

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 932 332

21) N° d'enregistrement national : 08 03087

51) Int Cl⁸ : H 03 G 3/20 (2006.01)

12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 04.06.08.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 11.12.09 Bulletin 09/50.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : PARROT Société anonyme — FR.

72) Inventeur(s) : HOANG CO THUY VU et POCHON BENOIT.

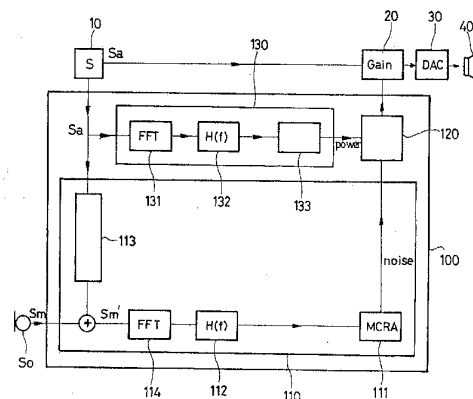
73) Titulaire(s) : PARROT Société anonyme.

74) Mandataire(s) : DUPUIS LATOUR DOMINIQUE.

54) SYSTEME DE CONTROLE AUTOMATIQUE DE GAIN APPLIQUE A UN SIGNAL AUDIO EN FONCTION DU BRUIT AMBIANT.

57) Système (100) de contrôle automatique du gain appliqué à un signal audio (S_a) en fonction du bruit ambiant, comprenant: un module (110) d'estimation de bruit ambiant, apte à établir une valeur de bruit courant (noise) estimée à partir, au moins, d'un signal (S_m) fourni par un microphone (50); et un module (120) de contrôle automatique de gain, apte à appliquer au signal audio (S_a) une valeur de gain déterminée en fonction de la valeur de bruit courant (noise) reçue du module (110) d'estimation de bruit ambiant. Selon l'invention, le module (110) d'estimation de bruit ambiant comprend un estimateur MCRA (111) apte à établir ladite valeur de bruit courant (noise) à partir d'un signal (S_m) fourni par le microphone (50) captant le bruit réel, l'écho de la musique et le cas échéant la parole.

Application aux équipements audio à microphone intégré.



FR 2 932 332 - A1



L'invention concerne un système de contrôle automatique du gain appliqué à un signal audio en fonction du bruit ambiant.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des équipements audio, notamment les équipements audio à microphone intégré, comme les autoradios munis de la fonction de téléphonie "mains libres". Le FR 2 890 513 A1 (Parrot) décrit un tel autoradio dont la façade inclut deux microphones permettant de capter la voix du conducteur, pour la conversation téléphonique et éventuellement pour des commandes vocales.

10 Dans ce contexte, l'invention a plus spécialement pour objectif d'améliorer l'écoute de programmes musicaux, qu'ils soient produits par une source de l'équipement audio en "streaming", par un signal appliqué sur l'entrée "line-in" de l'appareil ou des signaux de radiodiffusion.

On sait en effet que l'écoute de tels programmes par un utilisateur, qui peut être une personne présente dans un véhicule automobile équipé d'un autoradio "mains libres", est fortement influencée par le niveau sonore du bruit ambiant dans lequel se trouve cet utilisateur. Il est donc souhaitable de pouvoir adapter le volume sonore du signal audio utile à celui du bruit ambiant en l'augmentant, ou en le diminuant, automatiquement en fonction des variations correspondantes du bruit environnant.

20 À cet égard, la présence d'un microphone dans l'équipement audio se révèle particulièrement pertinente puisque, outre sa fonction première dédiée à la communication "mains libres", le microphone peut servir à une autre fonction, à savoir celle de mesurer le niveau et les variations du bruit ambiant afin d'en déduire automatiquement le gain à appliquer au signal audio et d'ajuster le volume utile à un niveau permettant d'assurer à l'utilisateur un même confort d'écoute quel que soit l'environnement sonore dans lequel il se trouve.

Cependant, l'utilisation d'un microphone comme capteur de bruit ambiant présente une difficulté liée au fait que le microphone est capable de capter également l'écho de la musique restituée par les haut-parleurs et la voix des personnes présentes dans le véhicule.

Or, ces deux derniers éléments ne doivent pas être considérés comme du bruit ambiant. On comprend que si, par exemple, le niveau de musique augmente dans le véhicule, la puissance du signal sonore capté par le

microphone augmente en conséquence par effet d'écho. Si cette augmentation était considérée comme du bruit, le gain appliqué au signal audio serait lui-même augmenté, entraînant une augmentation simultanée du niveau de musique et donc à nouveau celle de la puissance de l'écho capté par le microphone. On aboutirait dans ce cas à une boucle divergente.

Il en est de même pour la voix des personnes. Si une conversation s'engage à bord du véhicule, l'augmentation correspondante de la puissance captée par le microphone ne doit pas être considérée comme une augmentation du bruit ambiant susceptible d'entraîner une augmentation automatique du gain du signal audio, car cette augmentation viendrait gêner la conversation (déjà perturbée par le bruit ambiant), ce qui serait contraire au but recherché.

