

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

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

2 635 622

(21) N° d'enregistrement national : 88 11042

(51) Int Cl^s : H 04 B 15/00, 1/10; H 04 K 3/00.

(12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 19 août 1988.

(30) Priorité :

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 8 du 23 février 1990.

(60) Références à d'autres documents nationaux appartenants :

(71) Demandeur(s) : ETAT FRANCAIS, représenté par le Ministre des Postes, Télécommunications et de l'Espace (CENTRE NATIONAL D'ETUDES DES TELECOMMUNICATIONS). — FR.

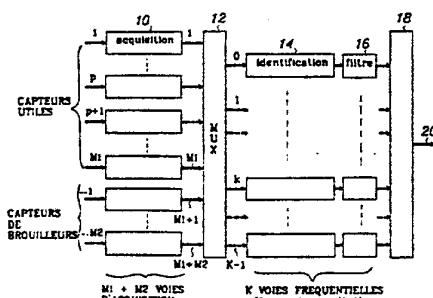
(72) Inventeur(s) : Yves Grenier ; Min Xu.

(73) Titulaire(s) :

(74) Mandataire(s) : Cabinet Plasseraud.

(54) Dispositif de saisie de signaux sonores à élimination de brouilleur.

(57) Le dispositif permet d'éliminer des signaux sonores de brouillage provenant d'au moins un brouilleur dont la position ou la nature est connue. Il comprend plusieurs capteurs fixes de sources utiles et au moins un capteur d'émission du brouilleur, constituant chacun l'organe d'entrée d'une voie d'acquisition parmi plusieurs voies fournissant chacune les k coefficients de la transformée de Fourier à court terme pour K bandes de fréquence particulières adjacentes. Des moyens pour reconstituer les signaux sonores à partir des sorties des diverses voies comprennent un multiplexeur 12 recevant les sorties des différentes voies d'acquisition et les répartissant sur K voies fréquentielles ayant chacune un bloc d'identification 14 et un filtre 16, le bloc d'identification de chaque voie fréquentielle d'ordre k avec $0 \leq k \leq K-1$ étant alimenté par les contributions de toutes les voies d'acquisition 10 à la fréquence k et aussi par la contribution du capteur ou des capteurs de signaux de brouilleur dans au moins une voie fréquentielle décalée de k et permettant de déterminer les caractéristiques du brouilleur ou des brouilleurs et de donner au filtre 16 de la voie fréquentielle d'ordre k les caractéristiques nécessaires à l'élimination de la contribution du brouilleur ou des brouilleurs dans la voie d'ordre k.



A1
FR 2 635 622

Dispositif de saisie de signaux sonores à élimination de brouilleur

L'invention a pour objet un dispositif de saisie
5 de signaux sonores fournis par des sources utiles fixes
en présence de signaux sonores constituant un bruit,
provenant d'au moins un brouilleur ayant une position
et/ou une nature connues.

Les termes utilisés ci-dessus doivent être pris
10 dans un sens large. En particulier, le mot "brouilleur"
désigne toute source de bruit affectant un signal sonore
utile à capter, y compris éventuellement la réverbération
de ce signal utile ; le terme "saisie" désigne
15 toute prise de son aussi bien en vue de la diffusion que
de l'enregistrement. Les capteurs seront généralement
des microphones, mais peuvent avoir toute autre nature à
condition qu'ils fournissent un signal électrique.

Le problème de l'élimination du bruit se pose
fréquemment dans les dispositifs de saisie de signaux
20 sonores. On connaît déjà des procédés permettant de le
résoudre lorsque sources, brouilleurs et capteurs ont
des caractéristiques et des emplacements fixes et
lorsqu'il est possible de prélever sélectivement
25 l'émission des brouilleurs à l'aide d'un capteur insensible
aux signaux utiles. Bien souvent, ces conditions
favorables ne sont pas remplies. On peut citer comme
exemple les dispositifs de prise de son dans les salles
d'audio-conférence : les sources utiles sont alors les
30 locuteurs présents dans la pièce et les brouilleurs sont
constitués par l'émission acoustique, directe et réverbérée
par la salle d'écoute, d'un haut-parleur ou de
haut-parleurs diffusant les signaux provenant de l'autre
salle d'audio-conférence. On connaît dans ce cas le
35 signal émis par le haut-parleur, mais, du fait des
variations de la réponse acoustique de la salle, on ne
peut affecter au brouilleur une position déterminée et

