

(19)



(11)

EP 3 987 822 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
05.07.2023 Bulletin 2023/27

(51) Classification Internationale des Brevets (IPC):
H04R 1/40 (2006.01) **H04R 3/00** (2006.01)
H04S 7/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **20739743.1**

(52) Classification Coopérative des Brevets (CPC):
H04R 1/403; H04R 3/005; H04R 2201/401;
H04S 7/30; H04S 2400/15; H04S 2420/11

(22) Date de dépôt: **20.05.2020**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2020/050852

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2020/260780 (30.12.2020 Gazette 2020/53)

(54) **DISPOSITIF DE CAPTATION SONORE A RÉSEAU DE MICROPHONES PERFECTIONNÉ**
TONAUFNAHMEVORRICHTUNG MIT VERBESSERTEM MIKROFONNETZWERK
SOUND PICKUP DEVICE WITH IMPROVED MICROPHONE NETWORK

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

(30) Priorité: **24.06.2019 FR 1906840**

(43) Date de publication de la demande:
27.04.2022 Bulletin 2022/17

(73) Titulaires:
• **Orange**
92130 Issy-les-Moulineaux (FR)
• **Université du Mans**
72085 Le Mans Cedex 09 (FR)

(72) Inventeurs:
• **LECOMTE, Pierre**
72085 LE MANS Cedex (FR)
• **NICOL, Rozenn**
92326 CHÂTILLON CEDEX (FR)
• **SIMON, Laurent**
72085 LE MANS Cedex (FR)
• **MELON, Manuel**
72085 LE MANS Cedex (FR)

• **PERON, Katell**
92326 CHATILLON CEDEX (FR)
• **PLAPOUS, Cyril**
92326 CHATILLON CEDEX (FR)
• **HASSAN, Kais**
72085 LE MANS Cedex (FR)

(74) Mandataire: **Plasseraud IP**
66, rue de la Chaussée d'Antin
75440 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
FR-A1- 3 060 830 US-B1- 7 782 710

• **Hannes Pomberger ET AL: "AN AMBISONICS
FORMAT FOR FLEXIBLE PLAYBACK LAYOUTS",
AMBISONICS SYMPOSIUM, 27 juin 2009
(2009-06-27), pages 1-8, XP055145952, Graz,
Austria Extrait de l'Internet:
URL: [http://institut17.kug.ac.at/fileadmin/
media/iem/projects/2009/ambi09.pdf](http://institut17.kug.ac.at/fileadmin/media/iem/projects/2009/ambi09.pdf) [extrait le
2014-10-13]**

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 3 987 822 B1

Description

[0001] L'invention concerne un équipement de captation acoustique destiné à être intégré dans un bâtiment, à usage domestique (contexte domotique - maison connectée) ou professionnel (contexte en entreprise).

[0002] Par exemple, cet équipement vise à capter les sons présents dans une pièce afin d'alimenter un système d'intelligence ambiante composé d'un ensemble de capteurs et d'actionneurs permettant de contrôler les paramètres (par exemple température, lumière, ou autres) et les appareils correspondants du bâtiment (objets connectés notamment tels qu'une installation de chauffage connectée, des lampes connectées, etc.).

[0003] La captation de sons ambiants dans ce contexte soulève plusieurs problèmes.

[0004] Les sons à capter peuvent être situés n'importe où dans une pièce. Il n'est pas possible de connaître leur position a priori et de positionner en conséquence l'équipement de captation sonore. Il faut donc disposer d'un équipement de captation capable de couvrir l'ensemble de l'espace de façon homogène.

[0005] Pour autant, pour des raisons de coût et d'encombrement, il n'est pas envisageable de tapisser les surfaces de la pièce de microphones. Il faut donc aussi chercher à minimiser le nombre total de capteurs.

[0006] L'aspect visuel de la pièce peut aussi être un paramètre de contrainte. Il convient de ne pas dégrader l'esthétique de la pièce par une multitude d'équipements de captation. Il faut donc privilégier des équipements de captation discrets et compacts.

[0007] Aujourd'hui les solutions de captation acoustique ne répondent pas à l'ensemble de ces contraintes. Il s'agit d'une problématique de l'intelligence ambiante audio.

[0008] Concernant les objets connectés en général typiquement équipés de dispositifs de suivi (ou « monitoring ») audiovisuel embarquant une caméra et des microphones, le nombre de capteurs est insuffisant pour offrir une large couverture de captation acoustique. Ils sont limités aux sources sonores proches. Du moins pour les sources éloignées, le rapport signal à bruit (en raison du bruit ambiant et de la réverbération) est défavorable et ne permet pas une analyse fiable des signaux captés.

[0009] On connaît également des assistants vocaux présentant aujourd'hui de bonnes performances de reconnaissance vocale afin d'améliorer la qualité d'interaction avec l'utilisateur. Ils sont dotés d'un réseau de microphones (souvent circulaire) afin de pouvoir focaliser la captation sur la source d'intérêt (c'est-à-dire l'utilisateur) en appliquant un traitement d'antenne (typiquement des méthodes de formation de voies ou « beamforming »). Ceci permet d'améliorer la qualité des signaux captés, et de s'affranchir des interactions avec les bruits environnants et de l'effet de salle.

[0010] Ce type de solutions n'est pas satisfaisant car il est optimisé pour une catégorie spécifique de sources:

signaux vocaux, sources limitées à une portion de l'espace. Il n'est pas adapté à la captation de signaux large bande (ou hors de la bande passante de la voix). De plus, les assistants vocaux sont en général placés à hauteur d'homme (sur une table, typiquement) et leur captation est dégradée par la présence de sources de bruit à leur voisinage (télévision, radio, etc.) et par les meubles qui font obstacle à la propagation des sons.

[0011] De manière plus générale, les réseaux de microphones qui peuvent être conçus pour le contexte de l'intelligence ambiante audio sont classiquement de type linéaire ou sphérique. La géométrie linéaire n'est pas optimale du fait qu'elle nécessite un nombre important de capteurs pour une captation efficace. De plus, ce type de géométrie (linéaire ou sphérique) impose de placer l'antenne au milieu de la pièce pour tirer profit de sa couverture omnidirectionnelle, ce qui est incompatible avec la contrainte de discrétion de l'équipement. D'un autre côté, en plaçant l'antenne acoustique près d'un mur, la géométrie est sous-optimale au sens où les microphones pointés vers le mur sont inutiles, et peuvent même être une source de perturbation (captation de réflexions indésirables par exemple).

[0012] L'invention vient améliorer la situation.

[0013] Il est proposé un dispositif de captation sonore, comportant au moins :

- une pluralité de capsules de microphone (par exemple des capsules électrostatiques ou piézoélectriques, des électrets ou des MEMS), réparties sur une portion P de sphère S circonscrite entre deux ou trois plans perpendiculaires entre eux, les trois plans se coupant entre eux en un point correspondant au centre de la sphère S, et les deux plans se coupant en une droite passant par le centre de la sphère S, et la portion P de sphère étant telle que $P = n S/8$, avec $n=1,2$,
- une unité de traitement reliée aux capsules pour recevoir les signaux captés par les capsules, ladite unité de traitement étant agencée pour :

* matricer les signaux selon une représentation ambisonique dans laquelle seules sont retenues les composantes ambisoniques associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à au moins deux des plans précités, et
 * traiter une matrice ainsi obtenue pour identifier au moins une source sonore dans un espace environnant la portion de sphère, et interpréter un signal sonore issu de cette source.

[0014] Ainsi, un tel dispositif peut s'insérer par exemple dans un coin supérieur d'une pièce ou entre un mur et un plafond, de façon discrète. En outre, un avantage que présente une telle réalisation est que le nombre de capsules à prévoir peut être réduit, par rapport à ce que requiert habituellement une réalisation basée sur une sphère pleine. En particulier, on utilise ici les réflexions

du plafond et du ou des murs pour limiter le nombre d'harmoniques sphériques à prendre en compte et retenir ainsi un nombre limité de composantes ambisoniques. En effet, les parois supposées rigides induisent un grand nombre de composantes nulles. Seules les harmoniques respectant la symétrie peuvent être exploitées.

[0015] Dans une réalisation où $n=1$ et les capsules sont alors réparties sur un huitième de sphère, les composantes ambisoniques retenues sont associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à chacun des trois plans perpendiculaires et se coupant entre eux au centre de la sphère S.

[0016] Il est possible ainsi de ne sélectionner que les harmoniques présentant de telles symétries.

[0017] Dans une telle réalisation, le dispositif peut comporter en outre un support de fixation adapté pour une fixation du dispositif en un coin supérieur de pièce défini par deux murs perpendiculaires et un plafond surplombant les murs, les murs et le plafond coïncidant avec les trois plans perpendiculaires précités et agissant comme des parois réfléchissantes d'ondes sonores.

