



(11) **EP 2 163 126 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
04.05.2011 Bulletin 2011/18

(51) Int Cl.:
H04S 3/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08806093.4**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2008/051164

(22) Date de dépôt: **25.06.2008**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/004268 (08.01.2009 Gazette 2009/02)

(54) **PROCÉDÉ DE TRAITEMENT SONORE D'UN SIGNAL STÉRÉOPHONIQUE À L'INTÉRIEUR D'UN VÉHICULE AUTOMOBILE ET VÉHICULE AUTOMOBILE METTANT EN OEUVRE CE PROCÉDÉ**

VERFAHREN ZUR SICHEREN VERARBEITUNG EINES STEREOPHONEN SIGNALS IN EINEM MOTORFAHRZEUG UND MOTORFAHRZEUG, IN DEM EIN SOLCHES VERFAHREN ANGEWENDET WIRD

METHOD FOR THE SOUND PROCESSING OF A STEREOPHONIC SIGNAL INSIDE A MOTOR VEHICLE AND MOTOR VEHICLE IMPLEMENTING SAID METHOD

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

• **LECOEUR, Yann**
F-92700 Colombes (FR)

(30) Priorité: **05.07.2007 FR 0756279**

(74) Mandataire: **Marconnet, Sébastien et al**
SCHMIT CHRETIEN
16, rue de la Paix
75002 Paris (FR)

(43) Date de publication de la demande:
17.03.2010 Bulletin 2010/11

(56) Documents cités:
EP-A- 1 475 996 WO-A-2006/125931
FR-A- 2 865 096 US-A- 4 769 843
US-A- 5 910 904

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

(72) Inventeurs:
• **AMADU, Frédéric**
F-77500 Chelles (FR)

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).

EP 2 163 126 B1

Description

[0001] L'invention concerne un procédé de traitement sonore d'un signal stéréophonique diffusé dans un véhicule automobile et un véhicule automobile mettant en oeuvre ce procédé. L'invention a notamment pour but d'augmenter le confort d'écoute d'une bande sonore dans une voiture. Cette bande sonore peut contenir par exemple une conversation téléphonique et/ou de la musique.

[0002] L'invention trouve une application particulière avantageuse dans les procédés de traitement sonore mis en oeuvre avec des systèmes audiophoniques à deux voies d'entrée et à quatre, cinq ou six voies de sortie.

[0003] Dans les voitures, le signal stéréo composé d'un signal de son gauche (1^{ère} voie) et d'un signal de son droit (2^{ème} voie) généré par une source stéréophonique (telle qu'un autoradio) est diffusée sur 4 voies.

[0004] Deux voies (voies avant gauche et droite) sont diffusées par les transducteurs avant du véhicule, tandis que deux autres voies (voies arrière gauche et droite) sont diffusées par les transducteurs arrière. Une cinquième voie peut également être générée et diffusée par un transducteur situé au centre de la planche de bord.

[0005] Dans la demande, on entend par transducteur un système qui transforme un signal électrique de son en un signal acoustique de son.

[0006] En général, un transducteur relié à une voie donnée comporte deux haut-parleurs qui diffusent respectivement la partie haute fréquence et la partie basse fréquence du signal électrique de son transporté par la voie.

[0007] Ainsi, un premier haut-parleur appelé « tweeter » diffuse la partie haute fréquence du signal de la voie, tandis qu'un deuxième haut-parleur appelé « woofer » diffuse la partie basse fréquence du signal de la voie.

[0008] De manière connue, certains transducteurs peuvent être positionnés de sorte que le son semble provenir du bas du véhicule, ce qui ne procure pas une impression d'écoute très agréable aux passagers.

[0009] L'invention permet de résoudre ce problème en positionnant la scène sonore sur le plan des oreilles de chaque passager, en face de chaque passager et/ou au milieu de la plage de bord du véhicule.

[0010] A cet effet, dans l'invention, on cherche à minimiser les effets d'opposition de phase entre les signaux gauche et droit reçus à l'endroit de la tête d'au moins un des passagers.

[0011] Dans une première mise en oeuvre de l'invention, appelée mode « driver », on centre la source sonore stéréophonique au milieu de la planche de bord pour la position d'écoute « conducteur ». A cet effet, on introduit des délais dans les bandes de fréquence de chaque haut-parleur, de sorte que tous les haut-parleurs semblent se trouver à la distance de celui qui est le plus éloigné du conducteur.

[0012] Dans une deuxième mise en oeuvre, appelée

mode « all passengers », on égalise la phase résultante des signaux des voies avant et la phase des signaux des voies arrière perçues par les auditeurs, de sorte que la source sonore semble être centrée en face de chaque passager. Par ailleurs dans ce mode, des retards dans les signaux des voies avant sont introduits de manière à aligner temporellement les paires « tweeters / woofers ».

[0013] L'invention concerne donc un procédé de traitement sonore d'un signal stéréophonique à l'intérieur d'un véhicule automobile, le signal stéréophonique étant composé d'un signal électrique de son gauche et d'un signal électrique de son droit, dans lequel,

- on égalise la phase de ces signaux électriques de son de manière à minimiser les effets d'opposition de phase dans des bandes de fréquences de ces signaux gauche et droit reçus sensiblement à l'endroit de la tête d'un des passagers, et
- on diffuse le signal électrique de son gauche égalisé en phase et le signal électrique de son droit égalisé en phase respectivement à l'aide d'un transducteur avant gauche positionné dans la partie avant gauche du véhicule et d'un transducteur avant droit positionné dans la partie avant droite du véhicule.

[0014] Selon une mise en oeuvre, pour minimiser les opposition de phase, on applique des filtres au signal électrique de son gauche et/ou au signal électrique de son droit, de sorte que la courbe de différence de phase entre les signaux électriques de son gauche et droit reçus à l'endroit de la tête du passager contourne les points où les signaux électriques de son gauche et droit reçus sont en opposition de phase.

[0015] Selon une mise en oeuvre, pour minimiser les effets d'opposition de phase, on applique des filtres passe-tout au signal gauche ou droit, ces filtres passe-tout présentant chacun une fréquence de coupure sensiblement égale à une fréquence milieu de la bande de fréquence pour laquelle les signaux électriques de son gauche et droit reçus sont en opposition de phase.

[0016] Selon une mise en oeuvre, pour minimiser les effets d'opposition de phase, on applique des paires de filtres passe-tout, un des filtres de la paire étant appliqué au signal électrique de son gauche et l'autre filtre de la paire étant appliqué au signal électrique de son droit, les filtres d'une paire comportant des fréquences de coupure qui encadrent une fréquence milieu de la bande de fréquence pour laquelle les signaux électriques de son gauche et droit reçus sont en opposition de phase.

[0017] Selon une mise en oeuvre, les filtres passe-tout sont de type à Réponse Impulsionnelle Infinie (RII).

[0018] Selon une mise en oeuvre, les filtres sont de type RIF, à Réponse Impulsionnelle Finie, ces filtres ayant chacun une réponse en phase présentant chacune l'allure d'une porte inversée ayant une valeur de -180 degrés sur une bande de fréquence où les signaux reçus sont en opposition de phase.

[0019] Selon une mise en oeuvre, on considère que

les signaux électriques de son reçus sont en opposition de phase lorsque la différence de phase entre ces signaux vaut 180 degrés plus ou moins 20 degrés modulo 360 degrés.

[0020] Selon une mise en oeuvre, on minimise les effets d'opposition de phase pour une bande de fréquence comprise entre 20Hz et 2kHz.

[0021] Selon une mise en oeuvre, on égalise le spectre fréquentiel des signaux électriques de son gauche et droit de manière à compenser l'acoustique à l'avant du véhicule, à l'aide d'un module de correction spectrale.

[0022] Selon une mise en oeuvre, on filtre des bandes de fréquence de chaque signal électrique de son, et on introduit des retards dans ces bandes de fréquence. Les retards sont choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs du transducteur avant gauche ainsi que les haut-parleurs du transducteur avant droit diffusant ces bandes de fréquence.

[0023] Selon une mise en oeuvre, on filtre la partie basse fréquence et la partie haute fréquence de chaque signal électrique de son, les retards étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs diffusant respectivement les parties basse et haute fréquence du signal électrique de son gauche, les retards étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs diffusant respectivement les parties basse et haute fréquence du signal électrique de son droit.

[0024] Selon une mise en oeuvre, les délais gauche et droit appliqués sur les haut-parleurs haute fréquence sont identiques, et les délais gauche et droit appliqués sur les haut-parleurs basse fréquence sont identiques, du fait de la géométrie du véhicule. Toutefois en variante ils pourraient être différents.

[0025] Selon une mise en oeuvre, les bandes de fréquence des haut-parleurs correspondent aux bandes de fréquence des signaux filtrés qu'ils diffusent.

[0026] Selon une mise en oeuvre, les bandes de fréquence du signal électrique de son gauche sont combinées en un signal électrique de son gauche reconstitué, ce signal électrique de son gauche reconstitué étant diffusé par le transducteur avant gauche. Tandis que les bandes de fréquence du signal électrique de son droit sont combinées en un signal électrique de son droit reconstitué, ce signal électrique de son droit reconstitué étant diffusé par le transducteur avant droit.

[0027] Selon une mise en oeuvre, les bandes de fréquence des signaux électriques de son sont ajustées en volume par des cellules de gain.

[0028] Selon une mise en oeuvre, on génère un signal électrique de son central à partir des composantes spectrales en phase de signaux électriques de son gauche et droit originaux d'une source stéréophonique, ce signal électrique de son central étant diffusé, après introduction d'un retard, et ajustement en niveau et en volume, par un transducteur positionné au centre du tableau de bord.