fixe. On peut citer comme autre exemple les installations de prise de son lors du tournage d'un film : le moteur de la caméra constitue alors un brouilleur dont la position est variable et donc inconnue. On peut 5 seulement déterminer le signal sonore du brouilleur à l'aide d'un microphone placé à proximité immédiate de la caméra et pratiquement insensible aux signaux utiles.

L'invention vise à fournir un dispositif de saisie de signaux sonores répondant mieux que ceux 10 antérieurement connus aux exigences de la pratique, notamment en ce qu'il assure une meilleure élimination des brouilleurs sonores. L'invention vise plus particulièrement à éliminer, au moins en majeure partie, les brouilleurs à la seule condition qu'on connaisse leurs 15 positions ou/et un signal fortement corrélé à ceux qu'ils émettent, a priori ou par mesure directe.

Dans ce but, l'invention propose un dispositif de saisie de signaux sonores fournis par des sources utiles fixes en présence de signaux sonores de 20 brouillage provenant d'au moins un brouilleur ayant une position et/ou une nature connues, comprenant plusieurs capteurs fixes et au moins un capteur d'émission du brouilleur constituant chacun l'organe d'entrée d'une voie d'acquisition fournissant chacune K coefficients de 25 la transformée de Fourier à court terme pour K bandes de fréquence particulières adjacentes, les bandes étant les mêmes pour toutes les voies d'acquisition ; et des moyens pour reconstituer les signaux sonores à partir des sorties des diverses voies. Suivant l'invention, les 30 moyens de reconstitution comprennent un multiplexeur recevant les sorties des différentes voies d'acquisition et les répartissant sur K voies fréquentielles ayant chacune un bloc d'identification et un filtre, le bloc d'identification de chaque voie fréquentielle d'ordre k 35 (avec $0 \leq k \leq K-1$) étant alimenté par les contributions de toutes les voies d'acquisition à la fréquence k et

aussi par la contribution du capteur ou des capteurs de signaux du brouilleur à au moins une fréquence décalée de k et permettant de déterminer la position et les caractéristiques du brouilleur et de donner au filtre de 5 la voie fréquentielle d'ordre k les caractéristiques nécessaires à l'élimination de la contribution du brouilleur dans la voie d'ordre k .

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit de modes particuliers de 10 réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui l'accompagnent, dans lesquels :

- la Figure 1 est un schéma de principe montrant la constitution d'ensemble du dispositif ;
- 15 - la Figure 2 est un synoptique montrant une constitution possible d'un des blocs d'identification du dispositif de la figure 1 ;
- la figure 3 est un schéma montrant une constitution possible d'un des estimateurs de la figure 2 ;
- 20 - les figures 4 et 5 sont des schémas montrant une constitution possible du bloc de calcul de R et d'un des blocs de calcul de \hat{S} de l'estimateur de la figure 3 ;
- la figure 6 est un synoptique montrant une constitution possible d'un filtre utilisable dans le 25 dispositif de la figure 1 ;
- la figure 7, similaire à la figure 6, montre une variante de réalisation.