[0018] Comme on le verra plus loin en référence à la figure 3, ces réflexions permettent de considérer des sources virtuelles, miroirs de sources réelles, qui peuvent contribuer à augmenter la finesse de détection d'une source par exemple. On a ainsi à la fois des sources virtuelles et des microphones virtuels qui viennent compléter les microphones réels et constituer alors une sphère complète.

[0019] Avec un huitième de sphère à considérer, les composantes ambisoniques retenues sont associées à des harmoniques sphériques ayant un degré l et un ordre m (couples $\{l, m\}$ de la figure 3 décrite plus loin), tels que : l et m sont pairs ET m supérieur ou égal à 0.

[0020] Dans une telle réalisation, le nombre de composantes ambisoniques retenues est égal à $(A+1)(A+2)/2$ où A est la partie entière de la moitié d'un degré maximum L des harmoniques sphériques auxquels sont associées les composantes ambisoniques retenues.

[0021] Comme on le verra dans les exemples de réalisation présentés plus loin, le degré maximum précité L est supérieur à 4 et de préférence supérieur à 6.

[0022] Dans la réalisation où $n=2$ et donc les capsules sont réparties sur un quart de sphère, les composantes ambisoniques retenues sont associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à deux plans perpendiculaires et se coupant entre eux en une droite passant par le centre de la sphère S.

[0023] Dans une telle réalisation, le dispositif peut comporter en outre un support de fixation adapté pour une fixation du dispositif en un coin de pièce défini par un mur et un plafond, perpendiculaires entre eux, le mur et le plafond coïncidant avec lesdits deux plans perpendiculaires et agissant comme des parois réfléchissantes d'ondes sonores.

[0024] Dans l'une ou l'autre des réalisations précitées ($n=1$ ou 2), les capsules peuvent être positionnées sur

un maillage sphérique de Gauss-Legendre, et dans ce cas, le dispositif comporte préférentiellement un nombre N de capsules donné par :

$N = 2n/8 (L+1)^2$ (ou $N=n/4 (L+1)^2$), où L est un degré maximum des harmoniques sphériques associées aux composantes ambisoniques retenues.

[0025] Dans une telle réalisation, l'unité de traitement peut être configurée pour décomposer des signaux issus des capsules de microphone, sur les harmoniques sphériques associés aux composantes ambisoniques retenues, à l'aide d'un matriçage du type :

$b = C \text{ EYGs}$, où :

- b est une matrice vecteur contenant les composantes ambisoniques retenues,
- C est une constante réelle (par exemple $C=8$ dans le cas d'un huitième de sphère présenté plus loin),
- E est une matrice diagonale contenant des filtres d'égalisation radiale de chaque capsule,
- Y est une matrice contenant les harmoniques sphériques auxquels sont associées les composantes ambisoniques retenues, et
- G est une matrice diagonale contenant des poids d'intégration d'un maillage de Gauss-Legendre pour chacune des capsules,

s étant un vecteur contenant des signaux issus des capsules.

[0026] Dans une telle réalisation, l'unité de traitement peut être configurée en outre pour pondérer ensuite le vecteur b par un vecteur de braquage donné en azimut et en élévation par rapport à un repère défini par le centre de la sphère S et les trois intersections entre les trois plans. Par exemple, on peut prévoir un balayage de cet angle du vecteur de braquage pour sonder les différentes sources d'une pièce.

[0027] Dans une réalisation, le dispositif peut comporter une pluralité de portions de sphères $P = n S/8$, avec $n=1,2$ (compactes ou séparées en formant une installation par exemple à plusieurs coques de portions de sphère), comportant chacune une pluralité de capsules de microphone, réparties sur chaque portion P de sphère S, et l'unité de traitement est agencée en outre pour traiter les signaux issus des capsules de chaque portion de sphère séparément par matriçage, et affiner par recoupement sur les matrices ainsi obtenues l'identification d'au moins une source sonore dans un espace environnant les portions de sphère.

[0028] En effet, une telle réalisation basée sur plusieurs portions de sphère permet d'augmenter le rapport signal à bruit en recoupant les différents signaux traités issus des capsules de ces portions de sphère. Il est alors possible typiquement d'affiner une détection de source par exemple, ou encore de lever des ambiguïtés, ou pouvoir tirer parti d'un meilleur point de vue (plus exactement « point d'écoute ») sur la source cible.

[0029] L'invention vise aussi un procédé mis en oeuvre par une unité de traitement d'un dispositif du type ci-

avant, dans lequel :

- les signaux captés par les capsules sont matricés selon une représentation ambisonique dans laquelle seules sont retenues les composantes ambisoniques associées à des harmoniques sphériques, symétriques par rapport à au moins deux des plans précités, et

* la matrice ainsi obtenue (typiquement un vecteur des composantes ambisoniques par exemple) est traitée pour identifier au moins une source sonore dans un espace environnant la portion de sphère, et interpréter un signal sonore issu de cette source. On peut ainsi focaliser par exemple l'écoute dans une direction donnée.

[0030] Une telle réalisation peut être illustrée à titre d'exemple par l'ordinogramme de la figure 6, sur laquelle, suite à l'obtention des signaux issus des capsules à l'étape S1, il est procédé à un matricage de ces signaux pour obtenir le vecteur b précité des composantes ambisoniques à l'étape S2. Ce vecteur b peut être pondéré à l'étape S3 par un vecteur de braquage comme présenté plus haut. Optionnellement, il est possible de prévoir à l'étape S3 un traitement de signaux issus de plusieurs portions de sphère P pour produire les vecteurs pondérés $b(A)$, $b(B)$, etc. propres à chaque portion A , B , etc. Une telle réalisation permet d'affiner la détection de source(s) à l'étape S4 pour une meilleure interprétation du signal sonore SIG issu de cette (ou ces) source(s). Ainsi, il est possible par exemple dans une réalisation où le dispositif est employé en tant qu'assistant vocal de reconnaître distinctement une commande COM à l'étape S5.

[0031] La présente invention vise aussi un programme informatique comportant des instructions pour la mise en oeuvre du procédé ci-avant lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

[0032] Il peut s'agir typiquement du processeur PROC d'une unité de traitement UT telle qu'illustrée à titre d'exemple sur la figure 7 comportant en outre :

- une interface d'entrée IN pour recevoir les signaux issus des capsules,
- une mémoire MEM stockant au moins les données d'instructions d'un tel programme informatique au sens de l'invention,
- le processeur PROC apte à coopérer avec la mémoire MEM pour lire ces instructions et exécuter ainsi le procédé illustré à titre d'exemple sur la figure 6,
- et une interface de sortie OUT apte à délivrer par exemple le signal de commande COM interprété (ou alternativement le signal sonore issu de la source détectée, ou alternativement encore des signaux ambisoniques traités permettant d'identifier une source sonore générant le signal SIG).

Alternativement, la sortie OUT peut délivrer l'interprétation de(s) l'événement(s) sonore(s) (alarme, aboiement de chien, chute de personne, etc., ou toute autre situation

caractérisée par les sons identifiés), et toute information associée à cet événement (localisation temporelle et/ou spatiale).

[0033] La présente invention vise aussi un support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en oeuvre du procédé ci-avant lorsque ce programme est exécuté par un processeur.

[0034] Comme indiqué précédemment, il peut s'agir de la mémoire MEM précitée.

Brève description des dessins

[0035] D'autres caractéristiques, détails et avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée ci-après, et à l'analyse des dessins annexés, sur lesquels :

Fig. 1

[Fig. 1] montre des exemples de réalisation de portions de sphère.

Fig. 2

[Fig. 2] montre les directivités des harmoniques sphériques jusqu'au degré maximum $L=5$, les deux nuances de couleur représentent les valeurs positives et négatives respectivement.

Fig. 3

[Fig. 3] illustre le principe d'une source et d'un microphone image dans le cas d'une réflexion acoustique (sur une paroi telle qu'un mur, un plafond).

Fig. 4

[Fig. 4] illustre un réseau de microphones réels sur une fraction de $1/8$ sphère et des microphones images (grisés) générés grâce aux réflexions sur parois rigides.

Fig. 5

[Fig. 5] montre un exemple de formation de voies utilisant les harmoniques sphériques.

Fig. 6

[Fig. 6] montre un exemple d'ordinogramme définissant une succession d'étapes d'un procédé selon un mode de réalisation.

Fig. 7

[Fig. 7] montre un exemple de structure d'une unité de traitement UT d'un dispositif selon un mode de réalisation.