[0029] Selon une mise en oeuvre, le signal électrique de son gauche et le signal électrique de son droit sont obtenus par soustraction des composantes spectrales

du signal électrique de son central respectivement à celles du signal électrique de son gauche original et à celles du signal électrique de son droit original.

[0030] Selon une mise en oeuvre, on génère des signaux électriques de son gauche et droit arrière, à partir des composantes sensiblement hors phase des signaux électriques de son gauche et droit, ces signaux étant diffusés, après introduction d'un retard et ajustement en niveau et en volume, respectivement par un transducteur arrière gauche et un transducteur arrière droit.

[0031] L'invention concerne en outre un procédé de traitement sonore d'un signal stéréophonique à l'intérieur d'un véhicule automobile, le signal stéréophonique étant composé d'un signal électrique de son gauche et d'un signal électrique de son droit, dans lequel, on filtre des bandes de fréquence de chaque signal électrique de son, et on introduit des retards dans ces bandes de fréquence.

[0032] Les retards sont choisis de sorte que les transducteurs diffusant ces bandes de fréquence se situent virtuellement sur un cercle, ce cercle ayant pour centre l'endroit où se situe le conducteur et présentant un rayon dont la distance est celle qui sépare le conducteur du transducteur le plus éloigné du conducteur.

[0033] Selon une mise en oeuvre, on filtre la partie basse fréquence et la partie haute fréquence de chaque signal électrique de son, les transducteurs comportant chacun un haut-parleur basse fréquence et un haut-parleur haute fréquence, les retards étant alors choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs diffusant respectivement les parties basse et haute fréquence du signal électrique de son gauche.

[0034] Les retards sont choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs diffusant respectivement les parties basse et haute fréquence du signal électrique de son droit. Les délais gauche et droit appliqués sur les haut-parleurs haute fréquence sont identiques, et les délais gauche et droit appliqués sur les haut-parleurs basse fréquence sont identiques.

[0035] L'invention concerne en outre un véhicule automobile comportant une source sonore générant un signal stéréo à l'intérieur d'une voiture, ce signal stéréo étant composé d'un signal électrique de son gauche et d'un signal électrique de son droit, ces signaux électriques de son gauche et droit étant traités par le procédé selon l'invention de manière à être diffusés respectivement par un transducteur avant gauche comportant uniquement un haut-parleur et un transducteur avant droit comportant uniquement un haut-parleur.

[0036] Selon une réalisation, les haut-parleurs avant gauche et droit sont des haut-parleurs large-bande.

[0037] 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 fonctionnelle d'un système audio mettant en oeuvre le mode

- « driver » selon l'invention ;
- figure 2 : une représentation schématique fonctionnelle d'un système audio mettant en oeuvre le mode « all passengers » selon l'invention;
- figure 3 : une représentation schématique fonctionnelle d'un système audio selon l'invention à 2 voies d'entrée et à 6 voies de sortie ;
- figures 4-5 : des représentations schématiques de l'endroit virtuel où se trouve le centre de la scène sonore respectivement lors de la mise en oeuvre du procédé selon l'invention en mode « driver » et de la mise en oeuvre du procédé selon l'invention en mode « all passengers ».
- figure 6 : une représentation graphique de la différence de phase entre les signaux avant gauche et droit reçus à l'endroit de la tête de l'un des passagers avant et après correction de phase ;
- figure 7 : une représentation graphique d'une réponse en phase d'un filtre de type « passe-tout » utilisé pour minimiser l'opposition de phase entre les signaux acoustiques reçus à l'endroit de la tête de l'un des passager ;
- figures 8 : des représentations graphiques des réponses en phase de deux filtres « passe tout » et de leur combinaison, ainsi que de la réponse en phase d'un filtre à Réponse Impulsionnelle Finie.

[0038] Les éléments identiques conservent la même référence d'une figure à l'autre.

[0039] La figure 1 montre une représentation schématique fonctionnelle d'un système audio mettant en oeuvre le mode « driver » permettant de positionner le centre de la scène sonore pour une position d'écoute à la place du conducteur du véhicule.

[0040] Le système audio selon l'invention présente deux voies d'entrée 2 et 3 et quatre voies de sortie 20, 25, 34" et 35" diffusées respectivement par les transducteurs 21, 26, 39 et 41.

[0041] Plus précisément, une source 1 sonore, telle qu'un lecteur CD, génère un signal stéréo, composé d'un signal 2 électrique de son gauche et d'un signal 3 électrique de son droit (2 voies d'entrée).

[0042] Ces signaux 2 et 3 sont appliqués en entrée d'un module 4.1 de correction spectrale de niveau sonore. Ce module 4.1 égalise le spectre des signaux 2 et 3.

[0043] A cet effet, le module 4.1 comporte un filtre qui permet de lisser la réponse spectrale perçue des signaux électriques de son 2 et 3, de sorte que toutes les fréquences émises à une puissance donnée tendent à être perçues à un même niveau d'amplitude par le conducteur.

[0044] Dans une mise en oeuvre, pour calculer les coefficients du filtre du module 4.1, par exemple des filtres de type « Peak-notch », on diffuse un signal connu à l'aide des transducteurs 21, 26 avant gauche et droit et on enregistre le signal à l'endroit de la tête du conducteur à l'aide d'un microphone. On en déduit une fonction de transfert dite « fonction de transfert véhicule » et à

partir de la fonction de transfert inverse de la « fonction de transfert véhicule », on paramètre les coefficients du filtre pour que les défauts du spectre du signal enregistré soient compensés de manière à retrouver le spectre du signal initial.

[0045] Ce module 4.1 crée ainsi une forme spectrale qui compense l'acoustique du véhicule, de sorte que les signaux sonores diffusés à l'avant du véhicule par les transducteurs 21, 26 et perçus par le conducteur (après parcours des signaux sonores à l'intérieur du véhicule) ont un spectre le plus proche possible de celui du signal sonore d'origine.

[0046] On obtient en sortie du module 4.1 un signal 5 électrique de son gauche égalisé et un signal 6 électrique de son droit égalisé. Ces signaux 5 et 6 sont appliqués en entrée d'un bloc 7 permettant une correction spatiale des signaux 5 et 6.

[0047] Plus précisément, ces signaux 5 et 6 sont appliqués respectivement en entrée d'un filtre 9 de type passe-haut et d'un filtre 10 de type passe bas. En sortie du filtre 9, on obtient un signal 5a électrique de son gauche haute fréquence et un signal 6a électrique de son droit haute fréquence. En sortie du filtre 10, on obtient un signal 5b électrique de son gauche basse fréquence et un signal 6b électrique de son droit basse fréquence.

[0048] Les fréquences de coupure des filtres 9 et 10 correspondent aux fréquences de coupure des haut-parleurs utilisés pour la diffusion des signaux filtrés. Dans une mise en oeuvre, ces fréquences de coupure sont sensiblement identiques. Autrement dit, les bandes de fréquences des signaux filtrés correspondent aux bandes de fréquence des haut-parleurs diffusant ces signaux filtrés.

[0049] Ici, deux haut-parleurs 22.1, 22.2 et 27.1, 27.2 sont reliés à chaque voie afin de diffuser respectivement les bandes de fréquence haute et les bande de fréquence basse. En variante, pour un véhicule comportant 3 haut-parleurs par voie diffusant respectivement un signal sonore haute, moyenne et basse fréquence, les signaux électriques de son gauche et droit sont chacun filtrés respectivement par 3 filtres, chacun correspondant à une des bande de fréquence de ces 3 haut-parleurs (haute, moyenne ou basse).

[0050] Les signaux 5a, 5b et 6a, 6b sont ensuite appliqués chacun en entrée d'une cellule 13.1-13.4 à retard. Le réglage des retards t1-t4 introduits est fait en fonction du positionnement des haut-parleurs dans la voiture, en particulier en fonction de la distance à laquelle ils se trouvent du conducteur.

[0051] Plus précisément, on introduit des retards t1-t4 sur les signaux 5a, 5b et 6a, 6b, de sorte que tous les haut-parleurs avant semblent se situer à la distance RHPmax du transducteur 41 le plus éloigné de la tête du conducteur 62 (voir figure 4).

[0052] A cet effet, la bande de fréquence destinée à être diffusée par le haut-parleur le plus éloigné n'est pas retardée, tandis que les bandes de fréquence diffusées par les haut-parleurs plus proches de la tête du conduc-

teur sont retardées d'un retard tel que le son diffusé par ces haut-parleurs plus proches semble être perçu au même instant au niveau de la tête du conducteur que celui auquel le signal du haut-parleur le plus éloigné est perçu. Autrement dit, les bandes de fréquence sont retardées de manière que les sons diffusés par tous les haut-parleurs sont perçus au même instant à l'endroit de la tête du conducteur.

[0053] Le conducteur 62 se trouve alors au centre d'un cercle C de rayon RHPmax sur lequel les images S1-S4 des haut-parleurs 22.1, 22.2, 27.1, 27.2 se trouvent, comme représenté à la figure 4.

[0054] Dans la pratique, on mesure d'abord la distance qui sépare chaque haut-parleur du conducteur et on introduit un retard en fonction de cette mesure dans les bandes de fréquence diffusées par les haut-parleurs autres que celui qui est le plus éloigné, de sorte que tous les haut-parleurs semblent se situer à la distance RHPmax du haut-parleur le plus éloigné.