S'agissant du problème lié à l'écho acoustique, on connaît de l'état de la technique des systèmes de contrôle automatique de volume permettant de l'éliminer du signal sonore capté par le microphone. Le US 6 868 162 A1 décrit par exemple un tel système dans lequel le signal audio est traité par un filtre adaptatif, puis soustrait du signal détecté par le microphone, le signal d'erreur résultant fournissant une estimation du bruit ambiant.

On notera toutefois que la mise en œuvre d'un annuleur d'écho exige des ressources de calcul importantes de la part du processeur de traitement du signal. Ainsi, le recours à un dispositif de ce type, bien que conduisant à une meilleure estimation du bruit ambiant, doit être considéré comme facultatif et réservé aux équipements disposant de ressources de calcul suffisantes.

S'agissant maintenant du problème lié à la voix des personnes, on constate aujourd'hui que l'état de la technique ne fournit pas de solution pour l'éliminer du signal sonore capté par le microphone.

Aussi, un but de l'invention est de proposer un système de contrôle automatique de gain qui permettrait précisément de pouvoir extraire du signal détecté par le microphone le signal de parole lié à la voix de personnes présentes dans le véhicule, et ainsi d'améliorer l'estimation du bruit ambiant servant de base au contrôle automatique de volume.

Ce but est atteint, conformément à l'invention, grâce à un système de contrôle automatique du gain appliqué à un signal audio en fonction du bruit ambiant, comprenant :

- 5 – un module d'estimation de bruit ambiant, apte à établir une valeur de bruit courant estimée à partir, au moins, d'un signal fourni par un microphone,
- un module de contrôle automatique de gain, apte à appliquer audit signal audio une valeur de gain déterminée en fonction de la valeur de bruit courant reçue du module d'estimation de bruit ambiant.

10 Selon l'invention, le module d'estimation de bruit ambiant comprend un estimateur MCRA apte à établir ladite valeur de bruit courant à partir d'un signal fourni par le microphone captant le bruit réel, l'écho de la musique et le cas échéant la parole.

L'estimateur MCRA mis en œuvre par l'invention est décrit dans le WO
15 2007/099222 A1 (Parrot) en tant que dispositif de traitement d'un signal audio pour l'élimination du bruit dans un signal audio bruité comportant une composante de parole combinée à une composante de bruit, le but étant d'obtenir un signal de parole exempt de bruit. Cet estimateur s'appuie sur d'un algorithme connu sous l'acronyme MCRA (*Minima*
20 *Controlled Recursive Averaging*) décrit dans l'article de I. Cohen et B. Berdugo, *Noise Estimation by Minima Controlled Recursive Averaging for Robust Speech Enhancement*, IEEE Signal Processing Letters, Vol. 9, No 1, pp 12-15, Jan. 2002.

Il est important de souligner que la présente invention utilise l'estimateur
25 MCRA dans un but tout autre que celui d'éliminer le bruit d'un signal de parole, à savoir celui, au contraire, d'extraire le bruit ambiant d'un signal contenant un signal de parole. En effet, le procédé de traitement décrit dans le WO 2007/099222 A1 précité comporte une étape intermédiaire d'estimation du bruit ambiant utilisant l'algorithme MCRA, le signal ainsi
30 estimé pour le bruit ambiant étant soustrait du signal total pour en extraire le signal de parole. Cette étape est avantageusement mise à profit par le système de contrôle automatique de gain conforme à l'invention pour déterminer la seule composante de bruit ambiant après élimination de la composante de parole.

Comme cela a été mentionné plus haut, il est possible d'obtenir une estimation encore plus précise du bruit ambiant si, selon l'invention, le module d'estimation de bruit ambiant comprend un circuit d'annulation de l'écho du signal audio présent dans le signal fourni par le microphone.

5 Il est prévu par ailleurs que le système de contrôle automatique de gain selon l'invention comprend en outre un module d'estimation de la puissance du signal audio, apte à fournir audit module de contrôle automatique de gain une valeur de la puissance courante du signal audio. On verra en détail plus loin l'intérêt de cette disposition dans le cadre du traitement par le module de contrôle automatique de gain du signal de bruit
10 ambiant en l'absence de circuit d'annulation d'écho.

Avantageusement, le module d'estimation de bruit ambiant et le module d'estimation de la puissance du signal audio comprennent un filtre perceptif. Ceci permet de simuler au mieux la réponse en fréquence en fonction
15 de la perception de l'utilisateur quant au bruit environnant.

Concernant le contrôle automatique de gain proprement dit, l'invention prévoit que le module de contrôle automatique de gain est apte à appliquer audit signal audio une valeur de gain établie à l'issue d'une étape de changement de gain, ladite étape de changement de gain étant précédée
20 d'une étape d'initialisation exécutée en référence à un seuil minimum prédéterminé de bruit ambiant.