Description des modes de réalisation

[0036] Il est maintenant fait référence à la figure 1 sur laquelle un dispositif au sens de l'invention DIS se présente sous la forme d'un quart de sphère (partie supérieure de la figure 1) ou sous la forme d'un huitième de sphère (partie inférieure de la figure 1). La surface de ces portions de sphère est maillée (d'une façon choisie qui peut correspondre au maillage sphérique de Gauss-Legendre comme décrit plus loin) et des capsules de microphone MIC sont disposées sur ce maillage en un nombre qui peut être déterminé aussi par le maillage

précité de Gauss-Legendre. Ces capsules MIC sont reliées à une unité de traitement UT (visible sur la partie supérieure de la figure 1) pour recevoir les signaux sonores captés et les traiter par matriçage en représentation ambisonique comme décrit en détails plus loin.

[0037] Par ailleurs, comme visible aussi sur la figure 1, le dispositif DIS peut comporter en outre un support de fixation SUP pour être fixé par exemple :

- dans un coin supérieur d'une pièce (entre deux murs perpendiculaires et un plafond) pour un huitième de sphère tel qu'illustré au bas de la figure 1, ou encore
- sur une arête entre un mur et le plafond pour un quart de sphère tel qu'illustré en haut de la figure 1.

[0038] L'invention propose ainsi un dispositif de captation constitué d'un ou de plusieurs réseaux élémentaires de capsules MIC qui peuvent être distribués par exemple dans une pièce de bâtiment. La géométrie d'un réseau élémentaire est une fraction de sphère ($1/8$ ou $1/4$) qui vient naturellement s'insérer dans les coins supérieurs d'une pièce de façon à en épouser l'architecture, ou encore sur une arête d'intersection entre un plafond et un mur, afin de tirer avantage des réflexions sur de telles parois. L'ensemble des systèmes de captation obtenu est ainsi très discret, permet de réduire considérablement le nombre de microphones tout en maintenant une directivité élevée, et offre une couverture large des sons ambiants de la pièce. En effet les microphones étant situés en hauteur, ils bénéficient d'un point de captation privilégié sur l'ensemble de la pièce sans être gênés par les meubles ou les utilisateurs à proximité.

[0039] Même si le positionnement en hauteur améliore la couverture de la pièce, il faut prévoir qu'un seul réseau ne peut couvrir toute la pièce. Notamment si cette dernière présente une géométrie complexe (présence de recoins, zones d'ombre acoustique sans onde directe), il est préférable de disposer plusieurs réseaux. Un mode de réalisation porte alors sur un traitement exploitant de façon conjointe les informations issues des différents réseaux de capteurs pour acquérir une représentation fiable et complète de la scène sonore captée. Obtenir plusieurs résultats de présence de source(s) sonore(s) possible(s) permet de recouper ces informations et améliorer ainsi in fine un rapport signal à bruit de la détection de source(s).

[0040] De plus, le choix d'une géométrie sphérique est avantageux au sens où il permet d'obtenir (en associant les microphones à un traitement approprié de signaux d'antenne) une directivité élevée avec un faible nombre de capteurs. En effet, dans le cas d'une géométrie sphérique, le traitement des signaux d'antenne utilise des fonctions harmoniques sphériques en contexte dit « ambisonique ». Dans le cas où on se limite à une fraction de sphère, les fonctions harmoniques conventionnelles ne peuvent pas être appliquées directement et il convient de les adapter à la géométrie choisie pour le réseau de microphones, selon un mode de réalisation.

[0041] En outre, le choix des positions des microphones sur la fraction de sphère est à optimiser. Le maillage optimal doit satisfaire le meilleur compromis entre le nombre de capteurs (à minimiser) et la qualité de l'information captée (qui impose un nombre minimal de capteurs). Il s'agit d'un problème d'échantillonnage spatial à adapter à une fraction de sphère.

[0042] La famille des harmoniques sphériques forme une base. Chaque harmonique sphérique est décrite par son degré l et son ordre m . Au degré l , il y a $(2l+1)$ harmoniques sphériques. Jusqu'au degré maximum L , il y a $(L+1)^2$ harmoniques. En contexte ambisonique, un réseau sphérique de microphones sert habituellement à décomposer un champ de pression acoustique sur la base des harmoniques sphériques dont une représentation est alors illustrée sur la figure 2. Chaque ligne de la figure 2 est relative à un degré l et la représentation jusqu'au degré L qui inclut toutes les composantes jusqu'à ce degré. Ainsi, pour le degré $l=0$ on a une composante seulement. Pour le degré $l=1$, on a 1 (première ligne) + 3 (deuxième ligne) = 4 composantes ambisoniques. Pour le degré $l=2$, on a 9 composantes, etc.

[0043] En règle générale, si le réseau est conçu pour effectuer une décomposition jusqu'au degré maximum L des composantes ambisoniques, il doit être capable d'estimer $Q = (L+1)^2$ composantes. Pour une décomposition précise, le nombre de microphones, N , doit être supérieur ou égal au nombre Q de composantes à estimer.

[0044] La figure 2 présente les directivités des harmoniques sphériques jusqu'au degré maximum $L = 5$. Elles sont arrangées en pyramide par ordre croissant de degré l et d'ordre $m : \{l ; m\}$.

[0045] Pour la mise en oeuvre du mode de réalisation décrit ici, seules sont retenues les composantes des harmoniques présentant une symétrie par rapport à un plan de réflexion de l'onde sonore (un mur ou le plafond). On note ces différents plans Oxy (le plafond), Oxz (un mur) et Oyz (un autre mur dans le cas où $1/8$ ème de sphère est utilisé, plutôt qu'un quart de sphère).

[0046] La raison de cette sélection de composantes s'explique comme suit, en référence à la figure 3. La situation à gauche de la figure 3 où une source (par exemple un haut-parleur HP) et un capteur (un microphone MIC) sont placés à proximité d'une paroi acoustiquement rigide (référéncée MUR sur la figure 3). La pression acoustique au capteur est la somme de :

- la pression rayonnée par la source sans la paroi, et
- la pression issue de la réflexion sur la paroi rigide.

[0047] Il est également possible de résoudre mathématiquement les équations liées à cette configuration en supprimant la paroi et en ajoutant une source et un microphone image, symétriques par rapport à la paroi, comme montré sur la partie droite de la figure 3. Il s'agit alors d'« images acoustiques », la paroi agissant comme un « miroir » de l'onde sonore.

[0048] La pression reçue par le capteur image est supposée la même que celle reçue par le capteur réel sans la paroi.

[0049] La symétrie par rapport au plan Oyz (un mur typiquement) impose que les harmoniques sphériques de degré l et d'ordre m tels que:

m supérieur ou égal à 0 ET m est pair, OU
 $m < 0$ ET m est impair
 (et présentant donc une symétrie par rapport au plan Oyz) soient déjà une première sélection des harmoniques dont les composantes sont retenues.

[0050] En outre, la symétrie par rapport au plan Oxy (le plafond typiquement) impose que les harmoniques sphériques de degré l et d'ordre m tels que :

la somme $l + m$ est paire
 (et présentant donc une symétrie par rapport au plan Oxy) soient ensuite une deuxième sélection des harmoniques dont les composantes sont à retenir.

[0051] Ainsi, pour un quart de sphère (s'insérant dans une intersection entre deux plans), les conditions peuvent être :

m supérieur ou égal à 0 ET m est pair OU $m < 0$ ET m est impair
 ET $(l + m)$ est pair.

[0052] Bien entendu, il s'agit d'un exemple de réalisation où le dispositif est fixé entre un mur et le plafond, comme par exemple les plans Oxy et Oyz. Il peut être fixé aussi entre deux murs Oyz et Oxz et il convient d'ajouter la condition de symétrie m supérieur ou égal à 0, qui est propre à Oxz, à la condition précédente portant sur Oyz (m supérieur ou égal à 0 ET m est pair, OU $m < 0$ ET m est impair), ce qui revient finalement à m supérieur ou égal à 0 ET m est pair.

[0053] En tout état de cause, on retrouve le même nombre d'harmoniques sphériques à retenir, quels que soient les deux plans de symétrie choisis.

[0054] Pour un huitième de sphère, il est possible de tenir compte en outre de la symétrie par rapport au plan Oxz (un autre mur typiquement), ce qui impose que les harmoniques sphériques de degré l et d'ordre m tels que:

m supérieur ou égal à 0
 (et présentant donc une symétrie par rapport au plan Oxz) soient, avec les conditions ci-dessus, les harmoniques dont les composantes sont retenues.

[0055] Ces conditions pour un huitième de sphère se résument, in fine, comme suit:

l est pair ET m supérieur ou égal à 0 ET m est pair.