[0055] Dans le mode driver, le fait de placer tous les transducteurs à une même distance du conducteur (au moins un des passagers) annule complètement les effets d'opposition de phase peu agréables à l'oreille.

[0056] Les signaux 5a', 6a', 5b' et 6b' retardés observables en sortie des cellules 13.1-13.4 sont appliqués en entrée de cellules 15.1-15.4 de gain. Ces cellules 15.1-15.4 permettent un réglage du volume des signaux sonores haute et basse fréquences. A cet effet, les signaux retardés sont multipliés par des coefficients K1-K4, par exemple compris entre 0 et 1.

[0057] Le signal 5a" électrique de son gauche haute fréquence traité observable en sortie de la cellule 15.1, et le signal 5b" électrique de son gauche basse fréquence traité observable en sortie de la cellule 15.3 sont appliqués en entrée d'un sommateur 17.1.

[0058] En sortie de ce sommateur 17.1 est alors observable un signal 20 électrique de son gauche reconstitué. Ce signal 20 correspond à la voie avant gauche (première voie de sortie) diffusée par un transducteur 21 comportant deux haut-parleurs 22.1 et 22.2 positionnés dans la partie avant gauche du véhicule.

[0059] Le premier haut-parleur 22.1 (le « tweeter ») diffuse la partie haute fréquence du signal 20, tandis que le deuxième haut-parleur 22.2 (« le woofer ») diffuse la partie basse fréquence du signal 20.

[0060] De manière analogue, le signal 6a" électrique de son droit haute fréquence traité observable en sortie de la cellule 15.2, et le signal 6b" électrique de son droit basse fréquence traité observable en sortie de la cellule 15.4 sont appliqués en entrée d'un sommateur 17.2.

[0061] En sortie de ce sommateur 17.2 est alors observable un signal 25 électrique de son gauche reconstitué. Ce signal 25 correspond à la voie avant droite (deuxième voie de sortie) diffusée par un transducteur 26 comportant deux haut-parleurs 27.1 et 27.2 positionnés dans la partie avant droite du véhicule.

[0062] Le premier haut-parleur 27.1 (le « tweeter ») diffuse la partie haute fréquence du signal 25, tandis que

le deuxième haut-parleur 27.2 (« le woofer ») diffuse la partie basse fréquence du signal 25.

[0063] Les parties haute fréquence et basse fréquence des signaux 20 et 25 diffusées par les haut-parleurs 22.1, 22.2 et 27.1, 27.2 correspondent, comme on l'a vu, aux bandes de fréquence filtrées par les filtres haute fréquence et basse fréquence 9 et 10.

[0064] En variante, les signaux 5a" et 6a" électriques de son haute fréquence sont diffusés respectivement par un transducteur 29 et 30 ne comportant qu'un haut-parleur 31, 32 ayant une bande de fréquence haute. Tandis que les transducteurs 21 et 26 diffusent directement les signaux 5b" et 6b". On a alors un haut-parleur par voie et non plus deux haut-parleurs par voie. On supprime dans ce cas les sommateurs 17.1 et 17.2.

[0065] Par ailleurs, les signaux 2 et 3 sont appliqués en entrée d'un deuxième module 4.2 de correction spectrale de niveau. De la même manière que le module 4.1 pour les voies 20, 25 avant du véhicule, ce module 4.2 compense l'acoustique du véhicule pour les voies 34", 35" arrière du véhicule. En sortie du module 4.2, sont observables des signaux 34, 35 électriques de son gauche et droit égalisés.

[0066] Ces signaux 34 et 35 sont appliqués en entrée d'un deuxième bloc 7bis assurant une correction spatiale des signaux 34 et 35.

[0067] Plus précisément, ces signaux 34 et 35 (troisième et quatrième voie de sortie) sont respectivement appliqués en entrée des cellules 13.5 et 13.6 à retard. Ces cellules 13.5, 13.6 introduisent chacune un retard t5 et t6 dans les signaux 34 et 35, de sorte que tous les transducteurs semblent être virtuellement à la distance RHPmax du haut-parleur le plus éloigné du conducteur, comme illustré par la figure 4.

[0068] Les signaux 34' et 35' observables en sortie des cellules de retard sont appliqués en entrée d'une cellule 15.5, 15.6 de gain qui permet un réglage du volume des signaux 34', 35' en les multipliant par un gain K5, K6.

[0069] Les signaux électriques de son traité 34" et 35" observables en sortie des cellules 15.5 et 15.6 sont respectivement appliqués en entrée d'un transducteur 39 et 41 arrière pour leur diffusion.

[0070] Les transducteurs 39 et 41 comportent chacun un haut-parleur 40.1 et 42.1 permettant respectivement la diffusion des signaux 34", 35".

[0071] En variante, les transducteurs arrière 39, 41 comportent plusieurs haut-parleurs.

[0072] En variante, le système n'a que deux voies avant transportant les signaux 20, 25 mais pas de voie arrière transportant les signaux 34", 35".

[0073] En variante, les modules de correction spectrale 4.1 et 4.2 ne sont pas utilisés, les signaux 2 et 3 étant alors directement appliqués en entrée du bloc 7 et des cellules 13.5, 13.6.

[0074] Dans le mode de réalisation « all passengers » de la figure 2, avant d'être appliqués en entrée des modules 4.1 et 4.2, les signaux 2 et 3 sont appliqués en

entrée d'un module 45 d'égalisation de phase. En sortie du module 45, on obtient des signaux 2bis et 3bis électrique de son gauche et droit égalisés en phase. Ces signaux 2bis et 3bis sont alors traités par les blocs 4.1 et 7 avant d'être diffusés par les transducteurs avant 21 et 26 et traités par les blocs 4.2 et 7bis avant d'être diffusés par les transducteurs arrière 39 et 41.

[0075] Le module 45 comporte à cet effet un filtre qui corrige les défauts de phase perçus par les passagers. Dans une mise oeuvre, pour calculer les coefficients du filtre du module 45, on diffuse un signal connu dont la réponse en phase est nulle à l'aide des transducteurs 21, 26 avant gauche et droit positionnés de manière non-symétrique par rapport à un passager, par exemple le conducteur. En effet, la distance d'un des transducteurs 21, 26 à la tête du passager est différente de la distance de l'autre transducteur 21, 26 à la tête du passager.

[0076] On enregistre à l'aide d'un microphone à l'endroit de la tête de l'un des passagers le signal émis du canal gauche via le transducteur 21 et on en déduit la réponse en phase ϕ_L du signal du canal gauche reçu indiquant la variation de la phase du signal gauche reçu en fonction de la fréquence.

[0077] De même, on enregistre à l'aide du microphone à l'endroit de la tête de l'un des passagers le signal émis du canal droit via le transducteur 26 et on en déduit la réponse en phase ϕ_R du signal du canal droit reçu indiquant la variation de la phase du signal droit reçu en fonction de la fréquence.

[0078] Les réponses en phase ϕ_L , ϕ_R sont par exemple calculées à partir de la transformée de Fourier du signal reçu.

[0079] On en déduit ensuite la différence de phase $\phi_L - \phi_R$ entre les signaux gauche et droit reçus par le microphone en faisant la soustraction entre les deux réponses de phase obtenues $\phi_L - \phi_R$. La courbe C1 représentant cette différence de phase en fonction de la fréquence présente une allure linéaire, comme montré sur la figure 6.

[0080] On détermine ensuite les bandes A-C de fréquence hors-phase de cette différence de phase, c'est-à-dire les bandes de fréquence pour lesquelles la différence de phase entre les signaux gauche et droit reçus vaut 180 degrés à plus ou moins 20 degrés et modulo 360 degrés.

[0081] On paramètre ensuite les coefficients des filtres 45.1 et 45.2 du bloc 45, appliqués respectivement au signal électrique de son gauche 2 et au signal électrique de son droit 3, par exemple de type passe-tout (« all pass » en anglais) de manière à minimiser les effets d'opposition de phase dans ces bandes de fréquence. Ces filtres passe-tout sont par exemple de type RII (à Réponse Impulsionnelle Infinie).

[0082] Le fait de minimiser les oppositions de phase entre le signal reçu du canal gauche et le signal reçu du canal droit donne l'impression à l'ensemble des passagers du véhicule que les transducteurs 21, 26 sont positionnés de manière symétrique par rapport à chacun

d'eux, ce qui augmente leur confort d'écoute.

[0083] La réponse en phase du filtre passe-tout G1 représentée figure 6 va de 0 à moins 360 degrés en passant par un point d'inflexion (qui correspond à la fréquence de coupure) pour lequel la phase vaut moins 180 degrés.

[0084] En appliquant sur un des signaux électriques 2, 3 des filtres passe-tout dont la fréquence de coupure f_c est égale à la fréquence milieu f_1 , f_2 de la bande hors phase considérée, on introduit des retards de phase de 180 degrés aux points où les signaux reçus sont en opposition de phase. On élimine ainsi les bandes de fréquence dans lesquelles les signaux gauche et droit reçus sont en opposition de phase.

[0085] La courbe C2 représente ainsi la différence de phase lorsqu'un filtre passe-tout de fréquence de coupure f_1 a été appliqué sur un des signaux électrique de son gauche ou droit, tandis que la courbe C3 représente la différence de phase lorsque des filtres passe-tout respectivement de fréquence de coupure f_1 et f_2 ont été appliqués sur un des signaux électriques. On remarque que les courbes C1-C3 sont espacées entre elles d'un angle de 360 degrés.

[0086] En variante, on utilise la combinaison de deux filtres G2, G3 passe-tout appliqués respectivement sur la phase du signal électrique de son gauche 2 et du signal électrique de son droit 3. Les fréquences de coupure f_{c1} , f_{c2} encadrent la fréquence milieu f_1 , f_2 de la bande de fréquence hors phase, comme montré sur la figure 8a.