Ladite étape d'initialisation comprend :

- une étape de démarrage du procédé, consistant à estimer une valeur du bruit courant et à exécuter l'étape suivante de détermination d'un
25 bruit de référence dès qu'une valeur de bruit courant est supérieure audit seuil de bruit,
- une étape de détermination d'un bruit de référence pour le changement de gain, consistant à établir une valeur de référence pour le bruit ambiant si la valeur de bruit courant est restée supérieure au seuil de
30 bruit ambiant pendant une première durée déterminée, l'étape d'initialisation étant reprise dès qu'une valeur de bruit courant devient inférieure au seuil de bruit,

Ladite étape de changement de gain consiste à :

- calculer la différence entre la valeur de bruit et ladite valeur de référence de bruit ambiant,
35

- appliquer au gain une variation établie en fonction de ladite différence, lorsque ladite différence reste supérieure (resp. inférieure) à un seuil *thres_hi* (resp. *thres_lo*) de changement de gain pendant une deuxième durée déterminée,
 - 5 – établir une nouvelle valeur de référence pour le bruit ambiant, et reprendre l'étape de changement de gain, et
 - ladite étape de changement de gain étant interrompue avec application d'une diminution de gain dès qu'une valeur de bruit courant devient inférieure au seuil de bruit.
- 10 Enfin, l'invention concerne également un équipement audio comprenant une source de signal audio et un microphone, remarquable en ce que ledit équipement audio comprend un système de contrôle automatique de gain selon l'une l'invention.

◇

15

On va maintenant décrire un exemple de mise en œuvre du dispositif de l'invention, en référence à la figure 1 annexée, qui est un schéma d'un équipement audio comportant un système de contrôle automatique de gain selon l'invention.

20

◇

Sur la figure 1 est représenté un équipement audio, par exemple un autoradio comportant une fonctionnalité de communication "mains libres". À ce titre, l'équipement audio de la figure 1 comprend un microphone 50 dont la fonction première est de permettre la communication "mains libres".

25 L'équipement audio de la figure 1 comprend en outre une source 10 apte à fournir un signal audio numérique S_a par radiodiffusion ou par tout autre moyen de diffusion, par exemple par "streaming" ou par un signal appliqué sur l'entrée "line-in" de l'appareil. Un amplificateur 20 à gain variable permet à un utilisateur de régler le volume du signal en sortie d'un ou plusieurs haut-parleurs 40 après conversion par un convertisseur numérique/analogique 30.

30 On peut voir sur la figure 1 que l'équipement audio comporte également un système 100 de contrôle automatique du gain de l'amplificateur 20 en fonction du bruit ambiant. On rappelle que le bruit ambiant dont il est

35

question ici est le bruit détecté par le microphone 50 dont sont extraits le signal de parole, relatif à la voix des personnes présentes dans l'habitacle d'un véhicule par exemple, ainsi que l'écho du signal fourni par les haut-parleurs 40 et capté par le microphone 50. Toutefois, l'annulation de l'écho acoustique doit être considérée comme optionnelle du fait qu'elle dépend fortement des ressources en calcul du processeur de l'équipement audio.

Comme le montre la figure 1, le système 100 de contrôle automatique comprend un module 110 d'estimation de bruit ambiant dont le rôle est d'établir une valeur *noise* de bruit courant estimée à partir du signal S_m fourni par le microphone 50. Cette valeur *noise* de bruit courant est transmise à un module 120 de contrôle automatique de gain qui détermine en conséquence la valeur du gain que doit appliquer l'amplificateur 20 au signal audio S_a pour maintenir un confort d'écoute satisfaisant, quel que soit le niveau de bruit ambiant.

Selon le mode de réalisation de la figure 1, le module 110 d'estimation de bruit ambiant comprend un estimateur MCRA 111 destiné à fournir une valeur du bruit courant *noise* contenu dans le signal S_m capté par le microphone 50. Afin de réaliser l'estimateur MCRA, le signal S_m capté par le microphone 50 est, de manière classique, traité par un étage 114 de calcul d'une transformée de Fourier sur chaque trame du signal microphone S_m , de 20 ms de durée par exemple.

Dans l'exemple particulier de la figure 1, le signal S_m' résulte du traitement du signal S_m par un circuit 113 d'annulation de l'écho du signal audio S_a présent dans le signal S_m . Bien que fortement recommandée, la présence de ce circuit 113 dans le module 110 d'estimation de bruit ambiant reste néanmoins facultative et ne peut être envisagée que si les ressources de calcul de l'équipement audio le permettent, comme cela a été mentionné plus haut.

Un estimateur MCRA est décrit dans le WO 2007/099222 A1 précité et dans l'article précité de I. Cohen et B. Berdugo.

