(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 1 540 987 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
30.05.2012 Bulletin 2012/22

(21) Numéro de dépôt: **03757113.0**

(22) Date de dépôt: **06.06.2003**

(51) Int Cl.:
H04R 3/04 *(2006.01)*

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2003/001694

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2003/105525 (18.12.2003 Gazette 2003/51)

(54) **Procédé de réglage d'un système de sonorisation.**

Verfahren zum Einstellen einer Beschallungsanlage

Public address system tuning method

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IT LI LU MC NL PT RO SE SI SK TR

(30) Priorité: **10.06.2002 FR 0207110**

(43) Date de publication de la demande:
15.06.2005 Bulletin 2005/24

(73) Titulaire: **Cynove**
75005 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **LEWINER, Jacques**
  F-92210 Saint-Cloud (FR)
- **JAVELOT, Sylvain**
  F-75013 Paris (FR)
- **LEBRUN, Damien**
  F-78800 Houilles (FR)
- **DEBUSNE, Stéphane**
  F-92120 Montrouge (FR)

(74) Mandataire: **Fragnaud, Aude**
API Conseil
Rue Marx Dormoy
B.P. 7525
64075 Pau Cedex (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 1 017 166
US-A- 4 683 590
US-A- 5 694 476
US-A- 5 815 580

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 1 540 987 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Description

[0001] La présente invention est relative aux procédés de sonorisation, comprenant une correction de la réponse d'enceintes acoustiques.

[0002] Il existe un besoin en outils de correction de la réponse des enceintes acoustiques car si les supports analogiques ou numériques de représentation des données acoustiques permettent de stocker et de restituer ces grandeurs avec une dynamique élevée (par exemple 96 dB ou plus) et un bon respect de la phase, sur toute la bande acoustique audible, les haut-parleurs constituent l'élément le plus faible dans une chaîne de restitution du son.

[0003] De nombreuses techniques ont été proposées dans le passé pour tenter de résoudre ce problème.

[0004] Ainsi, on peut corriger l'amplitude au niveau d'un amplificateur qui alimente un ou plusieurs haut-parleurs, en utilisant un gabarit de gain de l'amplificateur en fonction de la fréquence. De cette manière, pour un haut-parleur ayant une réponse en amplitude inférieure à la moyenne dans une bande spectrale donnée, on accentue l'amplification dans ladite bande afin que le son émis soit sensiblement constant dans toute la bande audible. Pour cela, il a été proposé dans le document US-A-4 458 362, d'élaborer le gabarit de gain en question à partir de signaux de tests émis par le haut-parleur. La technique utilisée dans ce document soulève de nombreux problèmes de mise en oeuvre en situation réelle et en particulier en milieu réverbérant. Surtout, cette technique ne conserve pas la phase des signaux électriques à transformer en signaux acoustiques.

[0005] Une deuxième approche, très utilisée pour corriger la réponse d'une enceinte, consiste à.regrouper dans une enceinte plusieurs haut-parleurs ayant chacun de bonnes caractéristiques dans une bande spectrale donnée et d'interposer entre l'entrée de l'enceinte et les haut-parleurs, des filtres qui vont sélectivement envoyer vers chaque haut-parleur les composantes spectrales du signal électrique les mieux adaptées à ce haut-parleur. Ce procédé, qui permet d'améliorer la réponse en amplitude globale de l'enceinte, présente le grave inconvénient d'introduire des déphasages à plusieurs niveaux dans le système et ainsi de ne pas permettre une reproduction fidèle en ce qui concerne la phase des signaux à reproduire.

[0006] Or, dans beaucoup de cas, pour assurer une bonne qualité d'écoute, il est plus important de respecter la phase que l'amplitude.

[0007] Il a été également proposé, dans le document US-A-5 815 580, d'utiliser un filtre correcteur ayant un gabarit apte à corriger les seuls déphasages introduits par les filtres passifs présents dans l'enceinte acoustique. Une telle solution présente de graves inconvénients ; en particulier, elle ne compense pas les déphasages introduits par les haut-parleurs eux-mêmes et elle ne prend pas en compte l'environnement de l'enceinte, de sorte que la correction de phase effectuée par le filtre correcteur proposé dans ce document est inefficace. De plus, elle nécessite :

- soit l'accès aux filtres passifs par l'utilisateur, ce qui requiert un démontage de l'enceinte qui n'est évidemment pas souhaitable,
- soit la mise en place dans l'enceinte, lors de sa fabrication, de moyens de déconnexion des haut-parleurs des filtres et d'accès électriques à la sortie desdits filtres, ce qui introduit des surcoûts et entraîne des risques de parasites électriques.