[0087] La combinaison de ces filtres G2 et G3 permet d'obtenir un filtre G4 montré figure 8b présentant une réponse en phase qui de zéro descend progressivement jusqu'à un minimal de moins 180 degrés et remonte ensuite jusqu'à zéro (allure d'une courbe de Gauss inversée), suivant ainsi la valeur de la différence de phase D entre les courbes G2 et G3 de la figure 8a.

[0088] L'application de ces paires de filtres permet ainsi à la courbe G4 de différence de phase (représentée en pointillés) de s'éloigner localement des valeurs de fréquences f_1 , f_2 pour lesquelles les signaux reçus sont en opposition de phase pour ensuite revenir à la courbe C1. Autrement dit, l'utilisation de ces paires de filtres passe-tout permet de supprimer localement les bandes A-C en opposition de phase.

[0089] Dans la pratique, on corrige les bandes de fréquences hors-phase dans l'intervalle [20 Hz, 2000 Hz].

[0090] En variante, on utilise des filtres G5 de type RIF à Réponse Impulsionnelle Finie permettant de dessiner la réponse en phase souhaitée, cette réponse en phase pouvant présenter l'allure de la combinaison des filtres passe tout. De préférence, ces filtres présentent chacun une réponse en phase ayant l'allure d'une porte inversée ayant une valeur de -180 degrés sur une bande de fréquence où les signaux gauche et droit reçus sont en opposition de phase.

[0091] Dans la pratique, pour élaborer de tels filtres RIF, on trace d'abord la réponse en fréquence souhaitée dans le domaine fréquentiel et on effectue une transfor-

mée de Fourier inverse pour obtenir la réponse impulsionnelle du filtre dans le domaine temporel.

[0092] Il suffit d'effectuer l'opération de correction de phase à l'endroit de la tête d'un des passagers, de préférence le conducteur, pour que l'effet associé à cette correction soit perçu par tous les passagers.

[0093] En effet, le véhicule présente une symétrie entre ses parties gauche et droite, de sorte que l'effet sonore perçu pour le passager avant est le même que celui perçu par le conducteur. En outre, le véhicule présente également une symétrie entre ses parties avant et arrière, de sorte que l'effet sonore associé à la correction de phase des signaux gauche et droit 2, 3 diffusés à l'arrière est également perçu par tous les passagers arrière.

[0094] Toutefois, il serait envisageable de répéter l'opération de correction de phase à l'arrière pour ajuster les réglages du procédé selon l'invention.

[0095] Ainsi l'égalisation de phase est telle que lorsque les signaux 20, 34", 35" et 25 sont diffusés, le passager perçoit le centre de la scène sonore 67, 68, 69, 71 en face de lui, comme représenté sur la figure 5.

[0096] Dans le mode de réalisation « all passengers » les retards t1-t4 sont introduits de manière à aligner temporellement les paires « tweeters / woofers » 22.1 et 22.2 ainsi que les paires 27.1 et 27.2. On entend par alignement temporel le fait d'introduire un retard sur le signal du haut-parleur le plus proche de sorte que l'onde sonore émise par ce dernier est perçue au même instant que l'onde sonore émise par le haut-parleur dont le signal est non retardé.

[0097] Les retards t1 et t2 puis t3 et t4 sont alors identiques deux à deux, c'est à dire que les délais gauche et droit appliqués sur les tweeters 22.1, 27.1 sont identiques ($t1=t2$) et les délais gauche et droit appliqués sur les woofers 22.2, 27.2 sont identiques ($t3=t4$).

[0098] La figure 3 montre une variante dans laquelle on génère six signaux 51-55 électriques de son d'entrée à partir de deux signaux électriques de son 2 et 3 d'entrée. Ces signaux sont générés en mettant en oeuvre le procédé de traitement du son décrit dans la demande de brevet publiée sous le numéro WO-2006/125931.

[0099] Plus précisément, on génère un signal électrique de son central 55 qui comporte uniquement les composantes spectrales sensiblement en phase des signaux électriques de son gauche 2 et de son droit 3. Ce signal 55 est d'abord corrigé par le module 4.3 de correction spectrale.

[0100] Puis le signal obtenu est retardé par la cellule 13.7 d'un retard t7, et est ajusté en volume par la cellule 15.7 pour être ensuite diffusé par le transducteur 61. Ce transducteur 61 comporte un ou deux haut-parleurs 63 suivant le modèle de véhicule et est positionné de préférence au centre du tableau de bord.

[0101] Par ailleurs, on génère le signal 51 électrique de son gauche avant et le signal 52 électrique de son droit avant en soustrayant les composantes spectrales du signal 55 respectivement à celles du signal 2 électrique de son gauche et à celles du signal 3 électrique de

son droit.

[0102] Les signaux 53 et 54 électriques de son gauche arrière et de son droit arrière sont générés à partir des composantes sensiblement hors-phase des signaux 2 et 3 électriques de son droit et gauche.

[0103] Les signaux 51, 52, 53 et 54 sont ensuite traités en mode « driver » ou en mode « all passengers » comme décrit à la figure 1 et 2.

[0104] Un autre signal 56 électrique de son peut être créé à partir du filtrage basse fréquence des signaux 2 et 3 électriques de son gauche et droit. Comme les autres, ce signal 56 peut être retardé par une cellule à retard 13.8 et ajusté en volume par une cellule 15.8 avant d'être diffusé par un transducteur 64 comprenant un haut-parleur basse fréquence 65.

[0105] En variante, on dispose déjà d'une source telle qu'un DVD à 6 signaux d'entrée (6 voies d'entrée).

[0106] En variante, lorsqu'on dispose de 6 voies d'entrée mais uniquement de 2 ou 4 voies de sortie, les voies de sorties correspondent à une combinaison des six voies disponibles en entrée.

[0107] On s'est aperçu que avec les modes « all passengers » et « driver » le rendu sonore avec l'utilisation de transducteurs 21, 26 et 39, 42 à un haut-parleur est au moins similaire au rendu sonore sans traitement mais avec plusieurs haut-parleurs par transducteurs.

[0108] La mise en oeuvre de l'invention est donc particulièrement intéressante avec les véhicules d'entrée de gamme comportant uniquement un haut-parleur par transducteur. Dans ce cas, l'unique haut-parleur des transducteurs 21 ou 26 est de préférence un haut-parleur large bande.

35 Revendications

1. Procédé de traitement sonore d'un signal (2, 3) stéréophonique à l'intérieur d'un véhicule automobile, le signal stéréophonique étant composé d'un signal (2) électrique de son gauche et d'un signal (3) électrique de son droit, **caractérisé en ce que,**

- on diffuse un signal (2) électrique de son gauche et d'un signal (3) électrique de son droit à l'aide de transducteurs (21, 26) avant gauche et droit,

- on enregistre à l'aide d'un microphone à l'endroit de la tête de l'un des passagers le signal émis par le transducteur gauche et on en déduit la réponse en phase (ϕ_L) du signal du canal gauche reçu indiquant la variation de la phase du signal gauche reçu en fonction de la fréquence, - on enregistre à l'aide du microphone à l'endroit de la tête de l'un des passagers le signal émis par le transducteur droit et on en déduit la réponse en phase (ϕ_R) du signal du canal droit reçu indiquant la variation de la phase du signal droit reçu en fonction de la fréquence,

- on en déduit ensuite la différence de phase ($\phi_L - \phi_R$) entre les signaux gauche et droit reçus par le microphone en faisant la soustraction entre les deux réponses de phase obtenues ($\phi_L - \phi_R$), et
- on modifie les phases du signal (2) électrique de son gauche et du signal (3) électrique de son droit de manière à minimiser les oppositions de phases entre le signal reçu du canal gauche et le signal reçu du canal droit à l'endroit de la tête du passager.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** :
- on minimise les effets d'opposition de phase entre le signal reçu du canal gauche et le signal reçu du canal droit à l'endroit de la tête de tous les passagers du véhicule.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, pour minimiser les opposition de phase, on applique des filtres au signal électrique de son gauche (2) et/ou au signal électrique de son droit (3), de sorte que la courbe de différence de phase ($\phi_L - \phi_R$) entre les signaux électriques de son gauche et droit (2, 3) reçus à l'endroit de la tête du passager contourne les points où les signaux électriques de son gauche et droit reçus sont en opposition de phase.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** pour minimiser les effets d'opposition de phase, on applique des filtres passe-tout au signal gauche ou droit (2, 3), ces filtres passe-tout présentant chacun une fréquence de coupure (f_c) sensiblement égale à une fréquence (f_1 , f_2) milieu de la bande de fréquence (A-C) pour laquelle les signaux électriques de son gauche (2) et droit (3) reçus sont en opposition de phase.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** pour minimiser les effets d'opposition de phase, on applique des paires de filtres passe-tout, un des filtres de la paire étant appliqué au signal électrique de son gauche et l'autre filtre de la paire étant appliqué au signal électrique de son droit, les filtres d'une paire comportant des fréquences (f_{c1} , f_{c2}) de coupure qui encadrent une fréquence (f_1) milieu de la bande de fréquence (A-C) pour laquelle les signaux électriques de son gauche (2) et droit (3) reçus sont en opposition de phase.
6. Procédé selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** les filtres passe-tout sont de type à Réponse Impulsionnelle Infinie (RII).
7. Procédé selon la revendication 3, **caractérisé en ce que** les filtres sont de type RIF, à Réponse Impulsionnelle Finie, ces filtres ayant chacun une réponse en phase présentant chacune l'allure d'une porte inversée ayant une valeur de -180 degrés sur une bande de fréquence où les signaux reçus sont en opposition de phase.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, dans lequel :
- on égalise le spectre fréquentiel des signaux (2, 3) électriques de son gauche et droit de manière à compenser l'acoustique à l'avant du véhicule, à l'aide d'un module (4.1) de correction spectrale.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel :
- on filtre des bandes de fréquence de chaque signal électrique de son (2bis, 3bis), et
- on introduit des retards (t_1 - t_4) dans ces bandes de fréquence,
- les retards (t_1 - t_4) étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs du transducteur avant gauche ainsi que les haut-parleurs du transducteur avant droit diffusant ces bandes de fréquence.
10. Procédé selon la revendication 9, dans lequel :
- on filtre la partie basse fréquence et la partie haute fréquence de chaque signal électrique de son (2bis, 3bis),
- les transducteurs (21, 26) comportant chacun un haut-parleur (22.2, 27.2) basse fréquence et un haut-parleur (22.1, 27.1) haute fréquence,
- les retards (t_1 , t_3) étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs (22.1, 22.2) diffusant respectivement les parties basse (5b) et haute (5a) fréquence du signal (20) électrique de son gauche,
- les retards (t_2 , t_4) étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs (27.1, 27.2) diffusant respectivement les parties basse (6b) et haute (6a) fréquence du signal électrique de son droit (25).
11. Procédé selon l'une des revendications 9 à 10, dans lequel :
- les bandes de fréquence du signal (5) électrique de son gauche sont combinées en un signal (20) électrique de son gauche reconstitué, ce signal (20) électrique de son gauche reconstitué étant diffusé par le transducteur (21) avant gauche,
- les bandes de fréquence du signal (6) électrique de son droit sont combinées en un signal (25)