Le module 110 d'estimation de bruit ambiant comporte en outre, en amont de l'estimateur MCRA 111, un filtre perceptif 112 défini de manière à tenir compte dans l'estimation du bruit ambiant de la réponse fréquentielle per-

ceptive de l'utilisateur. Ce filtre est appliqué après estimation du spectre par la transformée de Fourier du module 114.

On peut voir sur la figure 1 que le système 100 de contrôle automatique de gain comprend également un module 130 d'estimation de la puissance
 5 du signal audio, apte à fournir au module 120 de contrôle automatique de gain une valeur *power* de la puissance courante du signal audio S_a . On verra plus loin l'intérêt de ce module d'estimation de puissance, en l'absence de circuit d'annulation d'écho acoustique.

Le module 130 d'estimation de puissance du signal audio S_a comporte, de
 10 manière classique, un étage 131 de calcul d'une transformée de Fourier sur chaque trame du signal audio S_a , de 20 ms par exemple, et un étage 133 de calcul de la puissance en dB effectué en faisant la somme des composantes au carré du spectre en fréquence du signal. On observera également sur la figure 1 la présence entre les étages 131 et 133 d'un fil-
 15 tre perceptif 132 analogue au filtre perceptif 112, ceci afin d'appliquer la même loi de perception de l'utilisateur aux modules d'estimation de bruit ambiant et d'estimation de puissance du signal audio.

La valeur du gain à appliquer au signal audio par l'amplificateur 20 en fonction du bruit ambiant est déterminée par le module 120 de contrôle
 20 automatique de gain selon des modalités caractérisées par deux grandes étapes, à savoir une étape (1) d'initialisation et une étape (2) de changement de gain, détaillées ci-dessous en métalangage :

(1) Étape d'initialisation
 25 (1a) Étape de démarrage
 if ($noise \geq init_thres$), $ref_noise = noise$, wait 2 s, $count = 0$, goto (1b)
 else wait 2s, goto (1a)
 (1b) Étape de détermination d'un bruit de référence
 if ($noise < init_thres$), wait 2 s, goto (1a)
 30 if ($|noise - ref_noise| \geq init_dyn_thres$), $ref_noise = noise$, wait 2 s,
 $count = 0$, goto (1b)
 else $count++$,
 if ($count == Nb_count$), $make_ref$, wait 2 s, $Power_count = 0$, goto (2)
 else wait 2s, goto (1b)

- (2) Étape de changement de gain
 if (*Power_comp*), *Power_count*++
 if *Power_count*==*Nb_Power_count*, wait 4 s, goto (3)
 if (*noise*<*init_thres*), *apply_gain*, wait 4 s, goto (3)
 5 else if ((*noise-Ref_Noise*)>*thres_hi*), *hi_count*++, *lo_count*=0
 else if ((*noise-Ref_Noise*)<*thres_lo*), *lo_count*++, *hi_count*=0
 else *hi_count*=0, *lo_count*=0
 if (*lo_count*==*Nb_lo_count*) or (*hi_count*==*Nb_hi_count*),
apply_gain, wait 4 s, goto (3)
 10 else *Power_count*=0, wait 2s, goto (2)
- (3) Étape finale
 if (*noise*≥*init_thres*), *make_ref*, *Power_count*=0, wait 2s, goto (2)
 else wait 2s, goto (1a)

15 L'étape (1) d'initialisation est celle qui est exécutée systématiquement dès que le système de contrôle automatique de gain est activé, à la mise en marche de l'équipement audio par exemple.

Cette étape d'initialisation est elle-même composée de deux étapes, une étape (1a) de démarrage et une étape (1b) de détermination d'une référence de bruit par rapport à laquelle seront établies les conditions de changement de gain lors de l'exécution de l'étape (2).

20 L'étape (1a) de démarrage a pour but de déclencher le contrôle automatique de volume uniquement si le niveau de bruit détecté est supérieur à un certain seuil. Une des justifications pour ce choix est que l'on souhaite éviter un changement de volume lorsque, par exemple, l'utilisateur se déplace en ville dans des conditions où le bruit est généralement faible mais varie en permanence du fait des démarrages ou des ralentissements liés au trafic.

25 La valeur courante du bruit courant *noise*, fournie par l'estimateur 111, est donc comparée par le module 120 de contrôle automatique de gain, toutes les 2 secondes par exemple, à un seuil de bruit minimum *init_thres* prédéterminé. L'étape (1b) suivante n'est engagée que si la condition *noise*≥*init_thres* est réalisée. Dans ce cas, une valeur de référence temporaire de bruit *Ref_Noise* est prise égale à la valeur de bruit courant
 30 *noise*.
 35

Comme cela a été mentionné plus haut, l'étape (1b) de changement de gain a notamment pour but de définir une valeur de référence *Ref_Noise* pour le bruit ambiant, par rapport à laquelle les changements de volume seront ajustés lors de l'étape (2).