[0056] Pour un degré maximum fixé et noté L , le nombre total d'harmoniques respectant les symétries par rap-

port aux plans Oxy, Oxz, Oyz conjointement est donné par:

[Math. 1]

$$\tilde{Q} = \frac{(\lfloor \frac{L}{2} \rfloor + 1)(\lfloor \frac{L}{2} \rfloor + 2)}{2}$$

[0057] $\lfloor L/2 \rfloor$ désignant la partie entière de $L/2$.

[0058] Ainsi, en suivant un raisonnement d'images acoustiques (comme vu précédemment en référence à la figure 3), il est possible d'utiliser une fraction de sphère $1/8$ ou $1/4$ (ou encore possiblement $1/2$ mais sans réel intérêt pour une application dans un bâtiment comme présenté plus haut), et de placer des parois acoustiquement rigides dans les plans appropriés pour générer des microphones images. On peut alors utiliser le réseau sphérique de microphones résultant pour décomposer sur la base des harmoniques sphériques encore représentés dans cette configuration, c'est-à-dire ceux respectant les conditions énoncées précédemment sur l et m . Par ailleurs, les microphones images reçoivent la même pression que les microphones réels correspondants. En conséquence, lors de la projection, les composantes sur les harmoniques sphériques qui ne respectent pas les symétries ci-dessus (conditions sur l et m) sont considérées nulles. Par exemple, sur la figure 2, jusqu'au degré maximum $L=5$, on a seulement six harmoniques sphériques qui respectent ces conditions et qui sont symétriques par rapport aux plans Oxy, Oxz, Oyz conjointement et il suffirait alors au minimum de $N = 6$ microphones sur $1/8$ de sphère (en baffle) pour pouvoir estimer les composantes du champ acoustique sur ces harmoniques.

[0059] Dans le contexte de portions de sphère avec réflexions, il est choisi en particulier d'effectuer un maillage comme illustré sur la figure 4, dit « maillage sphérique de Gauss-Legendre », lequel donne le nombre et la position des microphones sur une sphère pour estimer la décomposition jusqu'à un degré maximum choisi L . En choisissant L impair, le maillage résultant respecte les symétries par rapport aux plans Oxy, Oxz, Oyz conjointement. Par exemple, la figure 4 montre un maillage à $N = 72$ microphones, capable de faire une décomposition précise jusqu'au degré maximum $L = 5$ (avec $N=2(L+1)^2$ pour respecter le maillage précité de Gauss-Legendre qui impose le double du nombre de capsules, minimal, requis $(L+1)^2$).

[0060] Ici, en utilisant seulement les neuf microphones (neuf points illustrés par une nuance différente sur la figure 4) et à l'aide des parois en grisées sur la figure, il est possible de générer soixante-trois microphones images. Du fait des symétries, seules six composantes sont ici non nulles.

[0061] Comme illustré sur la figure 5, les signaux des

microphones $S_1, S_2, \dots, S_N$, sont décomposés (par exemple dans le domaine des fréquences) sur les harmoniques sphériques, à l'aide d'une équation du type : $b = 8 \text{ EYGs}$, où :

- b est un vecteur contenant les composantes ambisoniques associées aux harmoniques sphériques respectant les symétries précitées,
- E est une matrice diagonale (carrée) contenant des filtres d'égalisation radiale de chaque microphone,
- Y est une matrice (non carrée car traitant plus de signaux issus des capsules que de composantes ambisoniques en sortie) contenant les harmoniques sphériques respectant les symétries précitées évaluées aux différentes directions des microphones, et
- G est une matrice diagonale (carrée) contenant des poids d'intégration de la quadrature de Gauss-Legendre pour chacun des microphones du huitième de sphère,

s étant un vecteur contenant les signaux issus des microphones.

[0062] Une telle réalisation revient à appliquer une transformée de Fourier sphérique (référéncée SFT sur la figure 5).

[0063] Pour la formation de voie (ou « beamforming ») dans le domaine des harmoniques sphériques afin d'identifier une ou plusieurs sources sonores dans un espace environnant la portion de sphère, et ainsi interpréter un signal sonore issu de cette source, les composantes harmoniques sphériques sont tout d'abord estimées à l'aide de l'équation matricielle ci-dessus. Le vecteur obtenu b est ensuite pondéré par un vecteur de braquage (ou « steering vector ») qui permet de décrire l'écoute dans une direction de braquage. Finalement, les composantes pondérées sont sommées pour obtenir le signal de sortie.

[0064] On peut prévoir des pondérations w_{lm} pour une fonction de directivité régulière données par l'équation suivante:

[Math. 2]

$$w_{lm} = Y_{lm}(\text{téta}0, \text{phi}0)$$

[0065] Un exemple d'angle de braquage peut être tel que $\text{téta}0$ et $\text{phi}0$ sont 45° et 135° respectivement (pointant dans cet exemple vers l'intérieur de la pièce). Ces coordonnées respectives d'azimut et d'élévation sont données relativement à la base formée par les intersections des trois plans Oxy, Oxz, Oyz .

[0066] Pour l'exemple du huitième de sphère, la fonction de directivité obtenue est la superposition de huit fonctions de directivités d'une sphère complète pointant dans les directions symétriques par rapports aux plans Oxy, Oxz, Oyz conjointement. Cette superposition peut toutefois se présenter comme un désavantage pour des

degrés L faibles ($L < 6$) et $L = 7$ peut se présenter comme un bon compromis entre nombre de capsules d'une part et qualité de la décomposition sur harmoniques sphériques.

[0067] Dans ce cas, on prévoit habituellement au minimum $N = (L+1)^2$ capsules pour une qualité de captation correcte, soit $N=64$. Néanmoins, sur un huitième de sphère seulement, il convient de diviser par 8 ce nombre, soit le nombre utile $N=8$.

[0068] Néanmoins, pour respecter le maillage sphérique de Gauss-Legendre précité, il convient de multiplier ce nombre N par 2, de sorte que dans l'exemple de réalisation précité à $L=7$, on peut prévoir préférentiellement $N=16$ capsules ou plus.

[0069] Dans ce cas, comme indiqué plus haut, le nombre de composantes ambisoniques retenues est $Q = (3+1)(3+2)/2 = 10$.

[0070] Ainsi l'invention réunit les avantages suivants:

- une prise de son homogène sur l'ensemble d'une pièce,
- la capacité d'extraire une source sonore dans une direction donnée grâce au traitement de signaux d'antenne (débruitage et déréverbération pour améliorer le rapport signal-utile-à-bruit),
- un dispositif résultant de cette conception qui se présente compact et discret, intégré et s'adaptant à la configuration d'une pièce classique.

[0071] L'invention trouve de nombreuses applications, notamment dans :

- la domotique utilisant des objets connectés notamment pour un système d'intelligence ambiante audio permettant à partir de l'analyse et reconnaissance des sons ambiants d'inférer des actions et de proposer des services aux habitants d'une maison ou de personnes d'une entreprise (potentiellement applicable à n'importe quel lieu de vie) ;
- les assistants vocaux avec un dispositif de captation de sons ambiants possiblement utilisé pour capter la voix des utilisateurs et ainsi alimenter un assistant vocal ;
- les systèmes de surveillance audio pour la détection d'intrusions (bris de glace), des alarmes, les bruits de chute de personnes, ou autres.

Revendications

1. Dispositif de captation sonore, comportant au moins :

- une pluralité de capsules de microphone, réparties sur une portion P de sphère S circonscrite entre deux ou trois plans perpendiculaires entre eux, les trois plans se coupant entre eux en un point correspondant au centre de la sphère.

re S, et les deux plans se coupant en une droite passant par le centre de la sphère S, et la portion P de sphère étant telle que $P = n S/8$, avec $n=1,2$,
- une unité de traitement reliée aux capsules pour recevoir les signaux captés par les capsules, ladite unité de traitement étant agencée pour :

* matricer les signaux selon une représentation ambisonique dans laquelle seules sont retenues les composantes ambisoniques associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à au moins deux des plans précités, et

* traiter une matrice ainsi obtenue pour identifier au moins une source sonore dans un espace environnant la portion de sphère, et interpréter un signal sonore issu de cette source.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel, pour $n=1$, les capsules étant réparties sur un huitième de sphère, les composantes ambisoniques retenues sont associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à chacun des trois plans perpendiculaires et se coupant entre eux au centre de la sphère S.

3. Dispositif selon la revendication 2, comportant en outre un support de fixation adapté pour une fixation du dispositif en un coin supérieur de pièce défini par deux murs perpendiculaires et un plafond surplombant les murs, les murs et le plafond coïncidant avec lesdits trois plans perpendiculaires et agissant comme des parois réfléchissantes d'ondes sonores.