[0008] Une autre technique connue, divulguée notamment dans le document US-A-4 888 808, utilise, à partir de la réponse impulsionnelle initiale de l'enceinte acoustique, une suite d'opérations fondées sur la transformation de Fourier pour obtenir dans un premier temps, la réponse de l'enceinte dans le domaine fréquentiel, en amplitude et en phase et dans un second temps, le gabarit d'un filtre correcteur, qui, utilisé pour alimenter l'enceinte acoustique, est censé corriger les défauts de phase tout en respectant en théorie l'amplitude des signaux. La mise en oeuvre pratique d'une telle solution à partir de processeurs de traitement du signal présente de graves inconvénients. En effet, la réponse impulsionnelle d'enceintes acoustiques dans le domaine fréquentiel, particulièrement en milieu réverbérant, présente des écarts considérables dans l'amplitude des signaux en fonction de la fréquence : il est fréquent que la réponse en amplitude d'une enceinte présente des pics vers le haut et vers le bas qui peuvent atteindre 50 dB et dont la largeur en fréquence est souvent faible. Par conséquent, avec la technique proposée dans le document US-A-4 888 808, la construction du gabarit d'un filtre correcteur efficace pour obtenir une correction satisfaisante implique des puissances de calcul considérables, ce qui entraîne l'utilisation de processeurs coûteux. De plus même ces processeurs coûteux n'ont bien évidemment pas une dynamique infinie, ce qui conduit à des améliorations insuffisantes.

[0009] Une approche de correction des caractéristiques acoustiques d'un système de reproduction en utilisant des convolutions est connu du document EP1017166.

[0010] La présente invention a notamment pour but de proposer un procédé de correction de la réponse d'une enceinte acoustique qui permette de conserver la phase des signaux à reproduire dans une large bande de fréquences, tout en nécessitant une puissance de calcul réduite compatible avec les dimensions et les coûts d'appareils de reproduction des sons destinés au grand public.

[0011] A cet effet, la présente invention propose un procédé de sonorisation d'un espace afin de transmettre dans

cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques représentatives d'un signal X(t), au moyen d'au moins une enceinte acoustique comportant une entrée commandant un nombre n de haut-parleurs, n étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comprenant au moins une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique à l'entrée de l'enceinte acoustique un signal électrique $P(t) = W(t) \otimes X(t)$, où :

- ⊗ est l'opérateur mathématique produit de convolution et
- W(t) représente un gabarit de filtre préalablement déterminé et mémorisé,
  ledit procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine le gabarit de filtre W(t) comme suit :

$$W(t) = S(-t) \otimes I(t) \ ,$$

où :

- S(-t) est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle S(t) entre l'enceinte et une zone cible appartenant à l'espace à sonoriser, t représentant le temps,
- et I(t) est la réponse temporelle du produit $e^{-2i\pi f 10}.Sc(f)$, où f représente la fréquence, t0 est un coefficient de décalage temporel et $Sc(f)=1/(S1(f))^{\alpha}$, α étant un nombre positif non nul et S1(f) étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module |S(f)| de la réponse en fréquence S(f) de la réponse impulsionnelle S(t).

[0012] Grâce à ces dispositions, qui permettent une compensation des déphasages introduits par l'enceinte acoustique, les informations transmises sous forme d'ondes acoustiques sont reçues parfaitement en phase dans la zone cible.

[0013] De plus, grâce à l'écrêtage du signal S(f), le procédé selon l'invention ne nécessite qu'une capacité de calcul relativement faible, compatible avec les coûts modérés exigés pour des appareils destinés au grand public.

[0014] Enfin, les inventeurs ont pu constater que l'écrêtage du signal S(f) ne nuit pas à la qualité de l'écoute, grâce à un effet dit "effet de masque", qui fait que l'oreille humaine discerne avec une sensibilité diminuée les sons de fréquence voisine d'une fréquence donnée où un signal est bien audible.

[0015] La qualité d'écoute obtenue grâce à la présente invention est donc excellente, pour un coût modéré.

