.

[0035] Pour le deuxième bloc élémentaire 9.2, on a :

$$s_2(n) = e_2(n) \cdot g_3 + s_2(n-D2) \cdot g_4 + e_2(n-D2)$$

e_2 étant le signal d'entrée du deuxième bloc 9.2 correspondant au signal de son gauche démodulé S_G ,
 s_2 étant le signal de sortie du deuxième bloc 9.2 correspondant au signal de son gauche optimisé S_{GO} ,
 g_3, g_4 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du deuxième bloc 9.2,
 $D2$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard 10.2.

[0036] De préférence, à l'intérieur d'un même bloc 9.1 (resp. 9.2), le premier gain g_1 (resp. g_3) et le deuxième gain g_2 (resp. g_4) présentent des valeurs opposées l'une par rapport à l'autre. Chaque bloc 9.1, 9.2 se comporte alors comme un filtre de type passe-tout qui ne modifie pas le gain du signal d'entrée e_1, e_2 mais uniquement sa phase.

[0037] En outre, les gains g_1, g_2 du premier bloc 9.1 et les gains g_3, g_4 du deuxième bloc 9.2 présentent de préférence des valeurs opposées les uns des autres. Ainsi, la valeur du premier gain g_1 du premier bloc 9.1 est opposée à la valeur du premier gain g_3 du deuxième bloc 9.2 ; tandis que la valeur du deuxième gain g_2 du premier bloc 9.1 est opposée à la valeur du deuxième gain g_4 du deuxième bloc 9.2.

[0038] On choisira également de préférence des gains pour le premier 9.1 et le deuxième 9.2 blocs qui ont une valeur absolue identique g . Ainsi de préférence, le premier gain g_1 du premier bloc 9.1 et le deuxième gain g_4 du deuxième bloc 9.2 présentent une valeur g ; tandis que le deuxième gain g_2 du premier bloc 9.1 et le premier g_3 gain du deuxième bloc 9.2 présente une valeur $-g$.

[0039] De préférence, les retards $D1, D2$ introduits par la ligne à retard 10.1 du premier bloc élémentaire 9.1 et la ligne à retard 10.2 du deuxième bloc 9.2 élémentaire sont égaux et valent 176. Toutefois, il serait possible de choisir des retards $D1, D2$ ayant des durées différentes.

[0040] Pour faire varier le taux de décorrélation du module 5 de décorrélation, on fait varier les paramètres g_1, g_2 ,

g3, g4, D1, D2 des blocs élémentaires 9.1, 9.3. A cet effet, un tableau 15 stocké en mémoire établit la correspondance entre les paramètres de chaque bloc 9.1, 9.2 (premier gain g_1 , g_3 et deuxième gain g_2 , g_4 et retard D1, D2 de la ligne 10.1, 10.2) et le coefficient « alpha » de qualité de réception, les paramètres de chaque bloc 9.1, 9.2 étant sélectionnés en fonction du coefficient « alpha » de qualité de réception fourni par la radio.

[0041] Dans un perfectionnement de l'invention montré sur la Figure 2, on utilise en outre un étage 17 composé de filtres passe haut 18 et de filtres passe bas 19 permettant de séparer les signaux basses fréquences des signaux hautes fréquences dans les signaux droit S_D et gauche S_G . Dans ce cas, seule la partie haute fréquence des signaux droit S_D et gauche S_G est appliquée en entrée du module 5 de décorrélation.

[0042] La partie basse fréquence des signaux droit S_D et gauche S_G est appliquée en entrée d'une troisième ligne à retard 23 et les parties basses fréquences des signaux droit S_D et gauche S_G ainsi retardées sont sommées respectivement avec les signaux obtenus en sorties des blocs 9.1, 9.2, de manière à obtenir les signaux de son droit et gauche optimisés S_{DO} et S_{GO} .

[0043] Cela permet d'améliorer le rendu sonore final car on s'aperçoit que statistiquement les signaux basse fréquence sont très corrélés, il n'y a donc pas lieu de les décorrélérer à l'aide du module de décorrélation car sinon la perception audiophonique de l'ensemble ne serait pas agréable à l'oreille.

[0044] Dans un exemple, le retard D3 de la troisième ligne 23 vaut 176 (avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1 kHz).

[0045] En outre, il est possible d'utiliser des cellules d'égalisation paramétriques 25.1, 25.2 connectées en sortie de chaque bloc élémentaire 9.1, 9.2 avant sommation avec la partie basse fréquence retardée. Ces cellules d'égalisation ont pour effet de modifier la perception des signaux de sortie s_1 , s_2 de ces blocs 9.1, 9.2, car même si les signaux s_1 , s_2 présentent des niveaux sensiblement identiques, il existe des différences dans leur perception en raison de la décorrélation qu'ils présentent l'un par rapport à l'autre. En conséquence, il peut être utile de modifier perceptivement ces signaux pour que l'impression auditive d'ensemble soit la meilleure possible.

[0046] A cet effet, les cellules 25.1, 25.2 d'égalisation comportent chacun un filtre dont le gain et la phase peuvent être réglés en fonction de différentes bandes de fréquence des signaux s_1 , s_2 et un gain qui agit sur l'ensemble du spectre des signaux s_1 , s_2 . Ces paramètres de gain et de phase sont adaptés par des ingénieurs du son notamment en fonction de l'application envisagée.

[0047] On note que plus la qualité de réception est mauvaise, plus on a tendance à supprimer la partie haute fréquence des signaux reçus car les parasites se situent le plus souvent dans les bandes de fréquences hautes. En revanche, plus la qualité de réception est bonne plus on a tendance à conserver la composante haute fréquence des signaux reçus.

[0048] L'invention permet de recréer une composante haute fréquence des signaux de son droit S_{DO} ou gauche S_{GO} qui a été supprimée en cas de mauvaise réception. Cet aspect de l'invention est indépendant du principe technique de la création de la stéréo en cas de mauvaise réception et pourrait être donc être mise en oeuvre indépendamment de ce principe.

[0049] A cet effet, les signaux de son gauche S_{GO} et droit S_{DO} , qui sont formés essentiellement d'une composante basse fréquence S_{BF} inférieure à la fréquence de coupure f_c (voir Figure 4a), sont appliqués chacun en entrée d'un module 35 de génération des aigus montré en détails sur la Figure 3

[0050] Ce module 35 comporte un premier filtre 36 passe-bande en entrée duquel le signal de son gauche S_{GO} (resp. droit S_{DR}) est appliqué. Ce premier filtre 36 permet d'isoler la partie de plus haute fréquence du signal d'entrée S_{GO} (resp. S_{DO}) comprise entre une borne inférieure et une borne supérieure. Dans un exemple, la borne supérieure est égale à la fréquence de coupure f_c , et la borne inférieure est égale à f_c/N , N valant de préférence 2 ou 4. La partie isolée S_i du signal obtenue en sortie du filtre passe-bande 36 est montrée sur la Figure 4b.