5 On vérifie d'abord, et ceci de manière systématique, que le bruit courant *noise* reste au moins égal au seuil *init_thres*. Si cette condition n'est pas vérifiée, l'étape (1a) de démarrage est reprise après un délai de 2 secondes par exemple.

10 Si, en revanche, la condition est vérifiée, on impose alors une nouvelle condition qui consiste à s'assurer que le bruit courant *noise* ne varie pas d'une valeur trop grande par rapport à la référence temporaire de bruit *ref_noise* pendant une durée assez longue : cette variation, positive ou négative, ne doit pas excéder un certain seuil (cf. étape 1.b, qui utilise sur la valeur absolue de la différence : si le bruit courant *noise* est trop grand
15 ou trop petit, l'algorithme réagit de la même manière).

On évite ainsi de prendre en compte des situations d'augmentations (ou diminutions) de bruit ambiant trop fortes ou ponctuelles. C'est le cas en particulier où, en l'absence d'annulation d'écho acoustique, la musique elle-même pourrait être détectée comme du bruit, au démarrage d'un programme musical par exemple.
20

Si la valeur absolue $|noise-ref_noise|$ est supérieure ou égale à un seuil dynamique de bruit *init_dyn_thres* déterminé, l'étape (1b) est reprise après un délai de 2 secondes par exemple. Dans le cas contraire, on incrémente (opération "count++") un compteur *count*, lequel est comparé à un seuil de comptage *Nb_count*.
25

Si *count* est inférieur à *Nb_count*, l'étape (1b) est reprise après un délai de 2 secondes par exemple.

Si le compteur *count* est égal à *Nb_count*, cela veut dire que les conditions précédentes concernant l'établissement (opération "make_ref") d'un bruit de référence *Ref_Noise* sont vérifiées pendant une durée assez longue égale à $x*(Nb_count-1)$ secondes, *x* étant la durée du délai, à savoir 2 secondes dans l'exemple plus haut.
30

L'opération "make_ref" correspond au calcul de la valeur de référence *Ref_Noise* pour le bruit ambiant, ce calcul étant effectué en prenant la valeur de bruit courant *noise* lissée par un filtre d'ordre 1. Plus précisément,
35

si $noise(n)$ est la valeur de bruit courant à l'instant n , alors on calcule en permanence une valeur lissée du bruit, selon la formule :

$$Smooth_Noise(n) = \alpha.Smooth_Noise(n-1) + (1 - \alpha).noise(n)$$

5

où α est un coefficient de pondération ajustable inférieur ou égal à 1.
L'opération "make_ref" consiste à appliquer :

$$Ref_Noise = Smooth_Noise$$

10

Cette opération "make_ref" permet également de calculer une valeur de référence Ref_Power pour la puissance du signal audio S_a d'une manière équivalente au calcul du bruit de référence. Si $Power(n)$ est la valeur de la puissance courante estimée à l'instant n par le module 130, on calcule en permanence la valeur de la puissance lissée, filtrée à l'ordre 1, par la formule :

15

$$Smooth_Power(n) = \beta.Smooth_Power(n-1) + (1 - \beta).noise(n)$$

où β est un coefficient de pondération ajustable inférieur ou égal à 1.

20 L'opération "make_ref" consiste alors à appliquer :

$$Ref_Power = Smooth_Power$$

L'étape (2) de changement de gain est celle où, à proprement parler, le gain est appliqué au signal audio S_a en fonction des variations du bruit ambiant.

25

Comme cela a été expliqué plus haut, l'écho du signal audio ne doit pas être interprété comme du bruit. C'est pourquoi en l'absence d'annulation d'écho, il est nécessaire d'empêcher l'application du gain si le signal a varié longtemps au-dessus d'un seuil. À cet effet, on calcule la valeur absolue X de la différence entre la puissance estimée $power(m)$ à un instant m et la dernière valeur de référence $Ref_Power(n)$ calculée à l'instant $n < m$:

30

$$X = |power(m) - Ref_Power(n)|$$

35

Si X est supérieur à un seuil $power_dyn_thres$ de dynamique de puissance, alors la condition "if (Power_comp)" est satisfaite et un compteur $Power_count$ est incrémenté (opération "Power_count++"). Si ce compteur est égal à un seuil Nb_Power_count , cela veut dire que le signal a varié au-dessus d'un seuil maximum pendant une durée égale à $2.(Nb_Power_count-1)$ secondes. Alors, le déroulement de l'étape (2) est interrompu après 4 secondes par exemple pour exécuter l'étape (3) selon laquelle, si le bruit courant $noise$ est supérieur ou égal au seuil $init_thres$, de nouvelles références sont établies (opération "make_ref") avec retour à l'étape (2) de changement de gain. Si le bruit courant $noise$ est inférieur au seuil $init_thres$, l'étape (1) d'initialisation est reprise.