[0016] Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou l'autre des dispositions suivante :

- au cours de l'étape d'apprentissage, on détermine la fonction Sc(f) comme suit :
  - pour $Sfmoy.R2<|S(f)|<Sf\ moy.R1$, $Sc(f) = 1/|S(f)|^{\alpha}$, R1 et R2 étant deux nombres positifs, R1 étant supérieur à R2 et Sfmoy étant la valeur moyenne de |S(f)|,
  - pour $|S(f)| \leq Sfmoy.R2$, $Sc(f) = 1/(Sfmoy.R2)^{\alpha}$,
  - pour $|S(f)| \geq Sfmoy.R1$, $Sc(f) = 1/(Sfmoy.R1)^{\alpha}$;
- le coefficient de décalage temporel t0 est compris entre 0 et Tmax, Tmax étant la durée d'enregistrement de la réponse S(t) ;
- I(t) est obtenu en utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier inverse du produit $e^{-2i\pi fi0}.Sc(f)$;
- la réponse impulsionnelle S(t) est mémorisée sur un nombre 2^k d'échantillons et S(f) est calculée à partir de S(t), en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide de S(t) ;
- la réponse impulsionnelle S(t) est mémorisée sur un nombre 2^K d'échantillons et I(t) est calculée à partir du produit $e^{-2i\pi fi0}.Sc(f)$ en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide inverse ;
- α vaut 1 ;
- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 24 dB (notamment lorsque le procédé est mis en oeuvre par des processeurs traitant des données sur 16 bits) ;
- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 12 dB (notamment lorsque le procédé est mis en oeuvre par des processeurs traitant des données sur 16 bits) ;
- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 36 dB (notamment lorsque le procédé est mis en oeuvre par des processeurs traitant des données sur plus de 16 bits) ;
- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 48 dB (notamment lorsque le procédé est mis en oeuvre par des processeurs traitant des données sur plus de 16 bits) ;
- la valeur Sfmoy est calculée pour une bande de fréquences fb ne représentant qu'une partie des fréquences audibles.

[0017] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description détaillée suivante

d'une de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins joints.

[0018] Sur les dessins :

- la figure 1 est un schéma de principe montrant un exemple de dispositif pouvant mettre en oeuvre le procédé selon l'invention, en fonctionnement normal, c'est à dire pendant la phase de sonorisation susmentionnée,
- et la figure 2 est un schéma similaire à la figure 1, montrant le dispositif pendant la phase initiale d'apprentissage.

[0019] Comme représenté sur la figure 1, le procédé selon l'invention permet de sonoriser un espace 100 en assurant une écoute optimale à un auditeur 102 dans une zone cible 101 de l'espace 100.

[0020] L'espace à sonoriser 100 peut être par exemple une salle d'écoute équipée d'au moins une enceinte acoustique 2, comprenant un nombre n de haut-parleurs 22, 24, n étant un entier naturel au moins égal à 1, par exemple égal à 2 ou supérieur.

[0021] Les hauts-parleurs 22, 24 de l'enceinte 2 peuvent par exemple être alimentés par une entrée commune 25 à travers des filtres passifs, respectivement 21, 23.

[0022] L'entrée 25 reçoit un signal électrique P(t) issu d'un calculateur 5 et amplifié par un amplificateur 6 (l'amplificateur 6 et le calculateur 5 peuvent bien entendu être compris dans un même boîtier).

[0023] Le calculateur 5 peut comporter par exemple :

- une unité de calcul 51 qui reçoit un signal électrique X(t) à reproduire sous forme sonore dans l'espace 100 (t représente le temps),
- un filtre correcteur 54 de gabarit W(t) recevant les signaux issus de l'unité de calcul 51,
- et un convertisseur numérique-analogique 52 qui reçoit les signaux numériques issus du filtre 52 et envoie des signaux analogiques correspondants à l'amplificateur 6.

[0024] On notera que le filtre 54 susmentionné peut être simplement un module logiciel chargé dans le calculateur 5 et que le convertisseur numérique-analogique pourrait être supprimé en utilisant des haut-parleurs numériques.

[0025] Le procédé selon l'invention permet notamment d'éviter les déphasages que subissaient habituellement les ondes sonores à leur arrivée au niveau de l'auditeur 102, avec les systèmes de l'art antérieur. Ces déphasages ont plusieurs origines, en particulier :

- les filtres passifs 21 et 23 présents dans l'enceinte 2 sont différents et par conséquent ils introduisent des déphasages différents,
- de la même façon, les n haut-parleurs 22, 24 sont différents et introduisent des déphasages différents, etc.

[0026] A cet effet, selon l'invention, le signal électrique X (t) est traité par le filtre correcteur 54 du calculateur 5 lors des phases de sonorisation, c'est à dire pendant le fonctionnement normal du dispositif de sonorisation. Lors de ce traitement, le filtre 54 calcule P(t) en effectuant le produit de convolution suivant :

$$P(t) = W(t) \otimes X(t) \ .$$

[0027] Pour déterminer le gabarit W(t) au cours d'une étape initiale d'apprentissage, comme représenté sur la figure 2, on procède tout d'abord à une opération de calibration acoustique de l'espace 100 en déterminant la réponse impulsionnelle S(t) entre l'enceinte acoustique 2 et un point de calibration 103 de la zone cible 101.