4. Dispositif selon l'une des revendications 2 et 3, dans lequel les composantes ambisoniques retenues sont associées à des harmoniques sphériques ayant un degré l et un ordre m tels que :
l et m sont pairs ET m supérieur ou égal à 0.

5. Dispositif selon la revendication 4, dans lequel le nombre de composantes ambisoniques retenues est supérieur ou égal à $(A+1)(A+2)/2$ où A est la partie entière de la moitié d'un degré maximum L des harmoniques sphériques auxquels sont associées les composantes ambisoniques retenues.

6. Dispositif selon la revendication 5, dans lequel le degré maximum L est supérieur à 4, et de préférence supérieur à 6.

7. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel, pour $n=2$, les capsules étant réparties sur un quart de sphère, les composantes ambisoniques retenues sont associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à deux plans perpendiculaires

et se coupant entre eux en une droite passant par le centre de la sphère S.

8. Dispositif selon la revendication 7, comportant en outre un support de fixation adapté pour une fixation du dispositif en un coin de pièce défini par un mur et un plafond, perpendiculaires entre eux, le mur et le plafond coïncidant avec lesdits deux plans perpendiculaires et agissant comme des parois réfléchissantes d'ondes sonores.

9. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les capsules sont positionnées sur un maillage sphérique de Gauss-Legendre, et le dispositif comporte un nombre N de capsules donné par $N = 2n/8 (L+1)^2$, où L est un degré maximum des harmoniques sphériques associées aux composantes ambisoniques retenues.

10. Dispositif selon la revendication 9, dans lequel l'unité de traitement est configurée pour décomposer des signaux issus des capsules de microphone, sur les harmoniques sphériques associés aux composantes ambisoniques retenues, à l'aide d'un matriçage du type :
 $b = C EYGs$, où :

- b est une matrice vecteur contenant les composantes ambisoniques retenues,
- C est une constante réelle,
- E est une matrice diagonale contenant des filtres d'égalisation radiale de chaque capsule,
- Y est une matrice contenant les harmoniques sphériques auxquels sont associées les composantes ambisoniques retenues, et
- G est une matrice diagonale contenant des poids d'intégration d'un maillage de Gauss-Legendre pour chacune des capsules,

s étant un vecteur contenant des signaux issus des capsules.

11. Dispositif selon la revendication 10, pris en combinaison avec la revendication 6, dans lequel l'unité de traitement est configurée en outre pour pondérer ensuite le vecteur b par un vecteur de braquage donné en azimut et en élévation par rapport à un repère défini par le centre de la sphère S et les trois intersections entre les trois plans.

12. Dispositif selon l'une des revendications précédentes, comportant une pluralité de portions de sphères $P = n S/8$, avec $n=1,2$, comportant chacune une pluralité de capsules de microphone, réparties sur chaque portion P de sphère S, et dans lequel l'unité de traitement est agencée en outre pour traiter les signaux issus des capsules de chaque portion de sphère séparément par matriçage, et affiner par re-

couplement sur les matrices ainsi obtenues l'identification d'au moins une source sonore dans un espace environnant les portions de sphère.

13. Procédé mis en oeuvre par une unité de traitement d'un dispositif selon l'une des revendications précédentes, dans lequel :

- les signaux captés par les capsules sont matricés selon une représentation ambisonique dans laquelle seules sont retenues les composantes ambisoniques associées à des harmoniques sphériques symétriques par rapport à au moins deux des plans précités, et

* la matrice ainsi obtenue est traitée pour identifier au moins une source sonore dans un espace environnant la portion de sphère, et interpréter un signal sonore issu de cette source.

14. Programme informatique comportant des instructions pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 13 lorsque ce programme est exécuté par une unité de traitement d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 12.

15. Support d'enregistrement non transitoire lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme pour la mise en oeuvre du procédé selon la revendication 13 lorsque ce programme est exécuté par une unité de traitement d'un dispositif selon l'une des revendications 1 à 12.

Patentansprüche

1. Schallerfassungsvorrichtung, aufweisend wenigstens:

- eine Mehrzahl von Mikrofonkapseln, die über einen Abschnitt P einer Kugel S verteilt sind, der zwischen zwei oder drei Ebenen begrenzt ist, die senkrecht zueinander verlaufen, wobei sich die drei Ebenen an einem Punkt schneiden, der dem Mittelpunkt der Kugel S entspricht, und sich die zwei Ebenen in einer Geraden schneiden, die durch den Mittelpunkt der Kugel S verläuft, und der Kugelabschnitt so geartet ist, dass $P = n S/8$, mit $n = 1, 2$,
- eine Verarbeitungseinheit, die mit den Kapseln verbunden ist, um die Signale zu empfangen, die von den Kapseln erfasst werden, wobei die Verarbeitungseinheit dafür angeordnet ist:

* die Signale gemäß einer Ambisonic-Darstellung zu matrizieren, wobei nur die Ambisonic-Komponenten berücksichtigt werden, die sphärischen Harmonischen zuge-

ordnet sind, die bezogen auf wenigstens zwei der vorgenannten Ebenen symmetrisch sind, und

* eine so erhaltene Matrix zu verarbeiten, um wenigstens eine Schallquelle in einem Raum, der den Kugelabschnitt umgibt, zu bestimmen, und ein von dieser Quelle stammendes Schallsignal zu interpretieren.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei, für $n=1$, die Kapseln über ein Achtel der Kugel verteilt sind, die berücksichtigten Ambisonic-Komponenten sphärischen Harmonischen zugeordnet sind, die bezogen auf jede der drei Ebenen symmetrisch sind, die senkrecht verlaufen und sich im Mittelpunkt der Kugel S schneiden.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, ferner aufweisend einen Befestigungsträger, die für eine Befestigung der Vorrichtung in einer oberen Raumecke, die von zwei senkrechten Mauern und einer Decke oberhalb der Mauern definiert ist, geeignet ist, wobei die Mauern und die Decke mit den drei senkrechten Ebenen zusammenfallen und als Schallwellen reflektierende Wände fungieren.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 2 und 3, wobei die berücksichtigten Ambisonic-Komponenten sphärischen Harmonischen mit einem Grad l und einer Ordnung m zugeordnet sind, so dass: l und m gerade sind UND m größer als oder gleich 0 ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Anzahl von berücksichtigten Ambisonic-Komponenten größer als oder gleich $(A+1)(A+2)/2$ ist, wobei A der ganzzahlige Anteil der Hälfte eines maximalen Grads L der sphärischen Harmonischen ist, denen die berücksichtigten Ambisonic-Komponenten zugeordnet sind.

6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei der maximale Grad L größer als 4 und vorzugsweise größer als 6 ist.

7. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei, für $n=2$, die Kapseln über ein Viertel der Kugel verteilt sind, die berücksichtigten Ambisonic-Komponenten sphärischen Harmonischen zugeordnet sind, die bezogen auf zwei senkrechte Ebenen symmetrisch sind, die senkrecht verlaufen und sich in einer Geraden schneiden, die durch den Mittelpunkt der Kugel S verläuft.

8. Vorrichtung nach Anspruch 7, ferner aufweisend einen Befestigungsträger, die für eine Befestigung der Vorrichtung in einer Raumecke geeignet ist, die von einer Mauer und einer Decke definiert ist, die senk-

recht zueinander verlaufen, wobei die Mauer und die Decke mit den zwei senkrechten Ebenen zusammenfallen und als Schallwellen reflektierende Wände fungieren.

9. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kapseln auf einem Gauss-Legendre-Kugelgitter positioniert sind und die Vorrichtung eine Anzahl N von Kapseln aufweist, die sich aus $N = 2n/8 (L+1)^2$ ergibt, wobei L ein maximaler Grad der sphärischen Harmonischen ist, die den berücksichtigten Ambisonic-Komponenten zugeordnet sind.