[0051] La partie isolée S_i est ensuite appliquée en entrée d'un processeur 38 de type non linéaire qui permet de dupliquer fréquemment le signal isolé S_i en créant les harmoniques hautes fréquences à f_1 , f_2 , f_n de ce signal S_i , ce qui permet de remplir le spectre de fréquences dans la zone des hautes fréquences. Le signal dupliqué S_D , ainsi obtenu en sortie du processeur 38 non linéaire est montré sur la Figure 4c. De préférence, comme représenté, les harmoniques du signal S_D présentent une amplitude qui décroît de avec l'augmentation de la fréquence.

[0052] On isole ensuite la partie haute fréquence du signal dupliqué S_D (sans la partie isolée S_i à partir duquel il a été obtenu) afin d'obtenir une composante haute fréquence S_{HF} de signal de son montrée sur la Figure 4d. A cette fin, on utilise un filtre passe-bande 39 présentant une borne inférieure et une borne supérieure. Dans un exemple, la borne inférieure vaut f_c tandis que la borne supérieure vaut $M.f_c$, M valant par exemple 2 ou 4.

[0053] Par ailleurs, le signal de son gauche S_{GO} (resp. droit S_{DO}) restitué est filtré à l'aide d'un filtre passe-bas 41 ayant une fréquence de coupure sensiblement égale à f_c pour ne conserver que la composante basse fréquence S_{BF} du signal restitué S_{GR} , S_{DR} . La partie basse fréquence S_{BF} est ensuite retardée d'un retard D4 à l'aide d'une cellule 42 à retard. Ce retard D4 est de l'ordre de quelques échantillons.

[0054] Ensuite, la composante basse fréquence S_{BF} est sommée avec la composante haute fréquence S_{HF} à l'aide d'un sommateur 44, afin d'obtenir un signal de son optimisé augmenté gauche S_{GOA} (resp. droit S_{DOA}) formé de la composante initiale basse fréquence S_{BF} du signal de son optimisé et de la composante haute fréquence S_{HF} ainsi

créée par le procédé selon l'invention.

[0055] De préférence, mais cela n'est pas obligatoire, une cellule de post-traitement 45 modifie la forme de la réponse spectrale de la composante haute fréquence S_{HF} , et des gains g_8 et g_9 sont appliqués sur les composantes haute fréquence S_{HF} et basse fréquence S_{BF} avant sommation par le sommateur 44.

[0056] Les paramètres des filtres 36, 39, 41 dépendent du coefficient « alpha » de qualité de réception. En effet, les filtres 36, 39, 41 présentent des bornes qui dépendent de la fréquence de coupure f_c . Comme cette fréquence de coupure f_c dépend du coefficient « alpha », les bornes dépendent également du coefficient « alpha ». Il existe donc une table 47 établissant la correspondance entre le coefficient « alpha » de qualité de réception et les paramètres de filtres associés permettant de générer la composante haute fréquence des signaux de son gauche et droit.

[0057] Les paramètres de la cellule 45 de post-traitement, du processeur 38 non linéaire, de la cellule 42 à retard, et de gains g_8 et g_9 dépendent également de préférence du coefficient « alpha » de qualité de réception.

[0058] Les paramètres des modules de génération des aigus 35 qui traitent le signal de son gauche S_{GR} et le signal de son droit S_{DR} sont de préférence symétriques, c'est-à-dire que le module 35 qui traite le signal de son gauche S_{GR} présente des paramètres de même valeur que le module 35 qui traite le signal de son droit S_{DR} .

Revendications

1. Procédé d'optimisation de la réception stéréo dans une radio analogique, qui comporte les étapes suivantes :

- on sélectionne un canal radio (c_i) donné parmi un ensemble de canaux fréquentiels (C_1, c_n),
- on démodule les signaux de ce canal (c_i) pour obtenir un signal de son droit (S_D) et un signal de son gauche (S_G) démodulés,
- on décorrèle le signal de son droit (S_D) et le signal de son gauche (S_G) démodulés, à l'aide d'un module (5) de décorrélant, de manière à obtenir des signaux décorrélés l'un par rapport à l'autre appelés respectivement signal de son droit (S_{DO}) décorrélé dit « optimisé » et signal de son gauche (S_{GO}) décorrélé dit « optimisé », ce module (5) de décorrélant ayant un taux de décorrélant variable,

caractérisé en ce que

- la radio fournissant un coefficient « alpha » de qualité de réception, on modifie le taux de décorrélant du module (5) de décorrélant en fonction de ce coefficient « alpha », de sorte que plus le coefficient de qualité de réception « alpha » est petit, c'est à dire plus les signaux démodulés SG et SD sont corrélés, plus le taux de décorrélant appliqué par le module (5) de décorrélant est important, et plus le taux de qualité de réception « alpha » est grand, c'est à dire plus les signaux démodulés SG et SD sont proches des signaux émis, moins le taux de décorrélant appliqué par le module (5) de décorrélant est important.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que :

- le module (5) de décorrélant est formé par deux blocs (9.1, 9.2) élémentaires en entrée desquels on applique le signal de son droit (S_D) et le signal de son gauche (S_G) démodulés, le signal de sortie de ces blocs (9.1, 9.2) correspondant respectivement au signal électrique de son droit optimisé (S_{DO}) et au signal électrique de son gauche optimisé (S_{GO}),
- le signal de sortie de chaque bloc (9.1, 9.2) étant la combinaison du signal d'entrée (e_1, e_2) du bloc pondéré par un premier gain (g_1, g_3), et de la combinaison du signal de sortie (s_1, s_2) du bloc pondéré par un deuxième gain (g_2, g_4) et des signaux d'entrée (e_1, e_2) du bloc retardée par une ligne à retard (10.1, 10.2).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que pour modifier le taux de décorrélant du module (5) de décorrélant, on modifie les paramètres de gain (g_1 - g_4) et de retard ($D1, D2$) des blocs élémentaires.

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que :

- on stocke au préalable en mémoire un tableau (15) établissant la correspondance entre les paramètres de chaque blocs (g_1 - $g_4, D1, D2$) et le coefficient « alpha » de qualité de réception, et
- on modifie le taux de décorrélant du module (5) de décorrélant en sélectionnant les paramètres (g_1 - $g_4, D1, D2$) correspondant au coefficient de qualité de réception « alpha ».