[0028] Le point de calibration 103 peut être par exemple situé entre 50 cm et 1 m 50 au-dessus du sol.

[0029] La réponse impulsionnelle S(t) correspond au signal acoustique reçu au point 103 lorsque l'enceinte acoustique émet une impulsion acoustique de courte durée.

[0030] Cette réponse impulsionnelle peut être mesurée de préférence à un moment où l'espace 100 n'est pas pollué par d'autres signaux acoustiques que ceux émis par l'enceinte 2, par exemple en faisant émettre par l'enceinte 2 une courte impulsion acoustique et en mesurant les signaux acoustiques reçus à la suite de cette impulsion au niveau du point de calibration 103, au moyen d'un microphone 11 préalablement disposé au point 103.

[0031] Dans l'exemple particulier représenté sur la figure 2, l'enceinte acoustique 2 reçoit du calculateur 5 le signal impulsionnel à émettre.

[0032] Par ailleurs, le microphone 11 situé au point de calibration 103 est relié à un amplificateur 12 lui-même relié à un convertisseur analogique-numérique 3, ce convertisseur pouvant par exemple être relié au calculateur 5, de façon que les signaux captés par le microphone 11 puissent être mémorisés par le calculateur 5 pour le point de calibration 103.

[0033] La réponse impulsionnelle S(t) ainsi mémorisée par le calculateur 5 est ensuite inversée temporellement par

ce calculateur 5, qui mémorise finalement l'inversée temporelle de la réponse impulsionnelle, S(-t).

[0034] Une fois l'opération de calibration terminée, on démonte le microphone 11 avec son amplificateur 12 et son convertisseur 3.

[0035] Par la suite, si l'on a enregistré S(t) sur un nombre 2^K d'échantillons, le calculateur 5 détermine par une technique de transformée de Fourier rapide la réponse en fréquence S(f) de la réponse impulsionnelle S(t).

[0036] On rappelle que pour un vecteur d'entrée S(t) comportant 2^K, échantillons, S(f) est un vecteur de 2^K échantillons avec :

$$S(f) = \sum_{m=1}^{2^K} S(m).e^{-2i\pi(f-1).(m-1)/2^K} ,$$

pour $1 \leq f \leq 2^K$.

[0037] Par la suite, le calculateur 5 effectue la séquence d'opérations suivante :

- il détermine et mémorise le module de S(f), à savoir |S(f)|,
- il détermine et mémorise la valeur moyenne atteinte par |S(f)|, notée Sfmoy (moyenne arithmétique, logarithmique ou autre),
- pour toutes les fréquences f, telles que Sfmoy.R2 < |S(f)| < Sfmoy.R1, il construit et mémorise Sc(f) comme $1/|S(f)|^{\alpha}$,
- pour toutes les fréquences f, telles que S(f)| ≤ Sfmoy.R2, il construit et mémorise Sc(f) comme 1/(Sfmoy.R2),
- pour toutes les fréquences f, telles que |S(fs)| ≥ Sfmoy.R1, il construit et mémorise Sc(f) comme $1/(Sfmoy.R1)^{\alpha}$, α étant un nombre réel positif non nul, avantageusement égal à 1,
- il effectue la multiplication de Sc(f), par une fonction $y(f) = e^{-2i\pi ft0}$, où t0 est un décalage temporel compris entre 0 et Tmax [Tmax est la durée d'enregistrement de la réponse impulsionnelle S(t)] choisi pour respecter la chronologie des événements (principe de causalité) : t0 peut avantageusement être choisi égal à Tmax/2, ou égal à une valeur inférieure,
- et finalement détermine et mémorise le résultat I(f) = y(f).Sc(f).

[0038] On notera que la fonction Sc(f) pourrait plus généralement être calculée sous la forme $Sc(f) = 1/[Si(f)]^{\alpha}$, où S1 (f) est une fonction obtenue par écrêtage du module de S(f).

[0039] Le calculateur (5) calcule alors la transformée de Fourier inverse de I(f), à savoir I(t).

[0040] On rappelle que la transformée de Fourier rapide inverse de I(f), I(t) est un vecteur de 2^K échantillons avec :

$$I(t) = (1/2^K).\sum_{m=1}^{2^K} I(m).e^{2i\pi(m-1).(t-1)/2^K} , \quad 1 \leq t \leq 2^K.$$

[0041] Le gabarit de filtre W(t) est alors obtenu par le calculateur 5 en effectuant le produit de convolution S(-t) avec I(t), ce qui permet de mettre en place le module logiciel de filtre 54 dans le calculateur 5 et clôt l'étape d'apprentissage.