électrique de son droit reconstitué, ce signal électrique de son droit reconstitué étant diffusé par le transducteur (26) avant droit.

12. Procédé selon l'une des revendications 9 à 11, dans lequel :

- les bandes de fréquence des signaux (5, 6) électriques de son sont ajustées en volume par des cellules de gain (15.1-15.4).

13. Procédé selon l'une des revendications 1 à 12, dans lequel,

- on filtre des bandes de fréquence de chaque signal électrique de son (2bis, 3bis), et
- on introduit des retards (t1-t4) dans ces bandes de fréquence,
- les retards (t1-t4) étant choisis de sorte que les transducteurs diffusant ces bandes de fréquence se situent virtuellement sur un cercle (C), ce cercle (C) ayant pour centre l'endroit où se situe le conducteur et présentant un rayon (RHPmax) dont la distance est celle qui sépare le conducteur du transducteur le plus éloigné du conducteur.

14. Procédé selon la revendication 13, dans lequel :

- on filtre la partie basse fréquence et la partie haute fréquence de chaque signal électrique de son (2bis, 3bis),
- les transducteurs (21, 26) comportant chacun un haut-parleur (22.2, 27.2) basse fréquence situé dans la portière avant et un haut-parleur (22.1, 27.1) haute fréquence positionné dans le tableau de bord du véhicule,
- les retards (t1, t3) étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs (22.1, 22.2) diffusant respectivement les parties basse (5b) et haute (5a) fréquence du signal (20) électrique de son gauche,
- les retards (t2, t4) étant choisis de manière à aligner temporellement les haut-parleurs (27.1, 27.2) diffusant respectivement les parties basse (6b) et haute (6a) fréquence du signal électrique de son droit (25).

15. Véhicule automobile comportant une source (1) sonore générant un signal (2, 3) stéréo à l'intérieur d'une voiture,

- ce signal stéréo étant composé d'un signal (2) électrique de son gauche et d'un signal (3) électrique de son droit,
- ces signaux (2, 3) électrique de son gauche et droit étant traités par le procédé selon l'une des revendications 1 à 18 de manière à être diffusés

respectivement par un transducteur (21) avant gauche comportant uniquement un haut-parleur (22.2) et un transducteur (26) avant droit comportant uniquement un haut-parleur (27.2).

Claims

1. Method for the sound treatment of a stereophonic signal (2, 3) inside an automobile vehicle, the stereophonic signal being composed of a left electric sound signal (2) and of a right electric sound signal (3), **characterized in that**

- a left electric sound signal (2) and a right electric sound signal (3) are emitted by means of left and right front transducers (21, 26),
- the signal emitted by the left transducer is recorded by means of a microphone at the place of the head of one of the passengers and the phase response (ϕ_L) of the received signal of the left canal is deduced, which indicates the phase variation of the received left signal according to the frequency,
- the signal emitted by the right transducer is recorded by means of the microphone at the place of the head of one of the passengers and the phase response (ϕ_R) of the received signal of the right canal is deduced, which phase response indicates the phase variation of the received right signal according to the frequency,
- then, therefrom, the phase difference ($\phi_L - \phi_R$) between the left and right signals received by the microphone are deduced by carrying out the subtraction ($\phi_L - \phi_R$) of both obtained phase responses, and
- the phases of the left electric sound signal (2) and the right electric sound signal (3) are modified so as to minimize the oppositions of phase between the received signal of the left canal and the received signal of the right canal at the place of the passenger's head.

2. Method according to claim 1, **characterized in that:**

- the phase opposition effects between the received signal of the left canal and the received signal of the right canal at the place of the head of all the vehicle passengers are minimized.

3. Method according to claim 2, **characterized in that**, for minimizing the oppositions of phase, filters are applied to the left electric sound signal (2) and/or to the right electric sound signal (3), so that the phase difference curve ($\phi_L - \phi_R$) between the left and right sound signals (2, 3) received at the place of the passenger's head goes round the points where the received left and right electric sound signals are in op-

position of phase.

4. Method according to any one of the claims 1 to 3, **characterized in that**, for minimizing the phase opposition effects, all-pass filters are applied to the left or right signal (2, 3), each of these all-pass filters having a cutoff frequency (f_c) more or less equal to a middle frequency (f_1, f_2) in the frequency band (A-C) for which the received left (2) and right (3) electric sound signals (3) are in opposition of phase. 5 10
5. Method according to any one of the claims 1 to 4, **characterized in that**, for minimizing the phase opposition effects, pairs of all-pass filters are applied, one of the pair of filters being applied to the left electric sound signal and the other of the pair of filters being applied to the right electric sound signal, the filters of a pair comprising cutoff frequencies (f_{c1}, f_{c2}) on either side of a middle frequency (f_1) in the frequency band (A-C) for which the received left (2) and right (3) electric sound signal are in opposition of phase. 15 20
6. Method according to claim 4 or 5, **characterized in that** the all-pass filters are of the type Infinite Impulse Response (IIR). 25
7. Method according to claim 3, **characterized in that** the filters are of the type Finite Impulse Response (FIR), each of these filters having a phase response with the form of an inverted rectangular function with a value of -180° in a frequency band in which the received signals are in opposition of phase. 30
8. Method according to any one of the claims 1 to 7, wherein: 35
 - the frequency spectrum of the left and right electric sound signals (2, 3) are equalized so as to equilibrate the acoustics in the front of the vehicle by means of a spectrum correction module (4.1). 40
9. Method according to any one of the claims 1 to 8, wherein: 45
 - frequency bands of each electric sound signals (2bis, 3bis) are filtered, and
 - delays (t_1 - t_4) are introduced into these frequency bands, 50
 - the delays (t_1 - t_4) being chosen so as to temporally align the loud-speakers of the left front transducer as well as the loud-speakers of the right front transducer emitting these frequency bands. 55
10. Method according to claim 8, wherein:

- the low-frequency part and the high-frequency part of each electric sound signal (2bis, 3bis) are filtered,
- each of the transducers (21, 26) comprising a low-frequency loud-speaker (22.2, 27.2) and a high-frequency loud-speaker (22.1, 27.1),
- the delays (t_1, t_3) being chosen so as to temporally align the loud-speakers (22.1, 22.2) emitting, respectively, the low-frequency part (5b) and the high-frequency part (5a) of the left electric sound signal (20),
- the delays (t_2, t_4) being chosen so as to temporally align the loud-speakers (27.1, 27.2) emitting, respectively, the low-frequency part (6b) and the high-frequency part (6a) of the right electric sound signal (25).

11. Method according to any one of the claims 9 to 10, wherein:

- the frequency bands of the left electric sound signal (5) are combined into one reformed left electric sound signal, this reformed left electric sound signal being emitted by the left front transducer (21),
- the frequency bands of the right electric sound signal (6) are combined into one reformed right electric sound signal, this reformed right electric sound signal being emitted by the right front transducer (26).

12. Method according to any one of the claims 9 to 11, wherein:

- the frequency bands of the electric sound signals (5, 6) are volume-adjusted by gain cells (15.1-15.4).

13. Method according to any one of the claims 1 to 12, wherein:

- frequency bands of each electric sound signal (2bis, 3bis) are filtered, and
- delays (t_1 - t_4) are introduced into these frequency bands,
- the delays (t_1 - t_4) being chosen so that the transducers emitting these frequency bands are located on an imaginary circle (C), the center of this circle (C) being located at the place of the driver and its radius (RHPmax) is equal to the distance between the driver and the farthest transducer from the driver.