5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que

- pour le premier bloc élémentaire (9.1), on a :

$$s_1(n) = e_1(n) \cdot g_1 + s_1(n-D1) \cdot g_2 + e_1(n-D1)$$

e_1 étant le signal d'entrée du premier bloc (9.1) correspondant au signal de son droit démodulé (S_D),
 s_1 étant le signal de sortie du premier bloc correspondant au signal de son droit optimisé (S_{DO}),
 g_1, g_2 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du premier bloc (9.1),
 $D1$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard (10.1), et

- pour le deuxième bloc élémentaire (9.2), on a :

$$s_2(n) = e_2(n) \cdot g_3 + s_2(n-D2) \cdot g_4 + e_2(n-D2)$$

e_2 étant le signal d'entrée du deuxième bloc correspondant au signal de son gauche démodulé (S_G),
 s_2 étant le signal de sortie du deuxième bloc correspondant au signal de son gauche optimisé (S_{GO}),
 g_4, g_3 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du deuxième bloc (9.2),
 $D2$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard (10.2).

6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** à l'intérieur d'un même bloc (9.1, 9.2), le premier gain (g_1, g_3) et le deuxième gain (g_2, g_4) présentent des valeurs opposées l'une par rapport à l'autre.
7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, **caractérisé en ce que** les gains (g_1, g_2) du premier bloc (9.1) et les gains (g_3, g_4) du deuxième bloc (9.2) présentent des valeurs opposées les unes des autres, la valeur du premier gain (g_1) du premier bloc (9.1) étant opposée à la valeur du premier gain (g_3) du deuxième bloc (9.2) ; tandis que la valeur du deuxième gain (g_2) du premier bloc (9.1) est opposée à la valeur du deuxième gain (g_4) du deuxième bloc (9.2).
8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7, **caractérisé en ce que** le premier gain (g_1) du premier bloc (9.1) et le deuxième gain (g_4) du deuxième bloc (9.2) présentent une valeur g ; tandis que le deuxième gain (g_2) du premier bloc (9.1) et le premier gain (g_3) du deuxième bloc (9.2) présentent une valeur $-g$.
9. Procédé selon l'une des revendications 2 à 8, **caractérisé en ce que** les retards ($D1, D2$) introduits par la ligne à retard (10.1) du premier bloc élémentaire (9.1) et la ligne à retard (10.2) du deuxième bloc (9.2) élémentaire sont égaux.
10. Procédé selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** on filtre au préalable les signaux droit (S_D) et gauche (S_G) démodulés à l'aide de filtres (18) passe haut et on applique uniquement la partie haute fréquence de ces signaux (S_D, S_G) en entrée du module (5) de décorrélation.
11. Procédé selon la revendication 10, **caractérisé en ce que** :
 - on filtre la partie basse fréquence des signaux droit (S_D) et gauche (S_G) démodulés,
 - on retarde la partie basse fréquence ainsi filtrée d'un troisième retard ($D3$), et
 - pour obtenir le signal de son droit optimisé (S_{DO}) et le signal de son gauche optimisé (S_{GO}), on somme les parties basses fréquences ainsi retardées du signal de son droit (S_D) et du signal de son gauche (S_G) respectivement avec le signal de son droit (s_1) et le signal de son gauche (s_2) obtenus en sortie du module (5) de décorrélation à partir des parties hautes fréquence des signaux gauche et droit démodulés.
12. Procédé selon l'une des revendications 2 à 11, **caractérisé en ce que** on filtre (en gain et phase) les signaux de sortie de chaque bloc élémentaire (9.1, 9.2) au moyen de cellules de filtrage paramétriques pour modifier la perception sonore de ces signaux de sortie.
13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** pour chaque signal de son droit (S_{DO}) et gauche (S_{GO}) optimisé formé essentiellement d'une composante basse fréquence (S_{BF}) inférieure à une fréquence de coupure (f_c),

- on isole la partie de plus haute fréquence du signal de son optimisé (S_{DO} , S_{GO}) à l'aide d'un premier filtre (36) de type passe-bande,
- on applique à la partie isolée (S_i) un processeur non linéaire (38) qui crée les harmoniques haute fréquence du signal isolé pour obtenir un signal dupliqué (S_D),
- on applique un deuxième filtre passe-bande au signal dupliqué (S_D) pour former une composante haute fréquence (SHF),
- on combine (44) la composante haute fréquence (SHF) ainsi créée avec le signal de son optimisé (S_{DO} , S_{GO}) préalablement retardé par une cellule (42) à retard, et
- on obtient un signal optimisé augmenté (S_{DOA} , S_{GOA}) comportant une composante basse fréquence (S_{BF}) et une composante haute fréquence (S_{HF}) recrée.

14. Procédé selon la revendication 13, **caractérisé en ce que** les bornes supérieures et inférieures du filtre passe-bande (36) sont fonction du coefficient « alpha » de qualité de réception.

15. Récepteur de radio analogique optimisé, qui comporte :

- un tuner apte à sélectionner un canal radio (c_i) donné parmi un ensemble de canaux fréquentiels (c_1 , c_n), et à démoduler les signaux de ce canal (c_i) pour obtenir un signal de son droit (S_D) et un signal de son gauche (SG) démodulés,
- un module (5) de décorrélation apte à générer, à partir des signaux de son droit (SD) et du signal de son gauche (SG) démodulés, des signaux décorrélés l'un par rapport à l'autre appelés respectivement signal de son droit (S_{DO}) décorrélé dit « optimisé » et signal de son gauche (S_{GO}) décorrélé dit « optimisé », ce module (5) de décorrélation ayant un taux de décorrélation variable,

caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- une cellule de calcul (6) apte à fournir un coefficient « alpha » de qualité de réception,
- le module (5) de décorrélation étant apte à adapter son taux de décorrélation en fonction du coefficient « alpha » mesuré, de sorte que plus le coefficient de qualité de réception « alpha » est petit, c'est à dire plus les signaux démodulés SG et SD sont corrélés, plus le taux de décorrélation appliqué par le module (5) de décorrélation est important, et plus le coefficient de qualité de réception « alpha » est grand, c'est à dire plus les signaux démodulés SG et SD sont proches des signaux émis, moins le taux de décorrélation appliqué par le module (5) de décorrélation est important.