Dans le cas où le compteur $Power_count$ est inférieur au seuil Nb_Power_count , on vérifie que le bruit ambiant $noise$ est toujours supérieur ou égal au seuil minimal $init_thres$. Si cette vérification est négative, une diminution de gain est appliquée relativement à la diminution de bruit constatée, après un délai de 4 secondes l'étape (3) est exécutée.

Si le bruit ambiant $noise$ est supérieur ou égal au seuil minimal $init_thres$, on vérifie alors s'il a beaucoup varié par rapport au bruit de référence Ref_Noise déterminé lors de l'étape (1b).

Si la différence du bruit ambiant $noise$ et du bruit de référence Ref_Noise est supérieure à un seuil $thres_hi$ donné, on incrémente (opération "hi_count++") un compteur hi_count .

De même, si la différence du bruit ambiant $noise$ et du bruit de référence Ref_Noise est inférieure à un seuil $thres_lo$ donné, on incrémente (opération "lo_count++") un autre compteur lo_count .

Ensuite, chacun de ces compteurs est comparé à un seuil respectif, Nb_hi_count et Nb_lo_count . Si l'une des comparaisons est positive, cela veut dire que le bruit $noise$ est resté suffisamment longtemps au-dessus ou au-dessous du bruit de référence Ref_Noise pour décider l'appliquer (opération "apply_gain") au signal audio un gain relatif à la différence de bruit constatée.

Le gain est modifié de la façon suivante.

Si le bruit courant $noise(m)$ a augmenté de x dB par rapport au dernier bruit de référence $Ref_Noise(n)$ ($m > n$), on peut décider d'augmenter le

gain de x dB également par défaut. Cependant, on peut faire varier ce facteur multiplicatif à volonté et augmenter le gain de $2.x$ dB par exemple.

Si le gain doit passer de y à z dB, cette augmentation peut être effectuée sur une seconde par exemple selon une progression linéaire dont la pente

5 dépend de y et de z .

Si, au contraire, le bruit courant est inférieure au bruit de référence, le processus est le même, sauf que la pente de la courbe sera négative.

REVENDEICATIONS

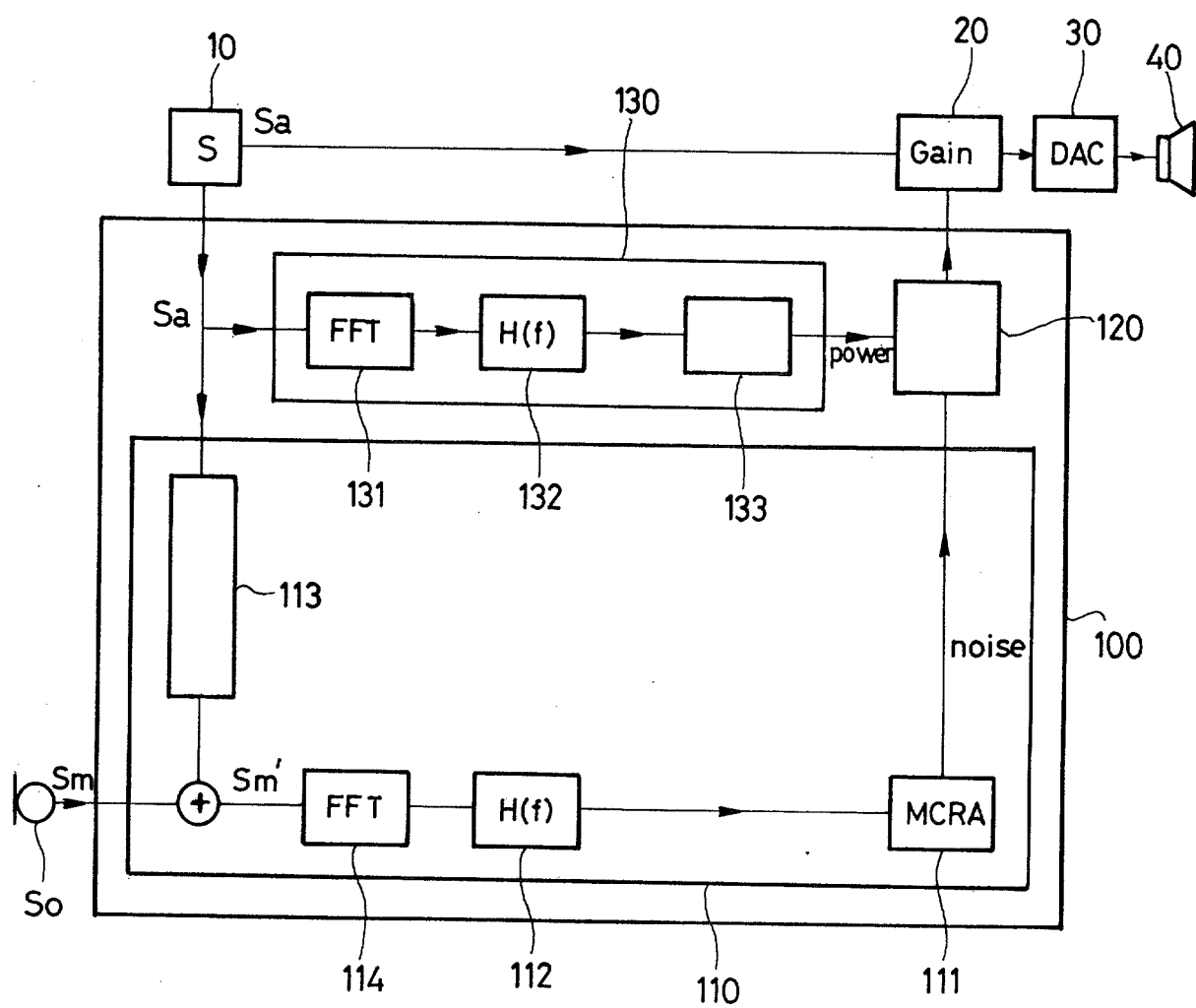
1. Système (100) de contrôle automatique du gain appliqué à un signal audio (S_a) en fonction du bruit ambiant, comprenant :
 - un module (110) d'estimation de bruit ambiant, apte à établir une valeur de bruit courant (*noise*) estimée à partir, au moins, d'un signal (S_m) fourni par un microphone (50),
 - un module (120) de contrôle automatique de gain, apte à appliquer audit signal audio (S_a) une valeur de gain déterminée en fonction de la valeur de bruit courant (*noise*) reçue du module (110) d'estimation de bruit ambiant,
- caractérisé en ce que ledit module (110) d'estimation de bruit ambiant comprend un estimateur MCRA (111) apte à établir ladite valeur de bruit courant (*noise*) à partir d'un signal (S_m) fourni par le microphone (50) captant le bruit réel, l'écho de la musique et le cas échéant la parole.
2. Système selon la revendication 1, dans lequel ledit module (110) d'estimation de bruit ambiant comprend un circuit (113) d'annulation de l'écho du signal audio présent dans le signal (S_m) fourni par le microphone (50).
3. Système selon l'une des revendications 1 ou 2, comprenant en outre un module (130) d'estimation de la puissance dudit signal audio, apte à fournir audit module (120) de contrôle automatique de gain une valeur de la puissance courante (*power*) du signal audio.
4. Système selon la revendication 3, dans lequel ledit module (110) d'estimation de bruit ambiant et ledit module (130) d'estimation de la puissance du signal audio comprennent un filtre perceptif (112, 132).
5. Système selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel ledit module de contrôle automatique de gain est apte à appliquer audit signal audio une valeur de gain établie à l'issue d'une étape 2) de changement de gain, ladite étape de changement de gain étant précédée