[0042] On rappelle que le produit de convolution d'une fonction f(t) par une fonction g(t) vaut :

$$f(t) \otimes g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau).g(t-\tau).d\tau .$$

[0043] Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs de ce qui précède, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation particulier qui vient d'être décrit ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes, notamment celles dans lesquelles :

- la réponse impulsionnelle S(t) est déterminée autrement qu'en faisant émettre des signaux acoustiques impulsionnels, par exemple en faisant émettre un bruit blanc ou des suites de signaux prédéterminés dont on peut extraire la réponse S(t) par des méthodes de calcul connues en soi, explicitées par exemple dans le document FR-A-2 747 863 pour le calcul des réponses impulsionnelles dans le domaine des ondes radio-électriques.
- l'espace à sonoriser serait autre qu'une salle d'écoute, par exemple une salle anéchoïde, l'objectif étant dans ce cas par exemple de réaliser un ensemble unité de traitement et enceinte acoustique tel que la phase des ondes

acoustiques émises par l'enceinte acoustique respecte la phase des signaux électriques envoyés à l'entrée dudit ensemble.

Revendications

1. Procédé de sonorisation d'un espace (100) afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques représentatives d'un signal X(t), au moyen d'au moins une enceinte acoustique (2) comportant une entrée (25) commandant un nombre n de haut-parleurs (22, 24), n étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comprenant au moins une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique à l'entrée de l'enceinte acoustique (2) un signal électrique $P(t)=W(t)\otimes X(t)$, où :

   - ⊗ est l'opérateur mathématique produit de convolution et
   - W(t) représente un gabarit de filtre préalablement déterminé et mémorisé,

   ledit procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine le gabarit de filtre W (t) comme suit :

$$W(t) = S(-t) \otimes I(t) \ ,$$

   où :
   - S(-t) est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle S(t) entre l'enceinte et une zone cible (101) appartenant à l'espace à sonoriser (100), t représentant le temps,
   - et I(t) est la réponse temporelle du produit $e^{-2i\pi ft0}.Sc(f)$, où f représente la fréquence, t0 est un coefficient de décalage temporel et $Sc(f)=1/(S1(f))^{\alpha}$, a étant un nombre positif non nul et S1(f) étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module |S(f)| de la réponse en fréquence S(f) de la réponse impulsionnelle S(t).

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, on détermine la fonction Sc(f) comme suit :

   . pour $Sfmoy.R2<|S(f)|<Sfmoy.R1$, $Sc(f) = 1/|S(f)|^{\alpha}$, R1 et R2 étant deux nombres positifs, R1 étant supérieur à R2 et Sfmoy étant la valeur moyenne de |S(f)|,
   . pour $|S(f)| \leq Sfmoy.R2$, $Sc(f) = 1/ (Sfmoy.R2)^{\alpha}$,
   . pour $|S(f)| \geq Sfmoy.R1$, $Sc(f) = 1/(Sfmoy.R1)^{\alpha}$.

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le coefficient de décalage temporel t0 est compris entre 0 et Tmax, Tmax étant la durée d'enregistrement de la réponse S(t).

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel I(t) est obtenu en utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier inverse du produit $e^{-2i\pi fi0}.Sce(f)$.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la réponse impulsionnelle S(t) est mémorisée sur un nombre 2^K d'échantillons et S(f) est calculée à partir de S(t), en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide de S (t) .

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la réponse impulsionnelle S (t) est mémorisée sur un nombre 2^K d'échantillons et I(t) est calculée à partir du produit $e^{-2i\pi ft0}.Sce(f)$ en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide inverse.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel α vaut 1.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursior d'amplitude choisie parmi une excursion d'environ 12 dB, une excursion d'environ 24 dB, une excursion d'environ 3θ dB, et une excursion d'environ 48 dB.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel la valeur Sfmoy est calculée pour une bande de fréquences fb ne représentant qu'une partie des fréquences audibles.

Claims

1. A method of diffusing sound in a space (100) in order to transmit in this space information in the form of acoustic waves representative of a signal X(t), by means of at least one acoustic enclosure (2) having at least one input (25) controlling a number n of loudspeakers (22,24), n being a natural integer greater than or equal to 1, this method comprising at least one step of sound diffusion during which an electrical signal, where :

   P(t)=W(t) ⊗X(t) is applied to the input of the acoustic enclosure (2) where:

   ⊗ is the mathematical convolution product operator and

   W(t) represents a filter template previously determined and memorized,
   the said method comprising a training step during which the filter template is determined as follows:

$$W(t)= S(-t) \otimes I(t),$$

   where
   S(-t) is the temporal return of the impulse response S(t) between the enclosure and a target zone (101) of the space (100) where sound is diffused, t representing the time,
   and I (t) is the temporal response of the product $e^{-2i\pi ft0}.Sc(f)$, where f represents the frequency, t0 is a time shift coefficient and $Sc(f)=1/(S1(f))^{\alpha}$, a being a non zero positive number and S1(f) being a real function obtained by clipping the module |S(f)| of the response in frequency S(f) of the impulse response S(t).