16. Récepteur de radio selon la revendication 15, **caractérisé en ce qu'il** comporte en outre un module (35) de génération des aigues comprenant :

- un premier filtre (36) de type passe-bande pour isoler la partie de plus haute fréquence du signal de son optimisé (S_{DO} , S_{GO}),
- un processeur non linéaire (38) qui crée les harmoniques haute fréquence appliqué à la partie isolée (S_i) du signal pour obtenir un signal dupliqué (S_D),
- un deuxième filtre passe-bande appliqué au signal dupliqué (S_D) pour former une composante haute fréquence (SHF),
- des moyens pour combiner (44) la composante haute fréquence (SHF) ainsi créée avec le signal de son optimisé (S_{DO} , S_{GO}) préalablement retardé par une cellule (42) à retard, de manière à obtenir un signal optimisé augmenté (S_{DOA} , S_{GOA}) comportant une composante basse fréquence (S_{BF}) et une composante haute fréquence (S_{HF}) recrée.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Optimierung des Stereoempfangs in einem Analogradio, das die folgenden Schritte aufweist:

- es wird ein gegebener Funkkanal (c_i) aus einer Gruppe von Frequenzkanälen (c_1 , c_n) ausgewählt,
- die Signale dieses Kanals (c_i) werden demoduliert, um ein demoduliertes rechtes Tonsignal (S_D) und linkes Tonsignal (S_G) zu erhalten,
- das demodulierte rechte Tonsignal (S_D) und linke Tonsignal (S_G) werden mit Hilfe eines Dekorrelationsmoduls (5) dekorreliert, um voneinander dekorrelierte Signale zu erhalten, die als so genanntes "optimiertes" dekorre-

liertes rechtes Tonsignal (S_{DO}) bzw. so genanntes "optimiertes" dekorreliertes linkes Tonsignal (S_{GO}) bezeichnet werden, wobei dieses Dekorrelationsmodul (5) einen variablen Dekorrelationsgrad hat,

dadurch gekennzeichnet, dass

- da das Radio einen "Alpha"-Koeffizient der Empfangsqualität liefert, der Dekorrelationsgrad des Dekorrelationsmoduls (5) abhängig von diesem "Alpha"-Koeffizienten geändert wird, so dass, je kleiner der "Alpha"-Koeffizient der Empfangsqualität ist, d.h. je stärker die demodulierten Signale SG und SD korreliert sind, desto größer ist der vom Dekorrelationsmodul (5) angewendete Dekorrelationsgrad, und je größer der "Alpha"-Empfangsqualitätsgrad ist, d.h. je näher die demodulierten Signale SG und SD den gesendeten Signalen sind, desto weniger groß ist der vom Dekorrelationsmodul (5) angewendete Dekorrelationsgrad.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass:

- das Dekorrelationsmodul (5) von zwei Elementarblöcken (9.1, 9.2) gebildet wird, an deren Eingang das demodulierte rechte Tonsignal (S_D) und linke Tonsignal (S_G) angelegt werden, wobei das Ausgangssignal dieser Blöcke (9.1, 9.2) dem optimierten rechten elektrischen Tonsignal (S_{DO}) bzw. dem optimierten linken elektrischen Tonsignal (S_{GO}) entspricht,
 - wobei das Ausgangssignal jedes Blocks (9.1, 9.2) die Kombination des Eingangssignals (e_1, e_2) des durch eine erste Verstärkung (g_1, g_3) gewichteten Blocks und die Kombination des Ausgangssignals (s_1, s_2) des durch eine zweite Verstärkung (g_2, g_4) gewichteten Blocks und der Eingangssignale (e_1, e_2) des Blocks verzögert durch eine Verzögerungsleitung (10.1, 10.2) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Änderung des Dekorrelationsgrads des Dekorrelationsmoduls (5) die Verstärkungs- (g_1 - g_4) und Verzögerungsparameter ($D1, D2$) der Elementarblöcke geändert werden.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass:

- vorab eine Tabelle (15) gespeichert wird, die die Entsprechung zwischen den Parametern jedes Blocks (g_1 - $g_4, D1, D2$) und dem "Alpha"-Koeffizient der Empfangsqualität erstellt, und
 - der Dekorrelationsgrad des Dekorrelationsmoduls (5) geändert wird, indem die Parameter (g_1 - $g_4, D1, D2$) entsprechend dem "Alpha"-Koeffizienten der Empfangsqualität ausgewählt werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass

- für den ersten Elementarblock (9.1) gilt:

$$s_1(n) = e_1(n) \cdot g_1 + s_1(n-D1) \cdot g_2 + e_1(n-D1),$$

wobei

e_1 das Eingangssignal des ersten Blocks (9.1) entsprechend dem demodulierten rechten Tonsignal (S_D) ist, s_1 das Ausgangssignal des ersten Blocks entsprechend dem optimierten rechten Tonsignal (S_{DO}) ist, g_1, g_2 die Werte der ersten Verstärkung bzw. der zweiten Verstärkung des ersten Blocks (9.1) sind, $D1$ der Wert der Anzahl von Verzögerungstastproben ist, die durch die Verzögerungsleitung (10.1) eingeführt wird, und

- für den zweiten Elementarblock (9.2) gilt:

$$s_2(n) = e_2(n) \cdot g_3 + s_2(n-D2) \cdot g_4 + e_2(n-D2),$$

wobei

e_2 das Eingangssignal des zweiten Blocks entsprechend dem demodulierten linken Tonsignal (S_G) ist,

s_2 das Ausgangssignal des zweiten Blocks entsprechend dem optimierten linken Tonsignal (S_{GO}) ist, g_4 , g_3 die Werte der ersten Verstärkung bzw. der zweiten Verstärkung des zweiten Blocks (9.2) sind, $D2$ der Wert der Anzahl von Verzögerungstapen ist, die durch die Verzögerungsleitung (10.2) eingeführt wird.