- d'une étape 1) d'initialisation exécutée en référence à un seuil minimum prédéterminé de bruit ambiant (*init_thres*),
- ladite étape 1) d'initialisation comprenant :
 - une étape 1a) de démarrage dudit procédé consistant à estimer
5 une valeur du bruit courant (*noise*), et à exécuter l'étape 1b) suivante de détermination d'un bruit de référence dès qu'une valeur de bruit courant (*noise*) est supérieure audit seuil de bruit (*init_thres*),
 - une étape 1b) de détermination d'un bruit de référence pour le
10 changement de gain, consistant à établir (*make_ref*) une valeur de référence (*Ref_Noise*) pour le bruit ambiant si la valeur de bruit courant (*noise*) est restée supérieure au seuil de bruit ambiant (*init_thres*) pendant une première durée déterminée, l'étape 1) d'initialisation étant reprise dès qu'une valeur de bruit courant
15 (*noise*) devient inférieure au seuil de bruit (*init_thres*),
 - ladite étape 2) de changement de gain consistant à :
 - calculer la différence entre la valeur de bruit courant (*noise*) et la
dite valeur de référence (*Ref_Noise*) de bruit ambiant,
 - appliquer au gain (*apply_gain*) une variation établie en fonction de
20 ladite différence, lorsque ladite différence reste supérieure, respectivement inférieure, à un seuil *thres_hi*, respectivement *thres_lo*, de changement de gain pendant une deuxième durée déterminée,
 - établir une nouvelle valeur de référence pour le bruit ambiant, et reprendre l'étape de changement de gain,
 - ladite étape 2) de changement de gain étant interrompue avec applica-
25 tion d'une diminution de gain dès qu'une valeur de bruit courant (*noise*) devient inférieure au seuil de bruit (*init_thres*).
6. Système selon la revendication 5, dans lequel ladite étape 1a) de démarrage
30 consiste également à déterminer une valeur de référence temporaire de bruit (*ref_noise*), et dans lequel ladite étape 1b) de détermination d'un bruit de référence est interrompue dès que, pendant ladite première durée, la valeur absolue de la différence entre une valeur de bruit courant (*noise*) et ladite valeur de référence temporaire de bruit (*ref_noise*) est
35 supérieure à un seuil de dynamique de bruit (*init_dyn_thres*).