14. Method according to claim 13, wherein:

- the low-frequency part and the high-frequency part of each electric sound signal (2bis, 3bis) are filtered,

- each of the transducers (21, 26) comprising a low-frequency loud-speaker (22.2, 27.2) located in the front door and a high-frequency loud-speaker (22.1, 27.1) located in the dashboard of the vehicle,
- the delays (t1, t3) being chosen so as to temporally align the loud-speakers (22.1, 22.2) emitting, respectively, the low-frequency part (5b) and the high-frequency part (5a) of the left electric sound signal (20),
- the delays (t2, t4) being chosen so as to temporally align the loud-speakers (27.1, 27.2) emitting, respectively, the low-frequency part (6b) and the high-frequency part (6a) of the right electric sound signal (25).

15. Automobile vehicle comprising a sound source (1) generating a stereo signal (2, 3) inside a car,

- this stereo signal being composed of a left electric sound signal and of a right electric sound signal (3),
- these left and right electric sound signals (2, 3) being treated with a method according to any one of the claims 1 to 18 so as to be emitted respectively by a left front transducer (21) comprising only one loud-speaker (22.2) and a right front transducer (26) comprising only one loud-speaker (27.2).

Patentansprüche

1. Verfahren für die Schallverarbeitung eines stereophonischen Signals innerhalb eines Kraftfahrzeugs, wobei das stereophonische Signal aus einem linken elektrischen Schallsignal (2) und einem rechten elektrischen Schallsignal (3) besteht, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- ein linkes elektrisches Schallsignal (2) und ein rechtes elektrisches Schallsignal (3) mit der Hilfe linkes und rechtes Vorderwandler (21, 26) ausgesendet werden,
- mit der Hilfe eines Mikrophons an der Stelle des Kopfs des einen Insassen das vom linken Wandler ausgesendete Signal gespeichert wird, und davon der Phasengang (ϕ_L) des empfangenen Signals des linken Kanals abgeleitet wird, welcher Phasengang die Phasenschwankung des empfangenen linken Signals in Abhängigkeit von der Frequenz angibt,
- mit der Hilfe des Mikrophons an der Stelle des Kopfs des einen Insassen das vom rechten Wandler ausgesendete Signal gespeichert wird, und davon der Phasengang (ϕ_R) des empfangenen Signals des rechten Kanals abgeleitet wird, welcher Phasengang die Phasenschwan-

kung des empfangenen rechten Signals in Abhängigkeit von der Frequenz angibt,

- davon dann der Phasenunterschied ($\phi_L - \phi_R$) zwischen den linken und rechten, vom Mikrophon empfangenen Signalen durch die Subtraktion ($\phi_L - \phi_R$) der beiden empfangenen Phasengängen abgeleitet wird,
- die Phasen des linken elektrischen Schallsignals (2) und des rechten elektrischen Schallsignals (3) verändert werden, um die Phasenpositionen zwischen dem empfangenen Signal des linken Kanals und dem empfangenen Signal des rechten Kanals an der Stelle des Kopfs des Insassen zu minimieren.

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

- die Phasenoppositionseffekte zwischen dem empfangenen Signal des linken Kanals und dem empfangenen Signal des rechten Kanals an der Stelle des Kopfs aller Kraftfahrzeuginsassen minimiert werden.

3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Minimieren der Phasenoppositionen Filter mit dem linken elektrischen Schallsignal und/oder mit dem rechten elektrischen Schallsignal angewendet werden, so dass die Phasenunterschiedskurve ($\phi_L - \phi_R$) zwischen den linken und rechten elektrischen, an der Stelle des Kopfs des Insassen empfangenen Schallsignalen (2, 3) um die Punkte herumgeht, wo die linken und rechten elektrischen empfangenen Signale in entgegengesetzter Phase sind.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Minimieren der Phasenoppositionen Allpaßfilter mit dem linken oder rechten elektrischen Schallsignal (2, 3) angewendet werden, wobei diese Allpaßfilter jeweils eine Schnittfrequenz (f_c) ausweisen, die einer Mittelfrequenz (f_1 , f_2) im Frequenzbereich (A-C) etwa gleich ist, für welche die linken (2) und rechten (3) elektrischen empfangenen Signale in entgegengesetzter Phase sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Minimieren der Phasenoppositionen Allpaßfilterpaare angewendet werden, wobei ein Filter des Filterpaars mit dem linken elektrischen Schallsignal, und der andere Filter des Filterpaars mit dem rechten elektrischen Schallsignal angewendet wird, wobei die Filter eines Paares Schnittfrequenzen (f_{c1} , f_{c2}) ausweisen, die zu beiden Seiten einer Mittelfrequenz (f_1) im Frequenzbereich (A-C) liegen, für welche die linken (2) und rechten (3) elektrischen empfangenen Signale in entgegengesetzter Phase sind.

6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Allpaßfilter von dem Typ mit endlicher Impulsantwort (IIR) sind.

7. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Filter von dem Typ mit endlicher Impulsantwort (FIR) sind, wobei diese Filter jeweils einen Phasengang mit dem Verlauf einer umgekehrten Rechteckfunktion mit einer Wert von -180° in einem Frequenzbereich aufweisen, in dem die empfangenen Signale in entgegengesetzter Phase sind.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem:

- das Frequenzspektrum der linken und rechten elektrischen Signale (2, 3) mit der Hilfe einer spektralen Korrektureinheit zum Ausgleichen der Akustik im Vorderteil des Kraftfahrzeuges egalisiert wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem:

- Frequenzbereiche jedes elektrischen Schallsignals (2bis, 3bis) gefiltert werden, und
- Verzögerungen (t_1 - t_4) in diese Frequenzbereiche eingeführt werden,
- wobei die Verzögerungen derart ausgewählt werden, dass die Lautsprecher des linken Vorderwandlers und die Lautsprecher des rechten Vorderwandlers, welche diese Frequenzbereiche aussenden, zeitlich gerichtet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem:

- der Niederfrequenzteil und der Hochfrequenzteil jedes elektrischen Signals (2bis, 3bis) gefiltert werden,
- die Wandler (21, 26) jeweils einen Niederfrequenzlautsprecher (22.2, 27.2) und einen Hochfrequenzlautsprecher (22.1, 27.1) umfassen,
- die Verzögerungen (t_1 , t_3) derart ausgewählt werden, dass die Lautsprecher (22.1, 22.2), welche jeweils den Niederfrequenzteil (5b) und den Hochfrequenzteil (5a) des linken elektrischen Schallsignals (20) aussenden, zeitlich gerichtet werden.
- die Verzögerungen (t_2 , t_4) derart ausgewählt werden, dass die Lautsprecher (27.1, 27.2), welche jeweils den Niederfrequenzteil (6b) und den Hochfrequenzteil (6a) des rechten elektrischen Schallsignals (25) aussenden, zeitlich gerichtet werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 10, bei dem:

- die Frequenzbereiche des linken elektrischen Schallsignals (5) zu einem wiederhergestellten linken elektrischen Schallsignal (20) kombiniert werden, wobei dieses wiederhergestellte linke elektrische Schallsignal von dem linken Vorderwandler (21) ausgesendet wird,
- die Frequenzbereiche des rechten elektrischen Schallsignals (6) zu einem wiederhergestellten rechten elektrischen Schallsignal (25) kombiniert werden, wobei dieses wiederhergestellte rechte elektrische Schallsignal von dem rechten Vorderwandler (26) ausgesendet wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, bei dem:

- die Frequenzbereiche der elektrischen Signale (5, 6) von Verstärkungszellen (15.1-15.4) volumeneingestellt werden.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem:

- Frequenzbereiche jedes elektrischen Schallsignals (2bis, 3bis) gefiltert werden, und
- Verzögerungen (t_1 - t_4) in diese Frequenzbereiche eingeführt werden,
- wobei die Verzögerungen (t_1 - t_4) derart ausgewählt werden, dass die diese Frequenzbereiche aussendenden Wandler auf einen gedachten Kreis (C) liegen, wobei der Mittelpunkt dieses Kreises (C) an der Stelle des Fahrers liegt und sein Radius (RHPmax) der Entfernung zwischen dem Fahrer und dem fernsten Wandler zum Fahrer gleich ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem:

- der Niederfrequenzteil und der Hochfrequenzteil jedes elektrischen Signals (2bis, 3bis) gefiltert werden,
- die Wandler (21, 26) jeweils einen Niederfrequenzlautsprecher (22.2, 27.2) in der Vordertür und einen Hochfrequenzlautsprecher (22.1, 27.1) im Armaturenbrett umfassen,
- die Verzögerungen (t_1 , t_3) derart ausgewählt werden, dass die Lautsprecher (22.1, 22.2), welche jeweils den Niederfrequenzteil (5b) und den Hochfrequenzteil (5a) des linken elektrischen Schallsignals (20) aussenden, zeitlich gerichtet werden.
- die Verzögerungen (t_2 , t_4) derart ausgewählt werden, dass die Lautsprecher (27.1, 27.2), welche jeweils den Niederfrequenzteil (6b) und den Hochfrequenzteil (6a) des rechten elektrischen Schallsignals (25) aussenden, zeitlich gerichtet werden.

15. Kraftfahrzeug mit einer ein Stereosignal innerhalb eines Fahrzeuges erzeugenden Schallquelle (1), wobei

- dieses Stereosignal aus einem linken elektrischen Schallsignal (2) und einem rechten elektrischen Schallsignal (3) besteht,
- diese linken und rechten elektrischen Signale derart mit einem Verfahren verarbeitet werden, dass sie jeweils von einem linken Vorderwandler (21) nur mit einem Lautsprecher (22.2) und von einem rechten Vorderwandler (26) nur mit einem Lautsprecher (27.2) ausgesendet werden.