- 5
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Inneren eines gleichen Blocks (9.1, 9.2) die erste Verstärkung (g_1 , g_3) und die zweite Verstärkung (g_2 , g_4) zueinander entgegengesetzte Werte haben.
- 10
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Verstärkungen (g_1 , g_2) des ersten Blocks (9.1) und die Verstärkungen (g_3 , g_4) des zweiten Blocks (9.2) zueinander entgegengesetzte Werte haben, wobei der Wert der ersten Verstärkung (g_1) des ersten Blocks (9.1) dem Wert der ersten Verstärkung (g_3) des zweiten Blocks (9.2) entgegengesetzt ist; während der Wert der zweiten Verstärkung (g_2) des ersten Blocks (9.1) dem Wert der zweiten Verstärkung (g_4) des zweiten Blocks (9.2) entgegengesetzt ist.
- 15
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** die erste Verstärkung (g_1) des ersten Blocks (9.1) und die zweite Verstärkung (g_4) des zweiten Blocks (9.2) einen Wert g haben; während die zweite Verstärkung (g_2) des ersten Blocks (9.1) und die erste Verstärkung (g_3) des zweiten Blocks (9.2) einen Wert $-g$ haben.
- 20
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die von der Verzögerungsleitung (10.1) des ersten Elementarblocks (9.1) und der Verzögerungsleitung (10.2) des zweiten Elementarblocks (9.2) eingeführten Verzögerungen ($D1$, $D2$) gleich sind.
- 25
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** vorab die demodulierten rechten (S_D) und linken Signale (S_G) mit Hilfe von Hochpassfiltern (18) gefiltert werden und nur der Hochfrequenzteil dieser Signale (S_D , S_G) am Eingang des Dekorrelationsmoduls (5) angelegt wird.
- 30
11. Verfahren nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass**:
 - der Niederfrequenzteil der demodulierten rechten (S_D) und linken Signale (S_G) gefiltert wird,
 - der so gefilterte Niederfrequenzteil um eine dritte Verzögerung ($D3$) verzögert wird, und
 - um das optimierte rechte Tonsignal (S_{DO}) und das optimierte linke Tonsignal (S_{GO}) zu erhalten, die so verzögerten Niederfrequenzteile des rechten Tonsignals (S_D) und des linken Tonsignals (S_G) mit dem rechten Tonsignal (s_1) und linken Tonsignal (s_2) summiert werden, die ausgehend von den Hochfrequenzteilen der demodulierten linken und rechten Signale am Ausgang des Dekorrelationsmoduls (5) erhalten werden.
- 35
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Ausgangssignale jedes Elementarblocks (9.1, 9.2) mittels parametrischer Filterzellen (in Verstärkung und Phase) gefiltert werden, um die Klangwahrnehmung dieser Ausgangssignale zu verändern.
- 40
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jedes optimierte rechte (S_{DO}) und linke Tonsignal (S_{GO}), das hauptsächlich von einer Niederfrequenzkomponente (S_{BF}) niedriger als eine Grenzfrequenz (f_c) gebildet wird,
 - der Teil höchster Frequenz des optimierten Tonsignals (S_{DO} , S_{GO}) mit Hilfe eines ersten Filters (36) der Art Bandpassfilter isoliert wird,
 - an den isolierten Teil (S_i) ein nicht linearer Prozessor (38) angewendet wird, der die Hochfrequenzharmonischen des isolierten Signals erzeugt, um ein dupliziertes Signal (S_D) zu erhalten,
 - ein zweites Bandpassfilter an das duplizierte Signal (S_D) angewendet wird, um eine Hochfrequenzkomponente (S_{HF}) zu bilden,
 - die so erzeugte Hochfrequenzkomponente (S_{HF}) mit dem vorher durch eine Verzögerungszelle (42) verzögerten optimierten Tonsignal (S_{DO} , S_{GO}) kombiniert wird (44), und
 - ein erweitertes optimiertes Signal (S_{DOA} , S_{GOA}) erhalten wird, das eine Niederfrequenzkomponente (S_{BF}) und eine rekonstruierte Hochfrequenzkomponente (S_{HF}) aufweist.
- 45
14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** die oberen und unteren Anschlüsse des Bandpassfilters (36) vom "Alpha"-Koeffizienten der Empfangsqualität abhängen.
- 50
- 55

15. Optimierter analoger Radioempfänger, der aufweist:

- einen Tuner, der einen gegebenen Funkkanal (c_i) aus einer Gruppe von Frequenzkanälen (c_1, c_n) auswählen und die Signale dieses Kanals (c_i) demodulieren kann, um ein demoduliertes rechtes Tonsignal (S_D) und linkes Tonsignal (S_G) zu erhalten,
- ein Dekorrelationsmodul (5), das ausgehend vom demodulierten rechten Tonsignal (S_D) und linken Tonsignal (S_G) voneinander dekorrelierte Signale erzeugen kann, die als so genanntes "optimiertes" dekorreliertes rechtes Tonsignal (S_{DO}) bzw. so genanntes "optimiertes" dekorreliertes linkes Tonsignal (S_{GO}) bezeichnet werden, wobei dieses Dekorrelationsmodul (5) einen variablen Dekorrelationsgrad hat,

dadurch gekennzeichnet, dass er außerdem aufweist:

- eine Rechenzelle (6), die einen "Alpha"-Koeffizienten der Empfangsqualität liefern kann,
- wobei das Dekorrelationsmodul (5) seinen Dekorrelationsgrad abhängig vom gemessenen "Alpha"-Koeffizienten anpassen kann, so dass, je kleiner der "Alpha"-Koeffizient der Empfangsqualität ist, d.h. je stärker die demodulierten Signale S_G und S_D korreliert sind, desto größer ist der vom Dekorrelationsmodul (5) angewendete Dekorrelationsgrad, und je größer der "Alpha"-Koeffizient der Empfangsqualität ist, d.h. je näher die demodulierten Signale S_G und S_D den gesendeten Signalen sind, desto weniger groß ist der vom Dekorrelationsmodul (5) angewendete Dekorrelationsgrad.

16. Radioempfänger nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** er außerdem ein Modul (35) zur Erzeugung der Diskanten aufweist, das enthält:

- ein erstes Filter (36) der Art Bandpassfilter, um den Teil höchster Frequenz des optimierten Tonsignals (S_{DO}, S_{GO}) zu isolieren,
- einen nicht linearen Prozessor (38), der die Hochfrequenzharmonischen erzeugt, angewendet an den isolierten Teil (S_i) des Signals, um ein dupliziertes Signal ($S_{D'}$) zu erhalten,
- ein zweites Bandpassfilter, das an das duplizierte Signal ($S_{D'}$) angewendet wird, um eine Hochfrequenzkomponente (S_{HF}) zu bilden,
- Einrichtungen, um die so erzeugte Hochfrequenzkomponente (S_{HF}) mit dem vorab von einer Verzögerungszelle (42) verzögerten optimierten Tonsignal (S_{DO}, S_{GO}) zu kombinieren (44), um ein erweitertes optimiertes Signal (S_{DOA}, S_{GOA}) zu erhalten, das eine Niederfrequenzkomponente (S_{BF}) und eine rekonstruierte Hochfrequenzkomponente (S_{HF}) aufweist.

Claims

1. A method for optimizing the stereo reception in an analog radio set, which comprises the following steps:

- a given radio channel (c_i) is selected among a number of frequency channels (C_1, C_n),
- the signals in this channel (c_i) are demodulated in order to obtain a demodulated right sound signal (S_D) and a demodulated left sound signal (S_G),
- the demodulated right sound signal (S_D) and the demodulated left sound signal (S_G) are decorrelated, by means of a decorrelating module (5), so as to obtain signals decorrelated relative to one another respectively decorrelated and called "optimized" right sound signal (S_{DO}) and decorrelated and called "optimized" left sound signal (S_{GO}), this decorrelating module (5) having a variable decorrelation ratio,

characterized in that

- the radio set providing a factor of reception quality "alpha", the decorrelation ratio of the decorrelating module (5) is modified according to this factor "alpha", so that the lower the factor of reception quality "alpha", that is the more the demodulated signals S_G and S_D are correlated, the higher the decorrelation ratio applied by the decorrelating module (5), and the higher the factor of reception quality "alpha", that is the more the demodulated signals S_G and S_D are close to the emitted signals, the lower the decorrelation ratio applied by the decorrelating module (5).