2. A method according to claim 1, wherein during the training step the function Sc(f) is determined as follows:

   ,*for* Sfmoy.R2<|S(f)|<Sfmoy.R1,$Sc(f)=1/|S(f)|^{\alpha}$,
   R1 and R2 being two positive numbers, R1 being greater than R2 and Sfmoy being the mean value of |S(f)|,
   . *for* $|S(f)|\leq Sfmoy.R2$, $Sc(f)=1/(Sfmoy.R2)^{\alpha}$
   for $|S(f)\geq Sfmoy.R1$, $Sc(f)=1/(Sfmoy,R1)^{\alpha}$,

3. A method according to any preceding claim, wherein the coefficient of the temporal shift t0 is comprised between 0 and Tmax, Tmax being the recording duration of the response S(t).

4. A method according to any preceding claim, wherein I(t) is obtained using the real part of the inverse Fourier transform of the product $e^{-2i\pi ft0}.Sc(f)$.

5. A method according to any preceding claim, wherein the impulse response S(t) is memorized on a number 2^K of samples, and S(f) is calculated from S(t), using a technique of fast Fourier transform of S(t).

6. A method according to any preceding claim, wherein the impulse response S(t) is memorized on a number 2^K of samples and I (t) is calculated from the product $e^{-2i\pi ft0}.Sc(f)$ using a fast inverse Fourier transform technique.

7. A method according to any preceding claim, wherein a equals 1.

8. A method according to any preceding claim, wherein the coefficients R1 and R2 are chosen so as to obtain an amplitude excursion chosen from among an excursion of around 12 dB, an excursion of around 24 dB, an excursion of around 36 dB and an excursion of around 48 dB.

9. A method according to any preceding claim, in which the quantity Sfmoy is calculated for a band of frequencies fb representing only a portion of the audible frequencies.

Patentansprüche

1. Beschallungsverfahren eines Raums (100) zur Übertragung von Informationen in diesen Raum in Form akustischer Wellen, die für ein Signal (X)t stehen, mittels einer Akustikbox (2), die einen Eingang (25) zur Steuerung einer

Anzahl n von Lautsprechern (22,24) umfasst, wobei n ein natürliches Ganzes zumindest gleich 1 ist und dieses Verfahren zumindest eine Beschallungsetappe einschließt, in deren Verlauf am Eingang der Akustikbox (2) ein elektrisches Signal $P(t)=W(t)\otimes X(t)$ angewandt wird, wobei:

- ⊗ der mathematische Operator als Produkt der Konvolution ist und
- W(t) eine im Vorfeld bestimmte und gespeicherte Filterschablone darstellt,

und das Verfahren eine Lernetappe umfasst, in deren Verlauf die Filterschablone W(t) wie folgt bestimmt wird:

$$W(t) = S(-t) \otimes I(t),$$

wobei:

- S (-t) die zeitliche Umkehr der Impulsantwort S(t) zwischen der Box und einem Zielbereich (101) ist, der dem zu beschallenden Raum (100) angehört, t entspricht hierbei der Zeit,
- und I(t) die zeitliche Antwort des Produkts $e^{-2i\pi ft0}$.Sc (f) ist, wobei F die Frequenz, t0 eine zeitliche Verschiebungskennziffer und $Sc(f)=1/(S1(f))^{\alpha}$ darstellt, α hierbei eine positive Ziffer ungleich 0 ist und S1 (f) eine reale Funktion darstellt, die durch den Ausgleich des Moduls |S(f)| der Frequenzantwort S(f) der Impulsantwort S(t) ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Funktion Sc(f) im Verlauf des Lernverfahrens wie folgt bestimmt wird:

- für $Sfmoy.R2<|S(f)|< Sfmoy.R1$ $Sc(f)=1/S|(f)|^{\alpha}$, wobei R1 und R2 zwei positive Zahlen sind, R1 größer als R2 und Sfmoy dem Durchschnittswert von |S(f)| entspricht,
- für $|S(f)| \leq Sfmoy.R2$, $Sc(f)=1/(Sfmoy.R2)^{\alpha}$.
- für $|S(f)| \geq Sfmoy.R1$, $Sc(f) = 1/(Sfmoy.R1)^{\alpha}$,

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die zeitliche Verschiebungskennziffer t0 zwischen 0 und Tmax liegt und Tmax der Aufzeichnungsdauer der Antwort S(t) gleicht.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem I(t) durch die Verwendung des realen Teil der Fourier-Transformation des Produkts $e^{-2i\pi ft0}$.Sc(f) ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Impulsantwort S (t) auf einer Anzahl 2^K von Abtastwerten gespeichert und S(f) ab S(t) berechnet wird, indem eine schnelle Fourier-Transformationstechnik von S(t) angewandt wird.