10. Vorrichtung nach Anspruch 9, wobei die Verarbeitungseinheit dazu ausgebildet ist, von den Mikrofonkapseln stammende Signale auf den sphärischen Harmonischen, die den berücksichtigten Ambisonic-Komponenten zugeordnet sind, mithilfe einer Matrixierung vom folgenden Typ zu zerlegen:
 $b = C E Y G s$, wobei:

- b eine Vektormatrix ist, die die berücksichtigten Ambisonic-Komponenten enthält,
- C eine reelle Konstante ist,
- E eine Diagonalmatrix ist, die Filter zur radialen Entzerrung jeder Kapsel enthält,
- Y eine Matrix ist, die die sphärischen Harmonischen enthält, denen die berücksichtigten Ambisonic-Komponenten zugeordnet sind, und
- G eine Diagonalmatrix ist, die Gewichte zur Integration eines Gauss-Legendre-Gitters für jede der Kapseln enthält,

wobei s ein Vektor ist, der von den Kapseln stammende Signale enthält.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10 in Kombination mit Anspruch 6, wobei die Verarbeitungseinheit ferner dazu ausgebildet ist, anschließend den Vektor b mit einem bestimmten Lenkvektor in Azimut und in der Höhe im Verhältnis zu einem Bezugspunkt, der vom Mittelpunkt der Kugel S und den drei Schnittpunkten zwischen den drei Ebenen definiert ist, zu gewichten.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, aufweisend eine Mehrzahl von Kugelabschnitten $P = n S/8$, mit $n=1,2$, die jeweils eine Mehrzahl von Mikrofonkapseln aufweisen, die über jeden Abschnitt P der Kugel S verteilt sind, und wobei die Verarbeitungseinheit ferner dazu ausgebildet ist, die von den Kapseln jedes Kugelabschnitts stammenden Signale separat durch Matrixierung zu verarbeiten und durch Abgleich mit den so erhaltenen Matrizen die Bestimmung wenigstens einer Schallquelle in einem Raum, der die Kugelabschnitte umgibt, zu verfeinern.

13. Verfahren, das von einer Verarbeitungseinheit einer Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche durchgeführt wird, wobei:

- die von den Kapseln erfassten Signale gemäß einer Ambisonic-Darstellung matriziert werden, wobei nur die Ambisonic-Komponenten berücksichtigt werden, die sphärischen Harmonischen zugeordnet sind, die bezogen auf wenigstens zwei der vorgenannten Ebenen symmetrisch sind, und

* die so erhaltene Matrix verarbeitet wird, um wenigstens eine Schallquelle in einem Raum, der den Kugelabschnitt umgibt, zu bestimmen, und ein von dieser Quelle stammendes Schallsignal zu interpretieren.

14. Computerprogramm aufweisend Anweisungen für die Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 13, wenn dieses Programm von einer Verarbeitungseinheit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgeführt wird.

15. Computerlesbares nichtflüchtiges Speichermedium, auf dem ein Programm für die Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 13, wenn dieses Programm von einer Verarbeitungseinheit einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12 ausgeführt wird, gespeichert ist.

Claims

1. Sound pickup device, comprising at least:

- a plurality of microphone capsules, distributed over a portion P of a sphere S circumscribed between two or three planes perpendicular to one another, the three planes intersecting one another at a point corresponding to the centre of the sphere S , and the two planes intersecting at a straight line passing through the centre of the sphere S , and the sphere portion P being such that $P = n S/8$, with $n=1,2$,
- a processing unit connected to the capsules in order to receive the signals picked up by the capsules, said processing unit being designed to:

* matrix the signals according to an ambisonic representation in which only ambisonic components associated with spherical harmonics symmetrical about at least two of the abovementioned planes are selected, and

* process a matrix thus obtained in order to identify at least one sound source in a space

- surrounding the sphere portion, and interpret a sound signal originating from this source.
2. Device according to Claim 1, wherein, for $n=1$, the capsules being distributed over an eighth of a sphere, the selected ambisonic components are associated with spherical harmonics symmetrical about each of the three perpendicular planes intersecting one another at the centre of the sphere S. 5 10
 3. Device according to Claim 2, furthermore comprising a fastening support designed to fasten the device in an upper corner of a room defined by two perpendicular walls and a ceiling overhanging the walls, the walls and the ceiling coinciding with said three perpendicular planes and acting as sound wave-reflecting walls. 15
 4. Device according to either of Claims 2 and 3, wherein the selected ambisonic components are associated with spherical harmonics having a degree 1 and an order m such that:
1 and m are even AND m is greater than or equal to 0. 20 25
 5. Device according to Claim 4, wherein the number of selected ambisonic components is greater than or equal to $(A+1)(A+2)/2$, where A is the integer part of half a maximum degree L of the spherical harmonics with which the selected ambisonic components are associated. 30
 6. Device according to Claim 5, wherein the maximum degree L is greater than 4, and preferably greater than 6. 35
 7. Device according to Claim 1, wherein, for $n=2$, the capsules being distributed over a quarter of a sphere, the selected ambisonic components are associated with spherical harmonics symmetrical about two perpendicular planes intersecting one another at a straight line passing through the centre of the sphere S. 40
 8. Device according to Claim 7, furthermore comprising a fastening support designed to fasten the device in a corner of a room defined by a wall and a ceiling that are perpendicular to one another, the wall and the ceiling coinciding with said two perpendicular planes and acting as sound wave-reflecting walls. 45 50
 9. Device according to one of the preceding claims, wherein the capsules are positioned on a Gauss-Legendre spherical mesh, and the device comprises a number N of capsules given by $N = 2n/8 (L+1)^2$, wherein L is a maximum degree of the spherical harmonics associated with the selected ambisonic components. 55
 10. Device according to Claim 9, wherein the processing unit is configured to decompose signals originating from the microphone capsules, on the spherical harmonics associated with the selected ambisonic components, using matrixing of the type:
 $B = C E Y G$ s, where:
 - b is a vector matrix containing the selected ambisonic components,
 - C is a real constant,
 - E is a diagonal matrix containing radial equalization filters of each capsule,
 - Y is a matrix containing the spherical harmonics with which the selected ambisonic components are associated, and
 - G is a diagonal matrix containing integration weights of a Gauss-Legendre mesh for each of the capsules, s being a vector containing signals originating from the capsules.
 11. Device according to Claim 10 taken in combination with Claim 6, wherein the processing unit is furthermore configured to then weight the vector b with a steering vector given in azimuth and in elevation with respect to a reference system defined by the centre of the sphere S and the three intersections between the three planes.
 12. Device according to one of the preceding claims, comprising a plurality of sphere portions $P = n S/8$, with $n=1,2$, each comprising a plurality of microphone capsules, distributed over each portion P of a sphere S , and wherein the processing unit is furthermore designed to process the signals originating from the capsules of each sphere portion separately through matrixing, and to refine, by cross-checking the matrices thus obtained, the identification of at least one sound source in a space surrounding the sphere portions.
 13. Method implemented by a processing unit of a device according to one of the preceding claims, wherein:
 - the signals picked up by the capsules are matrixed according to an ambisonic representation in which only ambisonic components associated with spherical harmonics symmetrical about at least two of the abovementioned planes are selected, and
 * the matrix thus obtained is processed in order to identify at least one sound source in a space surrounding the sphere portion, and interpret a sound signal originating from this source.
 14. Computer program comprising instructions for im-

plementing the method according to Claim 13 when this program is executed by a processing unit of a device according to one of Claims 1 to 12.

15. Non-transient computer-readable recording medium on which there is recorded a program for implementing the method according to Claim 13 when this program is executed by a processing unit of a device according to one of Claims 1 to 12.