2. The method according to claim 1, **characterized in that**

- the decorrelating module (5) is formed by two elementary blocks (9.1, 9.2) to the input of which the demodulated right sound signal (S_D) and the demodulated left sound signal (S_G) are applied, the output signal of these blocks (9.1, 9.2) corresponding respectively to the optimized right electric sound signal (S_{DO}) and to the optimized left electric sound signal (S_{GO}),

- the output signal of each block being the combination of the input signal (e_1, e_2) of the block (9.1, 9.2) weighted by a first gain (g_1, g_3), and of the combination of the output signal (s_1, s_2) of the block weighted by a second gain (g_2, g_4) and of the input signals (e_1, e_2) of the block delayed by a delay line (10.1, 10.2).

3. The method according to claim 2, **characterized in that**, in order to modify the decorrelation ratio of the decorrelation module (5), the gain ($g_1 - g_4$) and delay ($D1, D2$) parameters of the elementary blocks are modified.

4. The method according to claim 2 or 3, **characterized in that**

- a table (15) giving the correspondence between the parameters of each blocks ($g_1 - g_4, D1, D2$) and the factor of reception quality "alpha" is first stored in a memory, and

- the decorrelation ratio of the decorrelating module (5) is modified by selecting the parameters ($g_1 - g_4, D1, D2$) corresponding to the factor of quality of reception "alpha".

5. The method according to any of claims 2 to 4, **characterized in that**

- for the first elementary block (9.1):

$$s_1(n) = e_1(n) \cdot g_1 + s_1(n-D1) \cdot g_2 + e_1(n-D1)$$

e_1 being the input signal of the first block (9.1) corresponding to the demodulated right sound signal (S_D),
 s_1 being the output signal of the first block corresponding to the optimized right sound signal (S_{DO}),
 g_1, g_2 being respectively the values of the first gain and the second gain of the first block (9.1),
 $D1$ being the value of the number of delay samples introduced by the delay line (10.1), and

- for the second elementary block (9.2):

$$s_2(n) = e_2(n) \cdot g_3 + s_2(n-D2) \cdot g_4 + e_2(n-D2),$$

e_2 being the input signal of the second block corresponding to the demodulated left sound signal (S_G),
 s_2 being the output signal of the second block corresponding to the optimized left sound signal (S_{GO}),
 g_4, g_3 being respectively the values of the first gain and the second gain of the second block (9.2),
 $D2$ being the value of the number of delay samples introduced by the delay line (10.2).

6. The method according to any of claims 2 to 5, **characterized in that**, inside a same block (9.1, 9.2), the first gain (g_1, g_3) and the second gain (g_2, g_4) have values opposite one another.

7. The method according to any of claim 2 to 6, **characterized in that** the gains (g_1, g_2) of the first block (9.1) and the gains (g_3, g_4) of the second block (9.2) have values opposite one another, the value of the first gain (g_1) of the first block (9.1) being opposite the value of the first gain (g_3) of the second block (9.2); while the value of the second gain (g_2) of the first block (9.1) is opposite the value of the second gain (g_4) of the second block (9.2).

8. The method according to any of claims 2 to 7, **characterized in that** the first gain (g_1) of the first block (9.1) and the second gain (g_4) of the second block (9.2) have a value g ; while the second gain (g_2) of the first block (9.1) and the first gain (g_3) of the second block (9.2) have a value $-g$.

9. The method according to any of claims 2 to 8, **characterized in that** the delays ($D1, D2$) introduced by the delay line (10.1) of the first elementary block (9.1) and by the delay line (10.2) of the second elementary block (9.2) are equal to one another.

10. The method according to any of claims 1 to 9, **characterized in that** the demodulated right (S_D) and left (S_G) signals

are first filtered by means of high-pass filters (18) and only the high frequency part of these signals (S_D , S_G) is applied to the input of the decorrelating module (5).

11. The method according to claim 10, characterized in that

- the low frequency part of the demodulated right (S_D) and left (S_G) signals is filtered,
- the thus-filtered low frequency part is delayed with a third delay (D_3), and
- in order to obtain the optimized right sound signal (S_{DO}) and the optimized left sound signal (S_{GO}), the thus-delayed low frequency parts of the right sound signal (S_D) and of the left sound signal (S_G) are added respectively to the right sound signal (s_1) and the left sound signal (s_2) obtained at the output of the decorrelating module (5) from the high frequency parts of the demodulated left and right signals.

12. The method according to any of claims 2 to 11, characterized in that the output signals of each elementary block (9.1, 9.2) are filtered (in gain and in phase) by means of parametric filtering cells in order to modify the sound perception of these output signals.

13. The method according to any of claims 1 to 12, characterized in that, for each optimized right (S_{DO}) and left (S_{GO}) sound signal mainly formed of a low frequency component (S_{BF}) lower than a cut-off frequency (f_c),

- the highest frequency part from the optimized sound signal (S_{DO} , S_{GO}) is isolated by means of a first filter (36) of the band-pass type,
- a nonlinear processor (38) which generates the high frequency harmonics of the isolated signal (S_i) is applied to the isolated part in order to obtain a duplicated signal (S_D),
- a second band-pass filter is applied to the duplicated signal (S_D) in order to form a high frequency component (SHF),
- the thus-generated high frequency component (SHF) is combined (44) with the optimized sound signal (S_{DO} , S_{GO}) delayed beforehand by a delay cell (42), and
- an increased optimized signal (S_{DOA} , S_{GOA}) comprising a low frequency component (S_{BF}) and a regenerated high frequency component (S_{HF}) is obtained.

14. The method according to claim 13, characterized in that the upper and lower limits of the band-pass filter (36) depend on the factor of reception quality "alpha".

15. An optimized analog radio receiver, which comprises:

- a tuner able to select a given radio channel (c_1) among a number of frequency channels (c_1 , c_n), and to demodulate the signals in this channel (c_i) in order to obtain a demodulated right sound signal (S_D) and a demodulated left sound signal (S_G),
- a decorrelating module (5) able to generate, from the demodulated right sound signal (S_D) and the demodulated left sound signal (S_G), signals decorrelated relative to one another respectively decorrelated and called "optimized" right sound signal (S_{DO}) and decorrelated and called "optimized" left sound signal (S_{GO}), this decorrelating module (5) having a variable decorrelation ratio,

characterized in that it further comprises:

- a calculation cell (6) able to provide a factor of reception quality "alpha",
- the decorrelating module (5) being able to adapt the decorrelation ratio of said decorrelating module (5) according to the factor "alpha" measured, so that the lower the factor of reception quality "alpha", that is the more the demodulated signals S_G and S_D are correlated, the higher the decorrelation ratio applied by the decorrelating module (5), and the higher the factor of reception quality "alpha", that is the more the demodulated signals S_G and S_D are close to the emitted signals, the lower the decorrelation ratio applied by the decorrelating module (5).