Le dispositif dont la constitution de principe est donnée en Figure 1 peut être regardé comme compré- 30 nant successivement :

- $M_1 + M_2$ voies d'acquisition ayant chacune un bloc d'acquisition 10 recevant le signal de sortie d'un capteur et fournissant la transformée de Fourier à court terme du signal reçu ;
- 35 - un multiplexeur 12 destiné à fournir les coefficients des transformées de Fourier correspondant à

K fréquences ;

- K voies fréquentielles comportant chacune successivement un bloc d'identification 14 et un filtre 16, le bloc d'identification ayant pour rôle de déterminer les fonctions de transfert entre chacun des M2 brouilleurs, pris comme entrée, et chacun des signaux en provenance des capteurs utiles, d'ordre 1 à M1, pris comme sortie, et chacun des filtres ayant pour but d'éliminer l'effet des M2 brouilleurs dans une bande fréquentielle d'ordre k (avec $0 \leq k \leq K-1$) ;

- un circuit de reconstitution 18, qui peut être d'un type connu, fournissant un signal de sortie débruité à partir des contributions des K voies fréquentielles.

15 Ces divers composants seront décrits successivement.

Chacun des blocs d'acquisition 10 numérise les signaux fournis par un capteur correspondant, si ces signaux sont analogiques. Il a pour fonction de convertir ces signaux, par transformée de Fourier à court terme sur des tranches temporelles successives, en un flot de données temporelles et fréquentielles ; la sortie de chaque bloc d'acquisition est une mesure à K fréquences, K étant un nombre entier qui sera généralement une puissance de 2 et compris entre 128 et 1024 dans le cas où les signaux sonores sont des signaux de parole.

Sur la Figure 1 le dispositif comporte :

- M1 voies d'acquisition affectées à des 30 capteurs de signaux utiles, d'ordre 1 ..., p, p+1, ..., M1 ;

- M2 voies d'ordre M1+1, ..., M1+M2 affectées chacune à un capteur recevant le signal d'un brouilleur.

Bloc d'acquisition

35 Chacun des blocs d'acquisition 10 reçoit un signal analogique ou numérique. Si le signal est analogique

gique, il est soumis à un filtrage passe-bas puis échantillonné à une cadence F_e . Ces opérations sont inutiles en cas de signal numérique. Le bloc d'acquisition convertit ensuite le flot de données qu'il reçoit, à 5 une cadence de un échantillon toutes les $1/F_e$ secondes, en un flot qui est cadencé à une fréquence F_e/N , c'est-à-dire avec une période de répétition égale à N/F_e . Au cours de chaque période de durée N/F_e , chaque bloc d'acquisition 10 fournit K coefficients complexes (c'est-à-10 dire $2K$ coefficients réels) correspondant à des fréquences successives, identiques pour tous les blocs d'acquisition 10.

Si on désigne par x les échantillons appliqués à cadence F_e à l'entrée du bloc, les données de sortie 15 $X(n,k)$ du bloc 10, apparaissant à des instants successifs nN/F_e (n désignant les tranches temporelles successives ayant chacune une durée N/F_e) sont de la forme :

$$X(n,k) = \sum_{i=0}^{2K-1} w_i \cdot x_{nN-i} \exp(-j2\pi \frac{i}{2K}k) \quad (1)$$

20

où :

 $k = 0, \dots, K-1$

[w_i , $i=0, \dots, 2K-1$] est une fenêtre de pondération, par exemple $w_i = 0,5(1+\sin \frac{\pi i}{2K})$.

25

On connaît déjà des blocs qui fournissent une transformée de Fourier à court terme du type défini par la formule (1) et en conséquence aucune description de la structure du bloc ne sera donnée.

30

Multiplexeur
Le multiplexeur est prévu pour fournir, dans une tranche temporelle de durée N/F_e et d'ordre n , K sorties attaquant des voies fréquentielles respectives, à partir des données $X_i(n,k)$ provenant des voies d'acquisition $i=1, \dots, M_1+M_2$.

35

Chacune des sorties, par exemple la sortie d'ordre k , du multiplexeur 12 regroupe :

- M_1 nombres complexes $X_i(n,k)$, pour $i=1, \dots, M_1$, correspondant aux M_1 signaux provenant des capteurs utiles;
 - $M_2 \cdot (2L+1)$ nombres complexes correspondant aux M_2 brouilleurs et correspondant, pour chaque brouilleur,
- 5 non pas à la seule fréquence k mais à l'ensemble des fréquences $k+l$ avec $l = -L, \dots, 0, \dots, +L$.