5

10

15

20

25

30

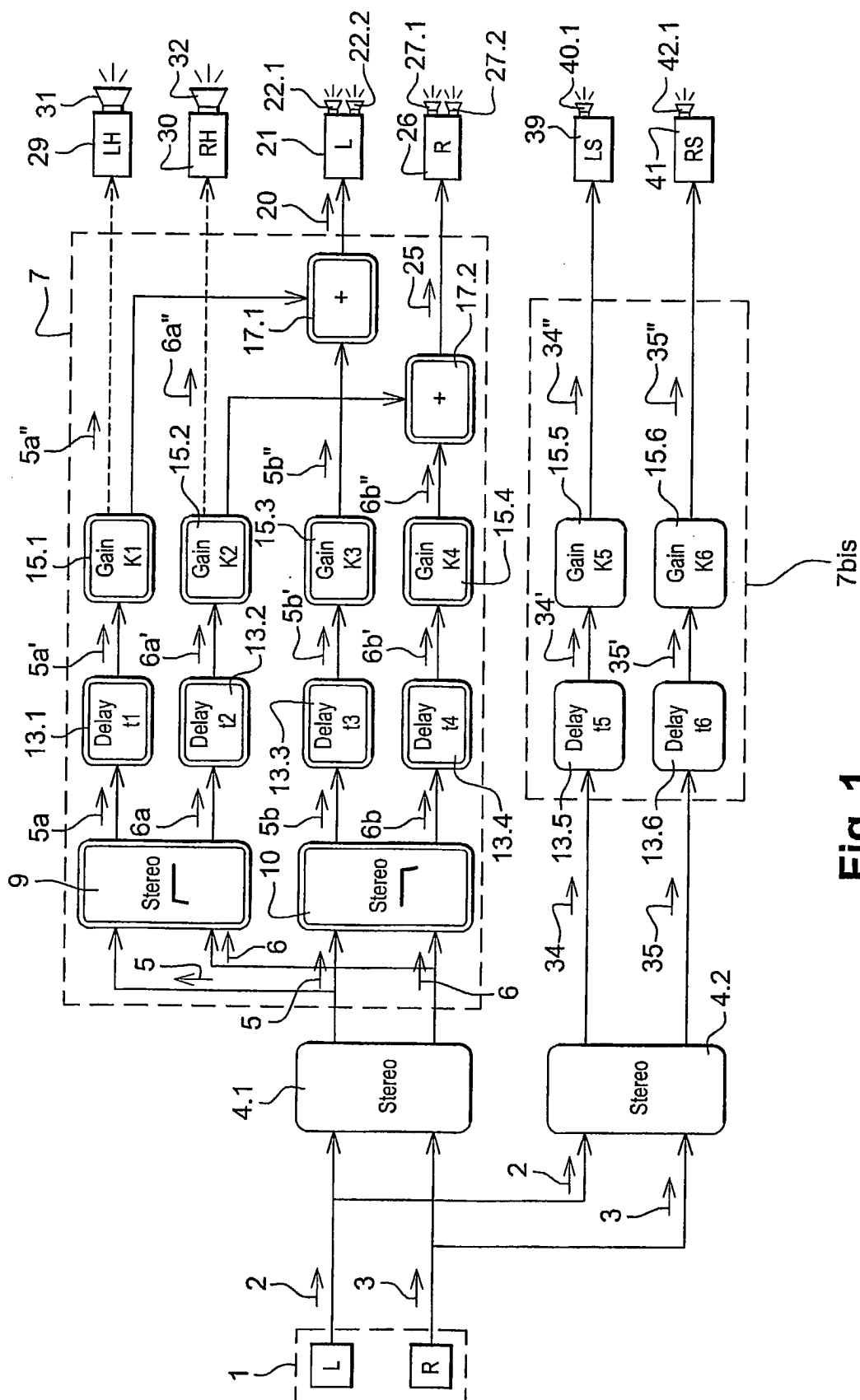
35

40

45

50

55



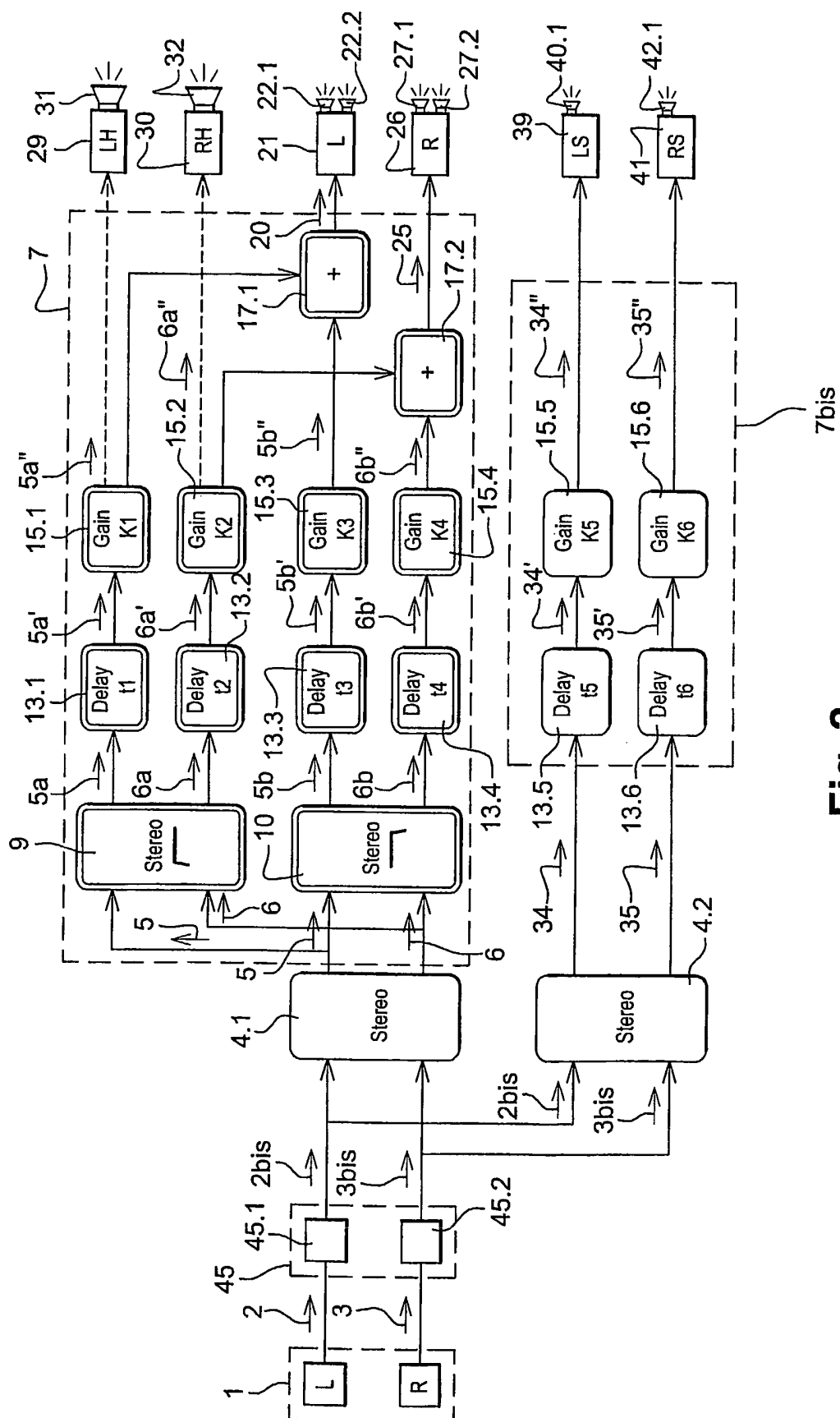


Fig. 2

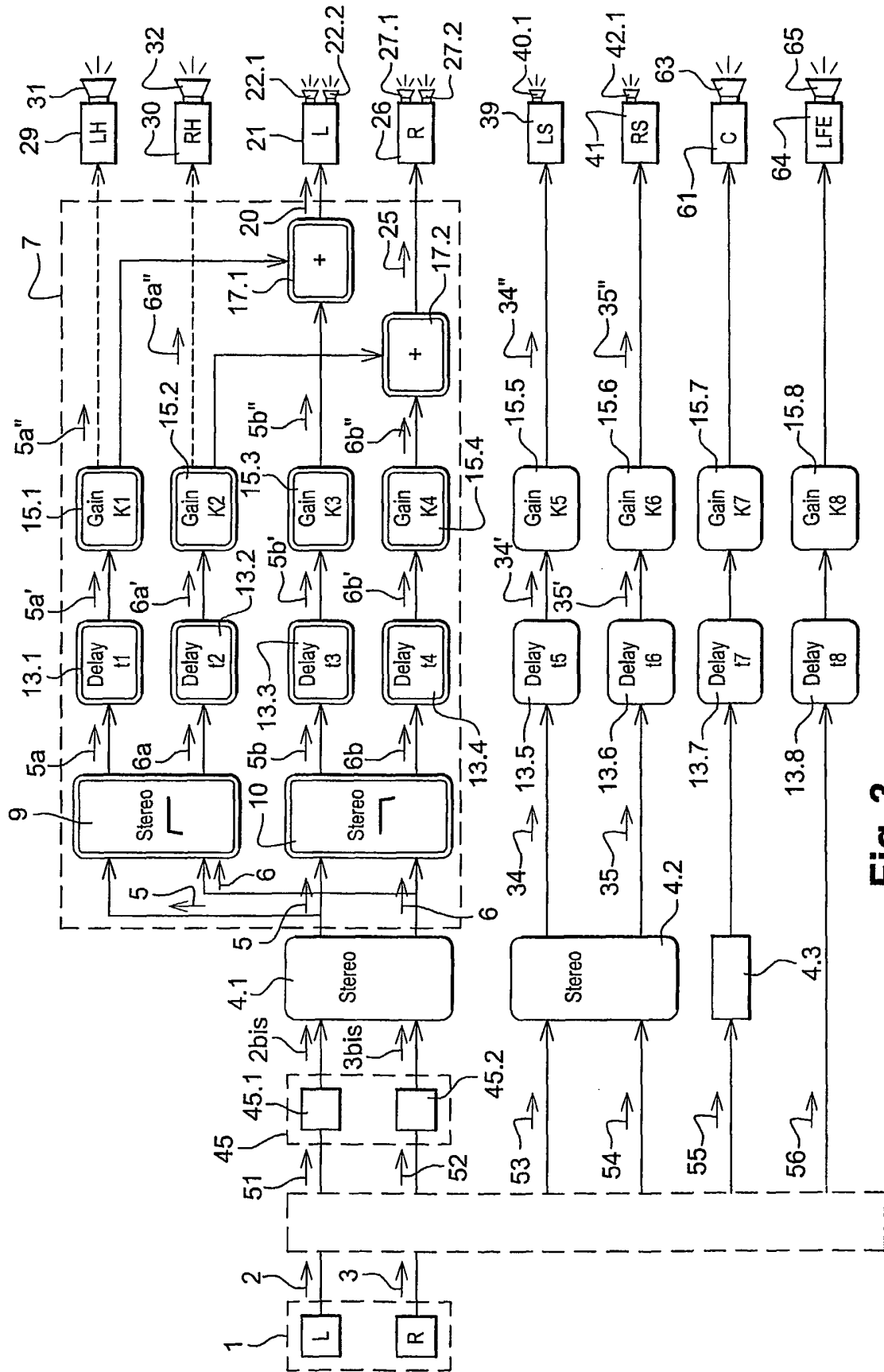


Fig. 3

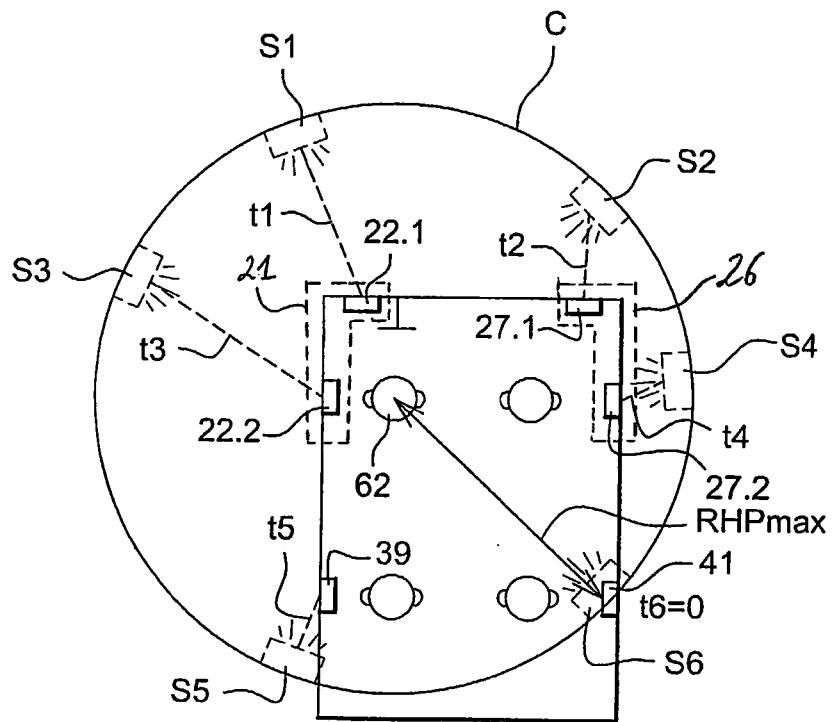


Fig. 4

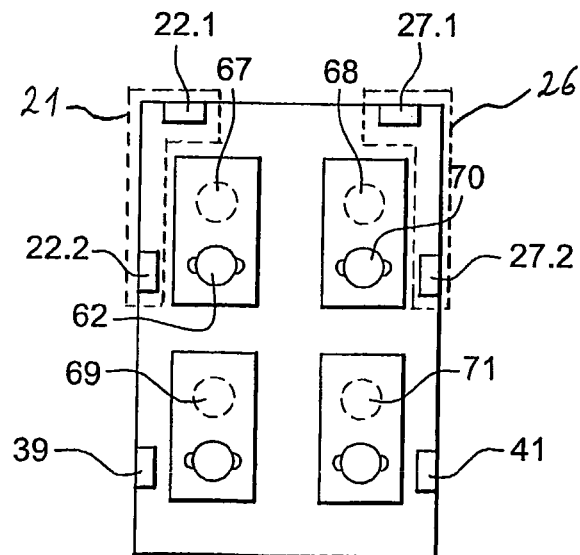


Fig. 5