5

10

15

20

25

30

35

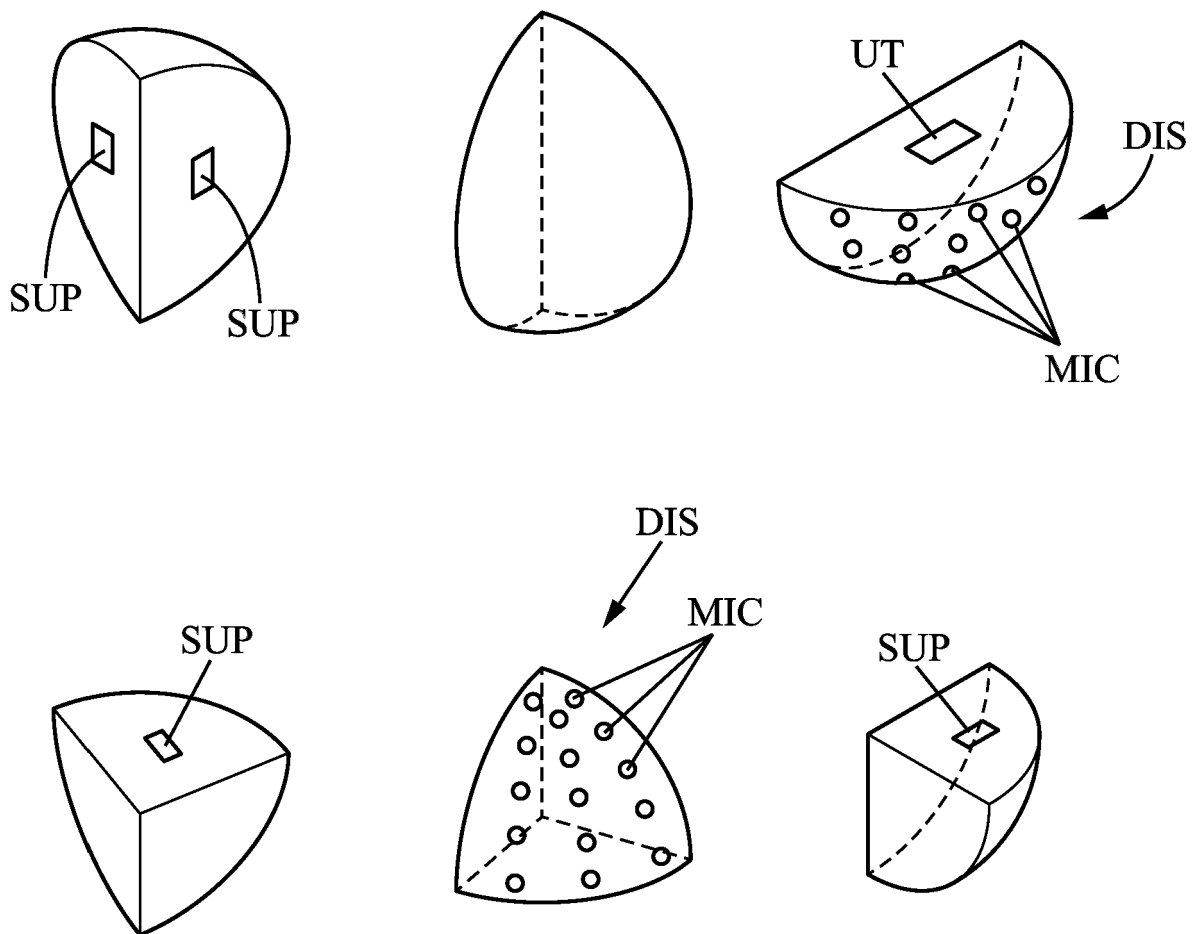
40

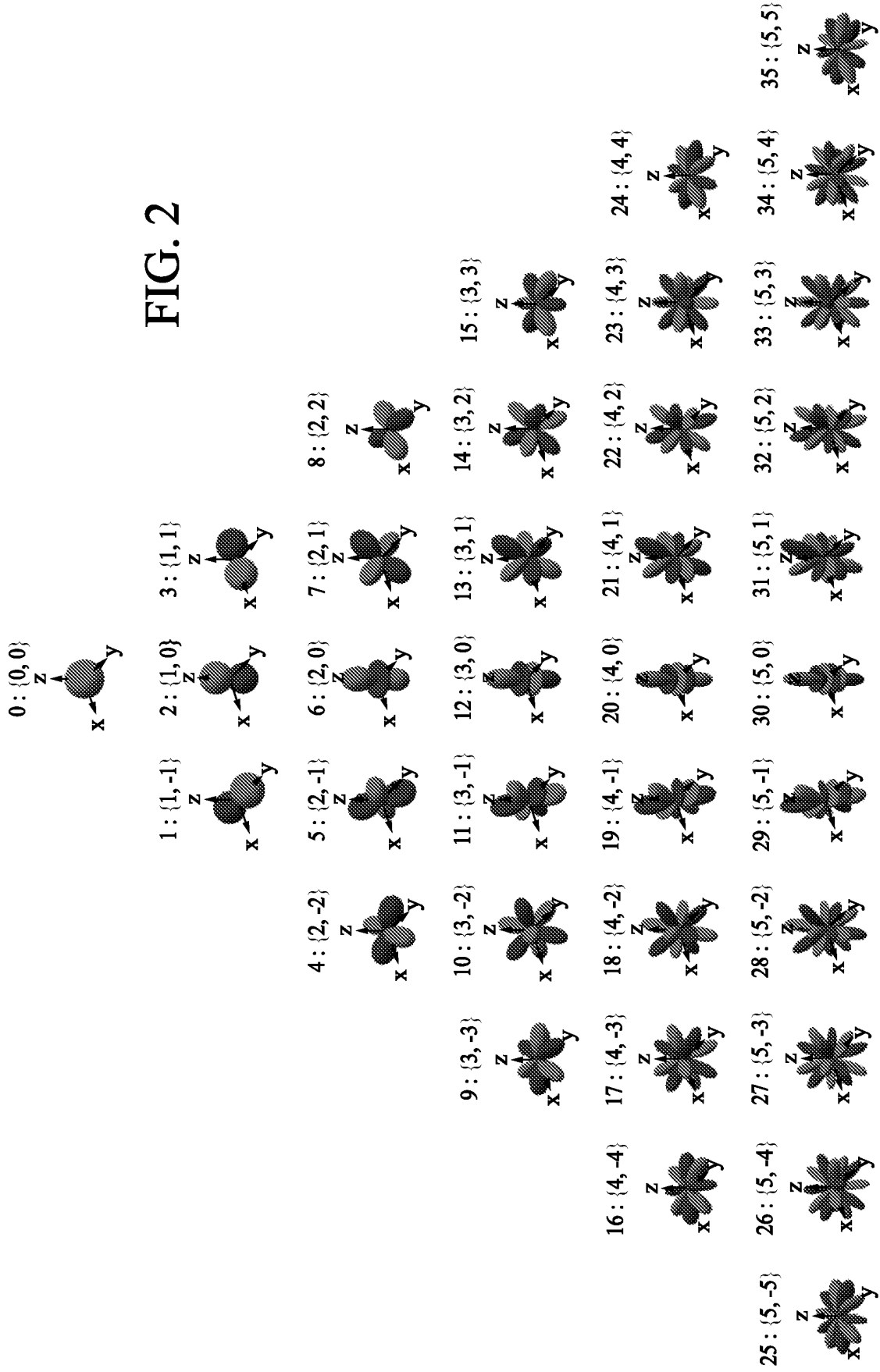
45

50

55

FIG. 1





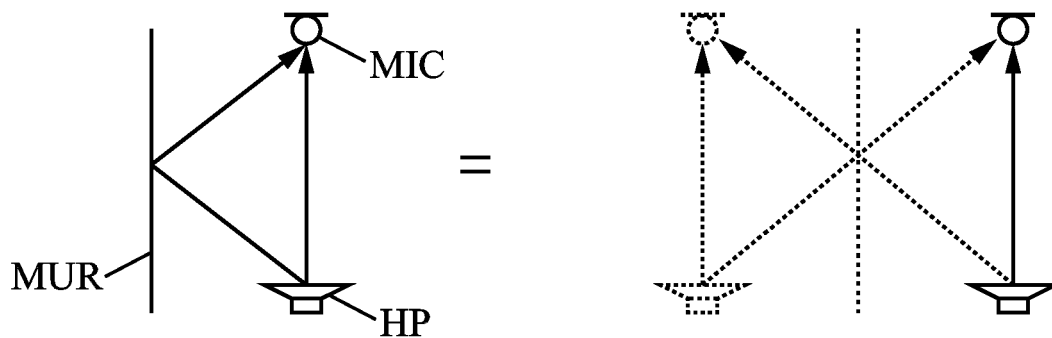


FIG. 3