La sortie d'ordre k , c'est-à-dire pour la voie fréquentielle d'ordre k , pourra être considérée comme une réunion $S_k + E_k$ avec :

- 10 - $S_k(n,i) = X_i(n,k)$, c'est-à-dire les k -ièmes sorties, dans la tranche temporelle d'ordre n , pour le signal des capteurs de signal d'ordre i avec $i = 1, \dots, M_1$;

- 15 - $E_k(n,j,l) = X_{M_1+j}(n,k+l)$, c'est-à-dire les k -ièmes sorties dans la tranche temporelle n , pour le signal des capteurs de brouilleurs d'ordre j , à la fréquence k et aux fréquences décalées de l , avec : $j = 1, \dots, M_2$; $l = -L, \dots, 0, \dots, +L$.

20 Dans le cas envisagé plus haut d'une saisie de parole avec K compris entre 128 et 1024, on peut adopter une valeur entière L comprise entre 5 et 10.

On peut adopter, pour $k+l$ négatif, les valeurs :

$$E_k(n,j,l) = X_{M_1+j}(n,-k-l)^*$$

où le signe * désigne le conjugué complexe

- 25 et convenir que, pour $k+l > K$, E_k a la valeur :
- $$E_k(n,j,l) = X_{M_1+j}(n,2K-k-l)^*$$

Chaque voie fréquentielle reçoit donc, pour chaque tranche temporelle, un ensemble de signaux représentant chacun un nombre complexe X , soit en parallèle, 30 soit successivement.

Bloc d'identification

Les blocs d'identification 14 ont la même constitution et remplissent la même fonction dans toutes les voies fréquentielles. Pour cette raison, on omettra dans 35 ce qui suit l'indice k pour désigner les sorties S_k et E_k vers la voie d'ordre k .

Chaque bloc 14 reçoit ainsi :

- M1 signaux $S(n,i)$ avec $i \in [1, M_1]$, c'est-à-dire les composantes de Fourier à court terme dans la tranche temporelle d'ordre n du signal reçu par les capteurs utiles ;
- M2 signaux $E(n,j,l)$ avec $j \in [1, M_2]$, c'est-à-dire les composantes de Fourier à court terme dans la tranche temporelle d'ordre n du signal reçu par les capteurs de brouilleurs, à la fréquence k et à $2L$ fréquences autour de k.

La fonction du bloc d'identification 14 est d'identifier $M_1 M_2$ fonctions de transfert entre chacun des signaux des capteurs de brouilleurs, pris comme entrée, et chacun des signaux des capteurs utiles, pris comme sortie.

La fonction de transfert entre le capteur de brouilleur d'ordre j et le capteur utile d'ordre i peut s'écrire sous forme de l'équation récurrente :

$$20 \quad S(n,i,j) = \sum_{l=-L}^L \sum_{m=q_1(l)}^{q_2(l)} b_m(i,j,l) E(n-m,j,l) \quad (2)$$

Les coefficients $b_m(i,j,l)$ définissent la fonction de transfert entre l'entrée d'ordre j et la sortie d'ordre i. La quantité estimée $S(n,i,j)$ représente la part du signal brouilleur j présente dans le signal du capteur i, pendant la tranche temporelle d'ordre n. Chacun des blocs d'identification 14 peut avoir la constitution générale montrée en figure 2 qui comprend autant de voies en parallèle qu'il y a de capteurs de brouilleurs. Chaque voie reconstitue le vecteur :

$$\begin{bmatrix} \hat{S}_1(j) \\ \vdots \\ \hat{S}_{M_1}(j) \end{bmatrix}$$

qui décrit la contribution du capteur de brouilleur d'ordre j (avec $j \in [1, M_2]$ dans le signal reçu par les capteurs d'ordre 1 à M_1 .