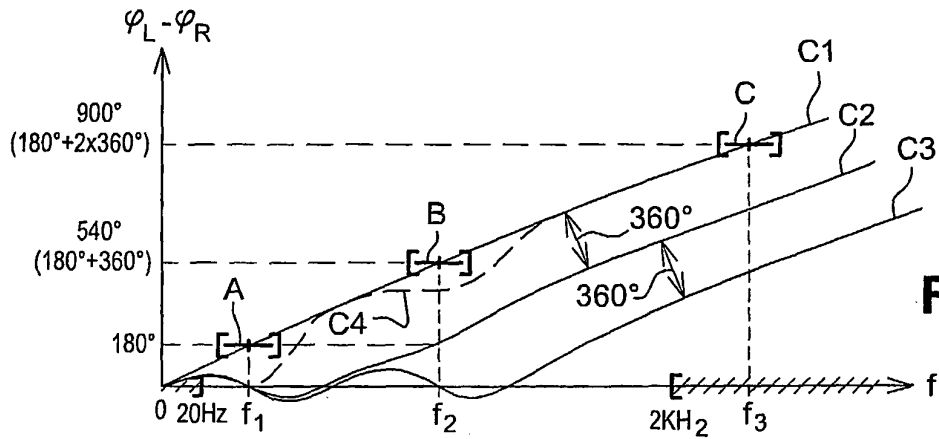


Fig. 6

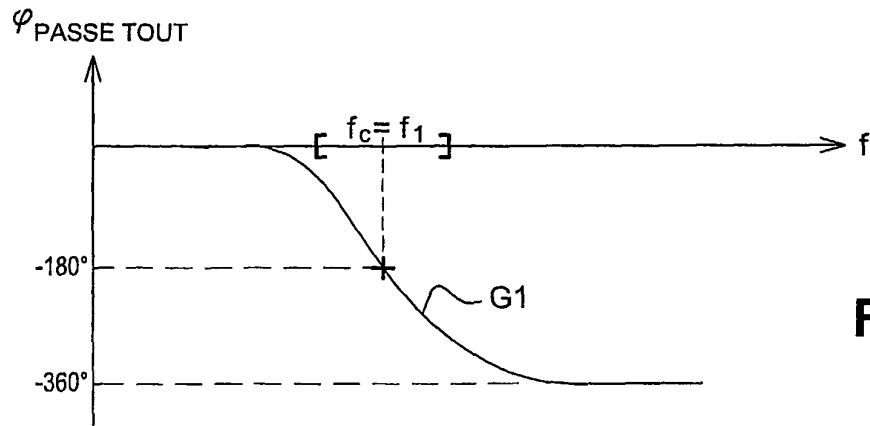


Fig. 7

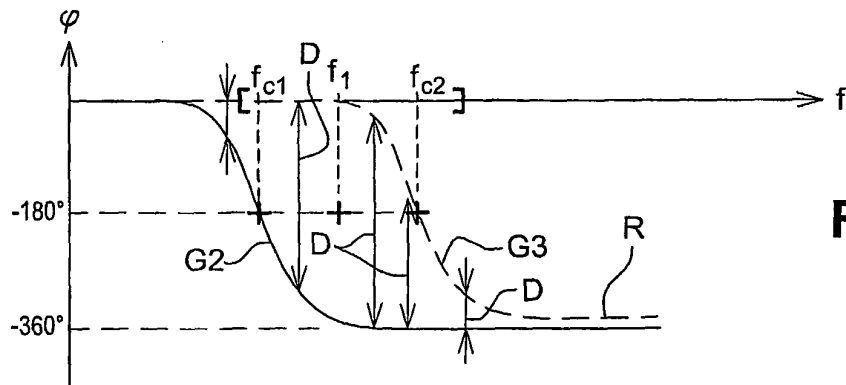


Fig. 8a

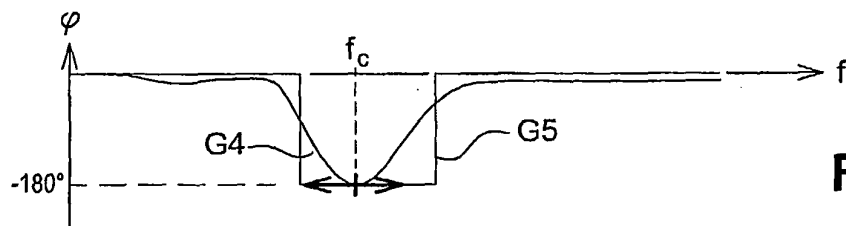


Fig. 8b

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

- WO 2006125931 A [0098]