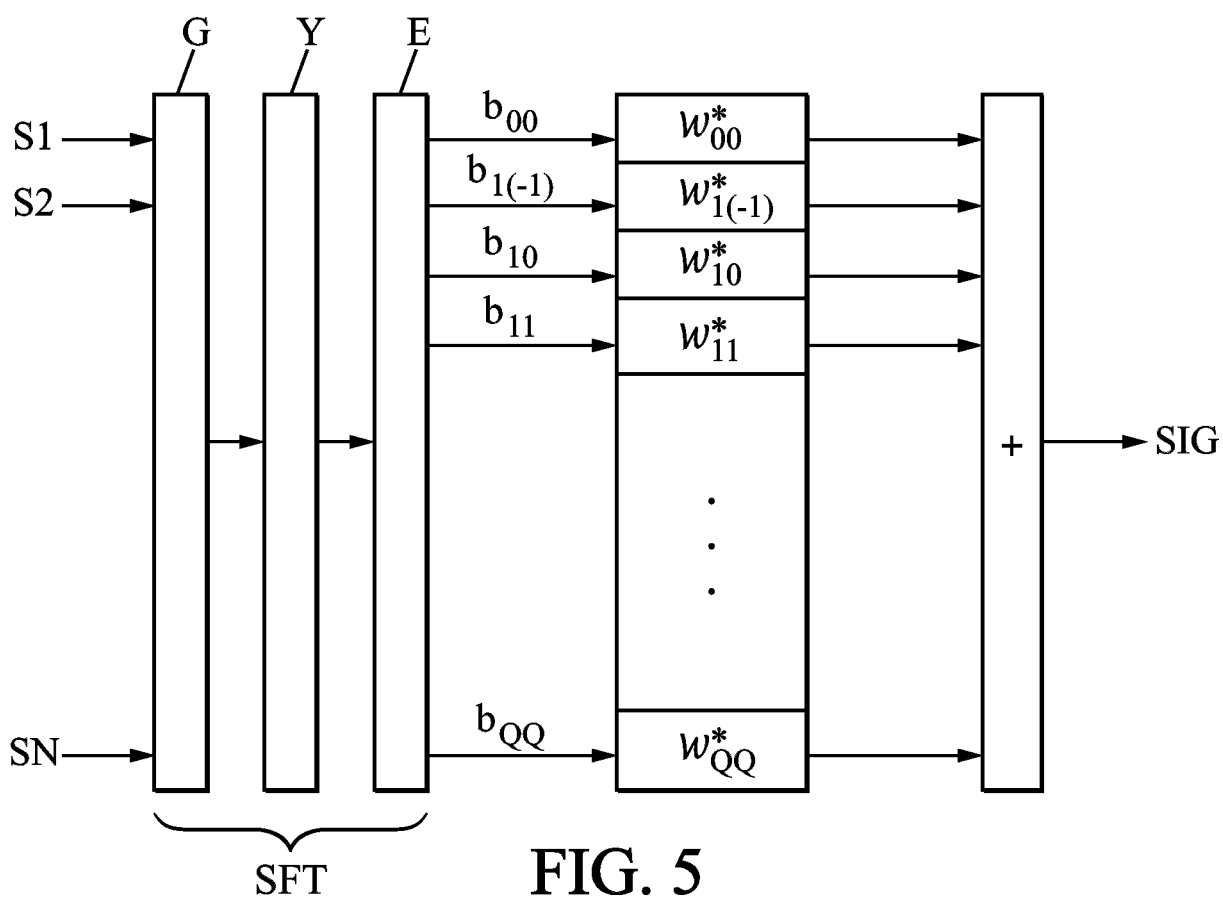


FIG. 5

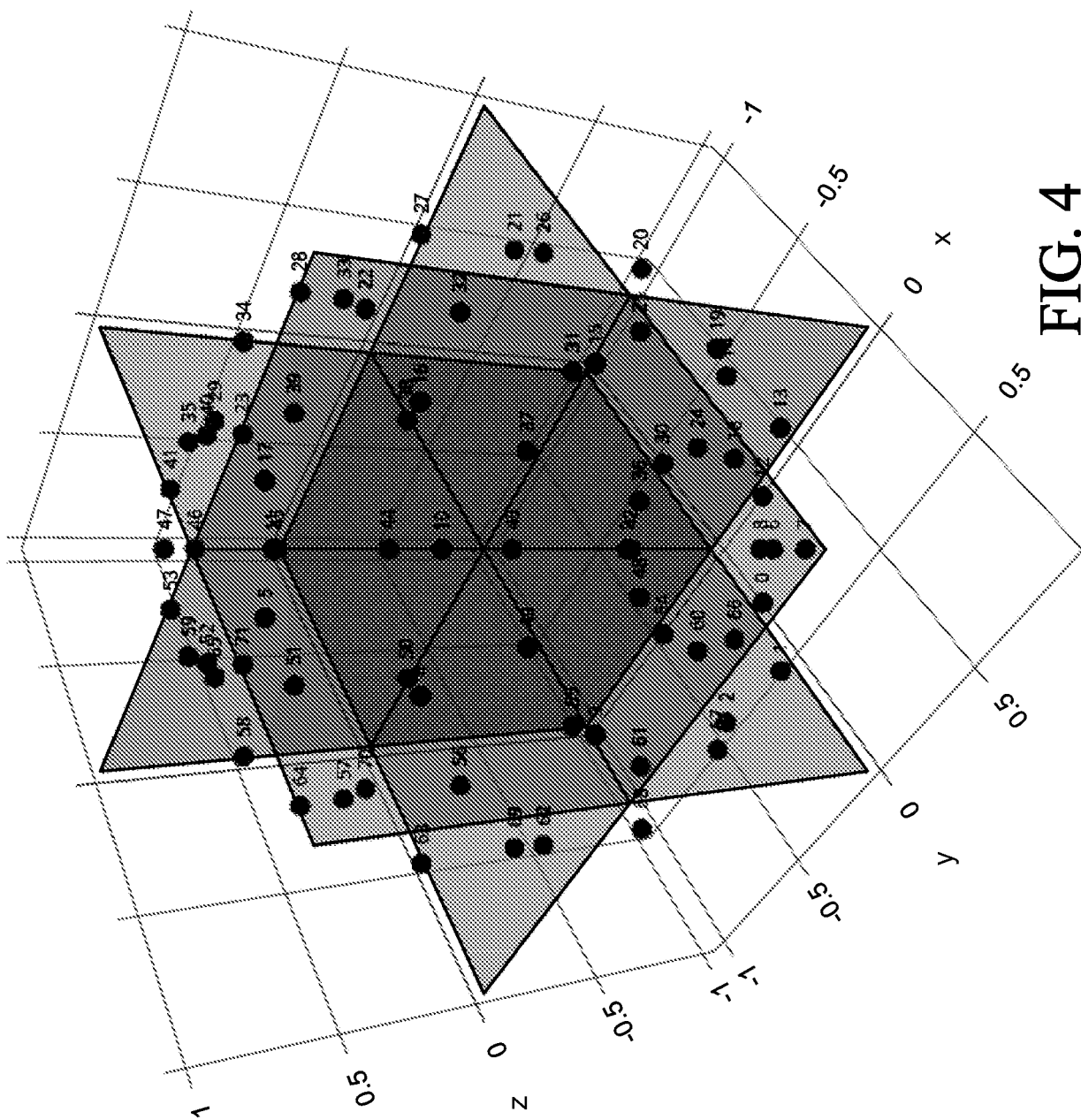


FIG. 4

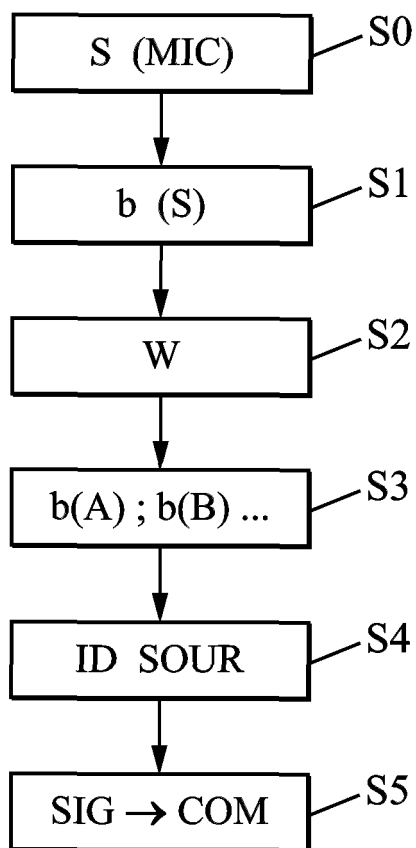


FIG. 6

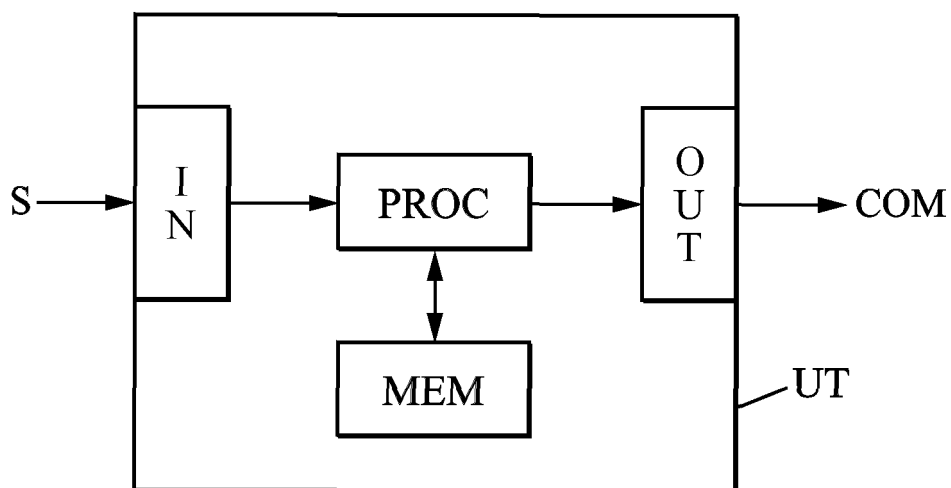


FIG. 7