7. Système selon l'une des revendications 5 ou 6, dans lequel ladite étape 1b) de détermination d'un bruit de référence consiste également à déterminer une valeur de référence (*Ref_Power*) pour la puissance du signal audio, et dans lequel ladite étape 2) de changement de gain est interrompue si la valeur absolue de la différence entre la valeur de puissance courante (*power*) du signal audio et ladite valeur de référence (*Ref_Power*) de puissance est restée supérieure à un seuil de dynamique de puissance (*power_dyn_thres*) pendant une troisième durée déterminée, avec retour à l'étape 2) de changement de gain si la valeur de bruit courant (*noise*) est supérieure audit seuil de bruit (*init_thres*), ou à l'étape 1) d'initialisation dans le cas contraire.
8. Système selon l'une quelconque des revendications 5 à 7, dans lequel ladite valeur de référence (*Ref_Noise*) de bruit ambiant est égale à la valeur de bruit courant (*noise*) lissée par un filtre d'ordre 1.
9. Système selon l'une des revendications 7 ou 8, dans lequel ladite valeur de référence (*Ref_Power*) de puissance du signal audio est égale à la valeur de puissance courante (*power*) du signal audio lissée par un filtre d'ordre 1.
10. Équipement audio comprenant une source de signal audio et un microphone, caractérisé en ce que ledit équipement audio comprend un système de contrôle automatique de gain selon l'une quelconque des revendications 1 à 9.
-

1/1

FIG_1





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 709313
FR 0803087

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|--|---|--|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| Y | WO 01/89184 A (ERICSSON INC [US]; DENT PAUL W [US]; ROMESBURG ERIC DOUGLAS [US]) 22 novembre 2001 (2001-11-22) * page 12, ligne 13 - page 16, ligne 2 * * page 18, ligne 10 - ligne 24 * * page 22, ligne 7 - page 23, ligne 6; figures 3,5,6,9 * | 1,2 | H03G3/20 |
| D,Y | ISRAEL COHEN ET AL: "Noise Estimation by Minima Controlled Recursive Averaging for Robust Speech Enhancement" IEEE SIGNAL PROCESSING LETTERS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 9, no. 1, 1 janvier 2002 (2002-01-01), XP011059782 ISSN: 1070-9908 * le document en entier * | 1,2 | |
| A | US 7 171 003 B1 (VENKATESH SALIGRAMA R [US] ET AL) 30 janvier 2007 (2007-01-30) * colonne 21, ligne 19 - colonne 22, ligne 18; figure 17 * | 1-4 | |
| A | SCHWAB M ET AL: "Robust noise estimation applied to different speech estimators" CONFERENCE RECORD OF THE 37TH. ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS, & COMPUTERS. PACIFIC GROOVE, CA, NOV. 9 - 12, 2003; [ASILOMAR CONFERENCE ON SIGNALS, SYSTEMS AND COMPUTERS], NEW YORK, NY : IEEE, US, vol. 2, 9 novembre 2003 (2003-11-09), pages 1904-1907, XP010701031 ISBN: 978-0-7803-8104-9 | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) H03G H04M |
| | | -/-- | |
| | | Date d'achèvement de la recherche | Examineur |
| | | 22 janvier 2009 | Blaas, Dirk-Lütjen |
| CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS | | T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant | |
| X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire | | | |

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 3



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement national

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

FA 709313
FR 0803087

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|--|---|-----------------------------------|--|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| A | <p>NINGPING FAN ET AL.: "Speech Noise Estimation Using Enhanced Minima Controlled Recursive Averaging" IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON ACOUSTICS, SPEECH, AND SIGNAL PROCESSING, 2007, pages IV-581-IV-584, XP002511252 Piscataway, NJ, USA</p> <p style="text-align: center;">-----</p> | | |
| | | | DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC) |
| | | Date d'achèvement de la recherche | Examineur |
| | | 22 janvier 2009 | Blaas, Dirk-Lütjen |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons</p> <p>..... & : membre de la même famille, document correspondant</p> | | | |

EPO FORM 1503 12.99 (P04C14) 3

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0803087 FA 709313**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 22-01-2009

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

| Document brevet cité au rapport de recherche | Date de publication | Membre(s) de la famille de brevet(s) | Date de publication |
|---|------------------------|---|------------------------|
| WO 0189184 A | 22-11-2001 | AT 306781 T | 15-10-2005 |
| | | AU 5927301 A | 26-11-2001 |
| | | DE 60113985 D1 | 17-11-2005 |
| | | DE 60113985 T2 | 29-06-2006 |
| | | EP 1282978 A1 | 12-02-2003 |
| ----- | | | |
| US 7171003 B1 | 30-01-2007 | AUCUN | |
| ----- | | | |