6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Impulsantwort S(t) auf einer Anzahl 2^K von Abtastwerten gespeichert und I(t) auf der Grundlage des Produkts $e^{-2insft0}$.Sc(f) ermittelt wird, indem eine schnelle Fourier-Transformationstechnik von S(t) angewandt wird.

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem α gleich 1 ist.

8. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Kennziffern R1 und R2 derart ausgewählt werden, dass ein Schwingungsweitenhub erreicht wird, der unter einem Schwingungsweitenhub von etwa 12dB, einem Schwingungsweitenhub von 24 dB, einem Schwingungsweitenhub von 36 dB und einem Schwingungsweitenhub von 48 dB ausgewählt wird.

9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Wert Sfmoy auf einem Frequenzband fb ermittelt wird, das einzig einen Teil der hörbaren Frequenzen darstellt.

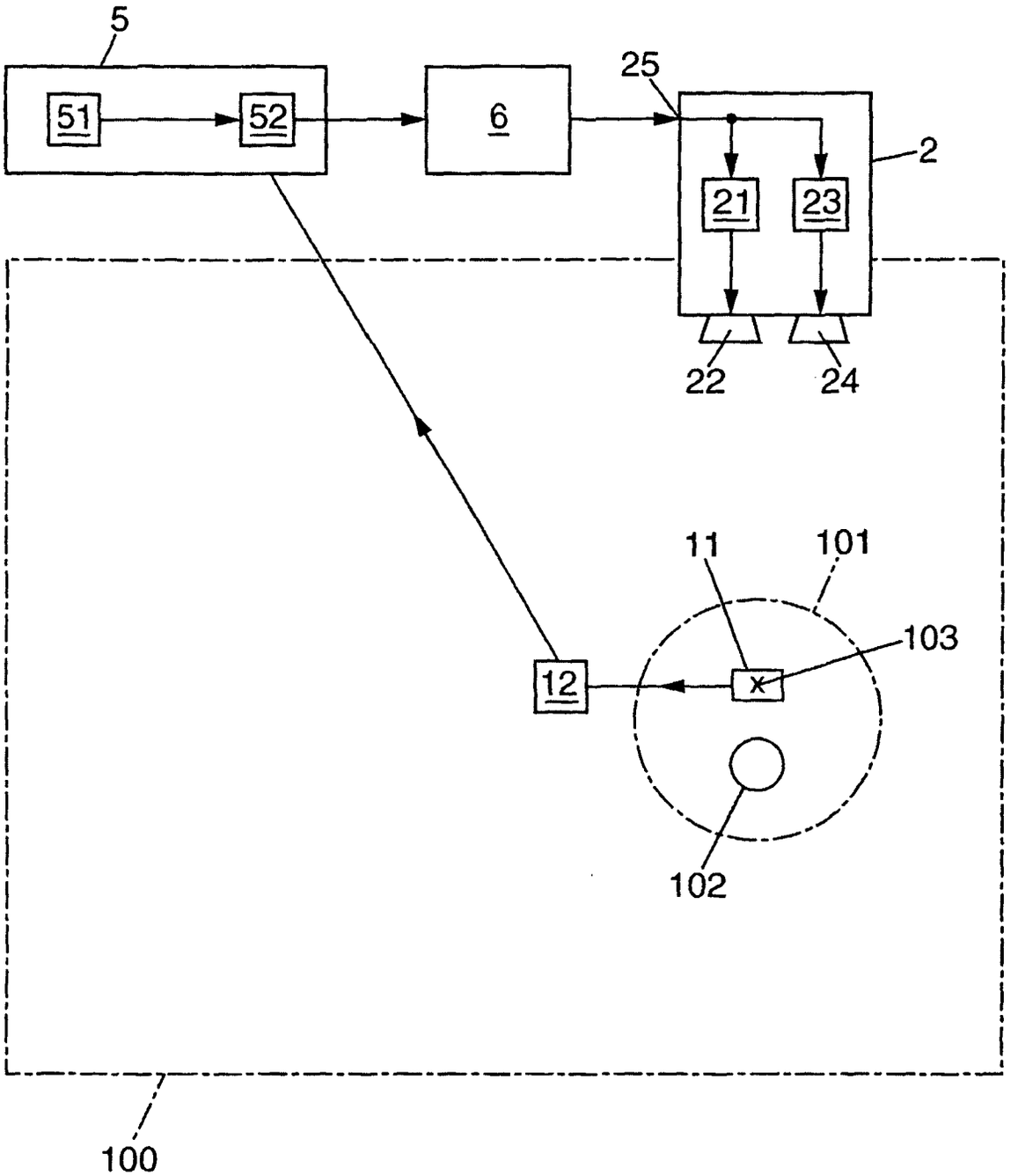


FIG. 2

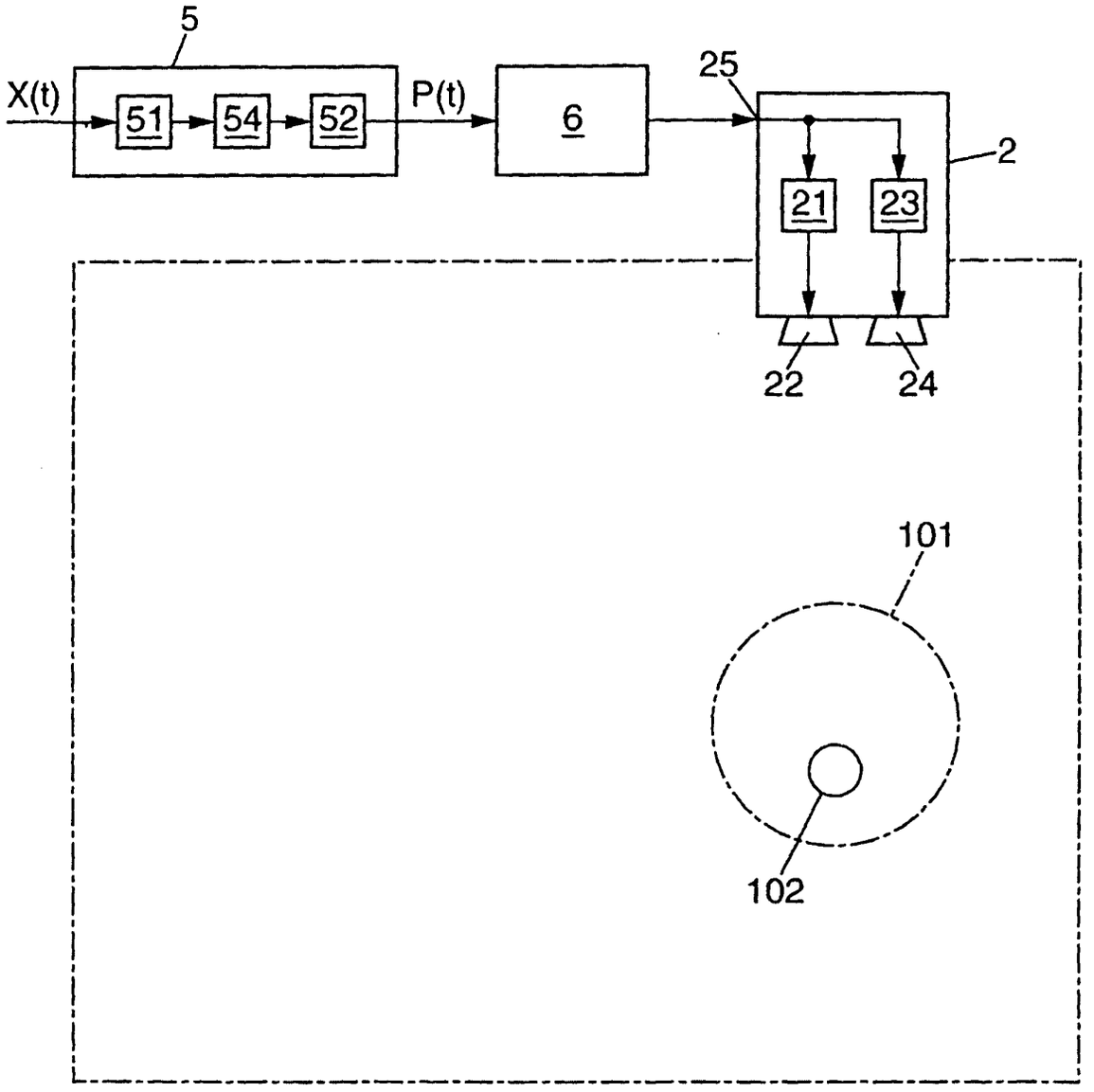


FIG. 1

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- US 4458362 A **[0004]**
- US 5815580 A **[0007]**
- US 4888808 A **[0008]**
- EP 1017166 A **[0009]**
- FR 2747863 A **[0043]**