16. The radio receiver according to claim 15, characterized in that said radio receiver moreover comprises a module (35) for generating treble frequencies including:

- a first filter (36) of the band-pass type to isolate the highest frequency part from the optimized sound signal (S_{DO} , S_{GO}),

EP 2 517 387 B1

- a nonlinear processor (38) which generates the high frequency harmonics applied to the isolated part (Si) of the signal in order to obtain a duplicated signal (S_D),
- a second band-pass filter applied to the duplicated signal (S_D) in order to form a high frequency component (SHF),
- means for combining (44) the thus-generated high frequency component (SHF) with the optimized sound signal (SDO, SGO) delayed beforehand by a delay cell (42), so as to obtain an increased optimized signal comprising a low frequency component (S_{BF}) and a regenerated high frequency component (S_{HF}).

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

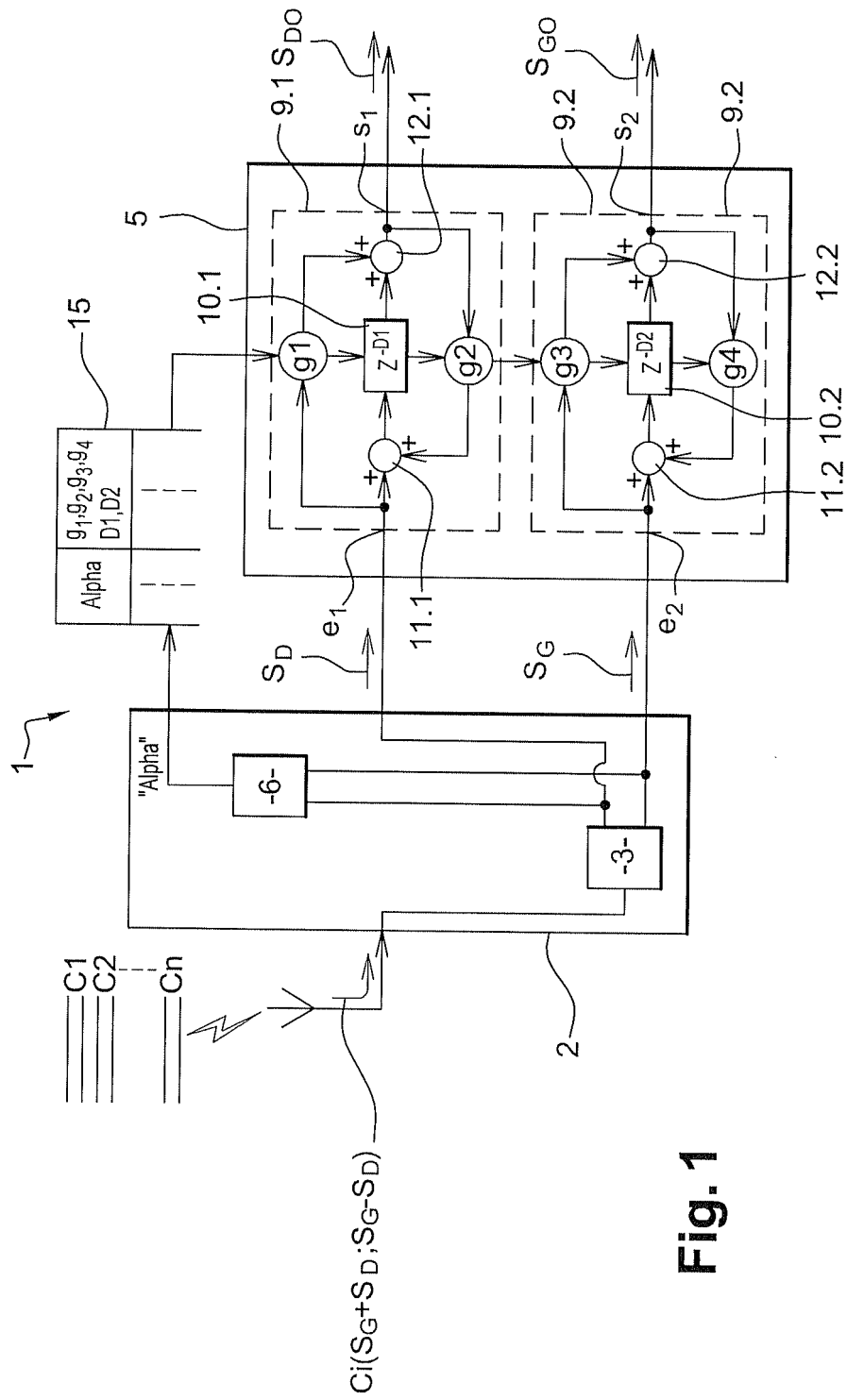


Fig. 1

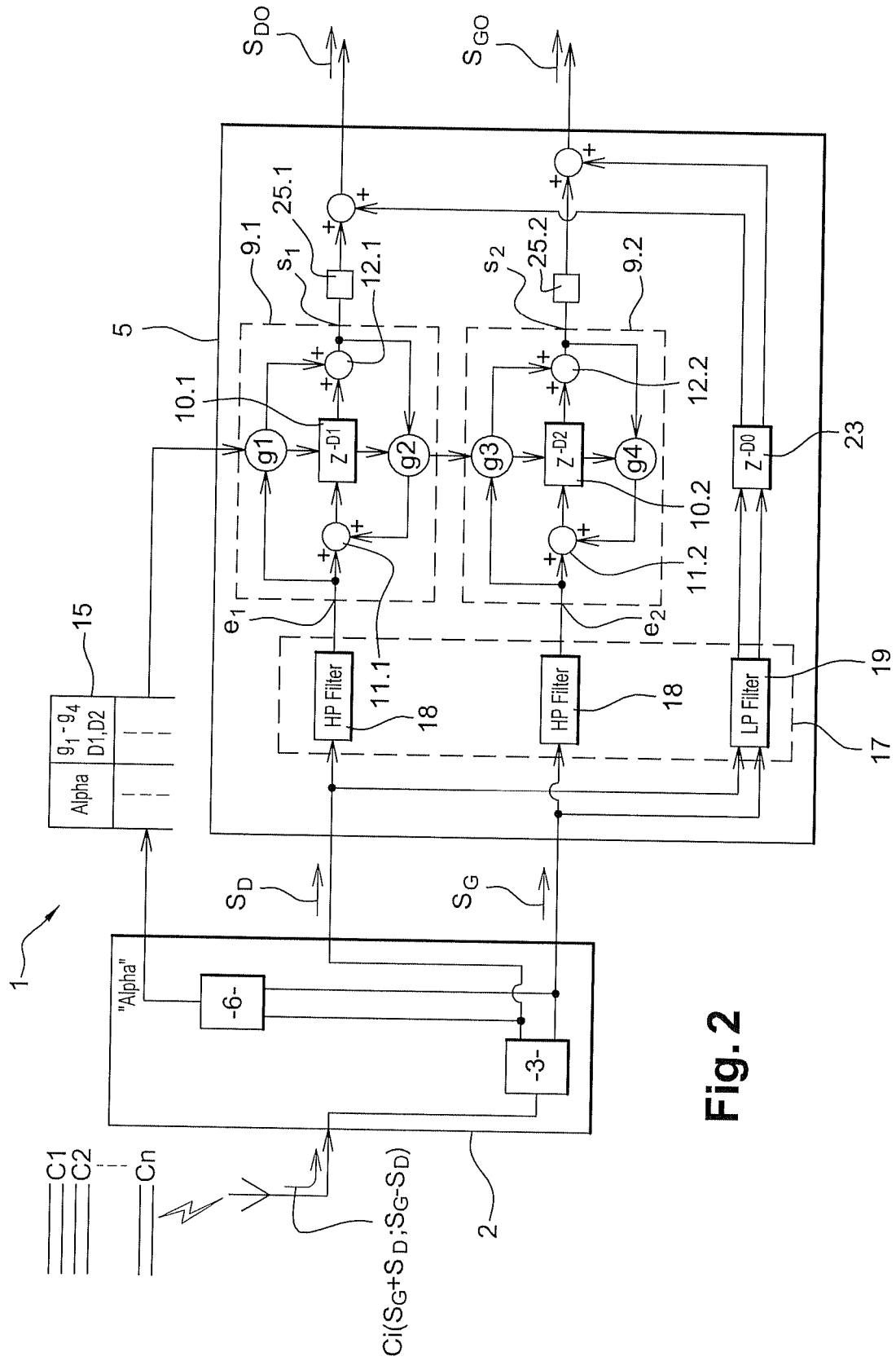


Fig. 2

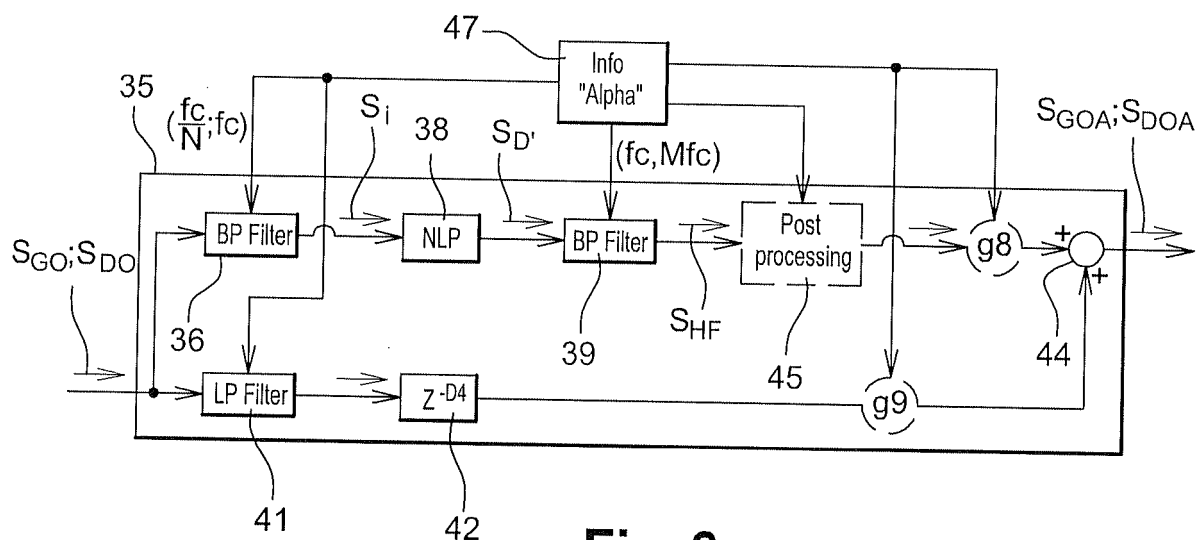


Fig. 3

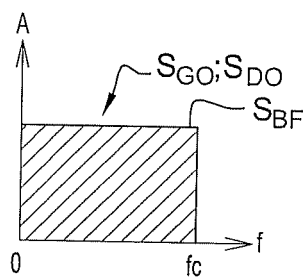


Fig. 4a

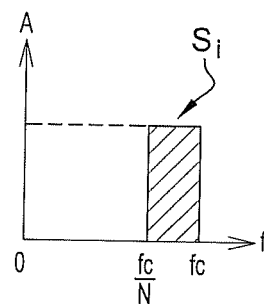


Fig. 4b

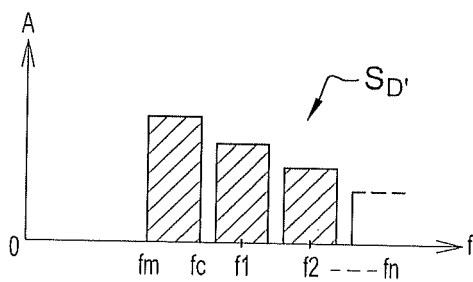


Fig. 4c

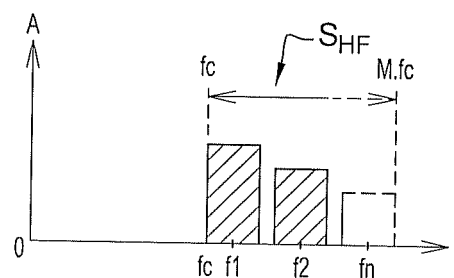


Fig. 4d

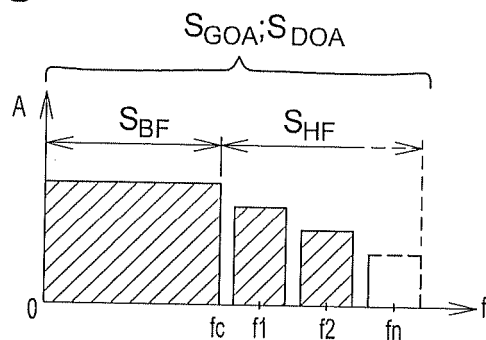


Fig. 4e

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- US 2005157883 A1 [0004]
- JP 2007079483 A [0005]