Dans la formule (2) ci-dessus les notations utilisées sont les suivantes :

5 - les coefficients $b_m(i,j,l)$ définissent la fonction de transfert entre l'entrée d'ordre j et la sortie d'ordre i ;

- la quantité $S(n,i,j)$ représente la fraction du signal provenant du brouilleur d'ordre j qui affecte le signal du capteur i , au cours de la tranche temporelle d'ordre n ;

10 - $q_1(1)$ et $q_2(1)$ sont des entiers qui caractérisent la structure de la fonction de transfert. On peut en général adopter les valeurs :

$$q_1(1) = 0 \text{ pour } l = -L, \dots, L$$

$$q_2(1) = q_2(-1) \text{ pour } l = -L, \dots, L$$

15 et l'échelonnement suivant pour les autres valeurs de l :

$$q_2(0) \geq [q_2(1) = q_2(-1)], \dots, \geq [q_2(L) = q_2(-L)]$$

. Les entiers q_1 et q_2 sont, dans chaque cas, particulier, évalués pour une installation déterminée et programmés une fois pour toutes.

20 Les coefficients b_m sont calculés dans chaque bloc d'identification 14 pour chaque tranche de temps n et pour chaque sortie i par l'équation linéaire :

$$B_i(n) = R_n^{-1} \sum_{t=0}^n \theta_t S(t,i) \lambda^{n-t} \quad (3)$$

où R_n est une matrice de covariance qui sera définie plus loin ; t désigne une variable pouvant prendre toutes les valeurs entières 0 à n ; et λ est une valeur réelle légèrement inférieure à 1, habituellement comprise entre $1-10^{-1}$ et $1-10^{-4}$, de façon à introduire un

facteur d'oubli permettant de suivre les évolutions du système.

Chaque voie d'un bloc d'identification comporte un estimateur 22 qui peut avoir la constitution de principe montrée en figure 3 (où le vecteur θ_t est noté θ pour plus de simplicité) et où les indices correspondent à la voie d'ordre j de la figure 2.

L'estimateur comprend un circuit 24 effectuant, sur le signal du capteur de brouilleur E_j , le calcul de 10 la covariance R_n et de θ_R^{-1} et M1 circuits 26, tous identiques et chacun destinés à calculer l'un des termes estimés $\hat{S}_1(j), \dots, \hat{S}_{M1}(j)$.

Dans la formule (3), $B_i(n)$ et θ_t représentent chacun M2 termes :

$$15 \quad B_i(n) = \begin{Bmatrix} \beta_{i(1)}(n,1) \\ \beta_{i(1)}(n,2) \\ \dots \\ \beta_{i(1)}(n,M2) \end{Bmatrix} \quad \text{et } \theta_t = \begin{Bmatrix} \epsilon(t,1) \\ \epsilon(t,2) \\ \dots \\ \epsilon(t,M2) \end{Bmatrix}$$

avec : (pour $j = 1, \dots, M2$)

$$20 \quad \beta_{i(j)}(n,j) = \begin{Bmatrix} \beta_{q1(-L)}(i,j,-L) \\ \dots \\ \beta_{q2(-L)}(i,j,-L) \\ \dots \\ \beta_{q1(0)}(i,j,0) \\ \dots \\ \beta_{q2(0)}(i,j,0) \\ \dots \\ \beta_{q1(L)}(i,j,L) \\ \dots \\ \beta_{q2(L)}(i,j,L) \end{Bmatrix} \quad \epsilon(t,j) = \begin{Bmatrix} E[t-q_1(-L), j, -L] \\ \dots \\ E[t-q_2(-L), j, -L] \\ \dots \\ E[t-q_1(0), j, 0] \\ \dots \\ E[t-q_2(0), j, 0] \\ \dots \\ E[t-q_1(L), j, L] \\ \dots \\ E[t-q_2(L), j, L] \end{Bmatrix}$$

La matrice R_n , qui apparaît dans la formule (3), est la matrice de covariance :

$$R_n = \sum_{t=0}^n \theta_t^* \theta_t^T \quad \lambda^{n-t} = \lambda R_{n-1} + \theta_n^* \theta_n^T \quad (4)$$

où λ est légèrement inférieur à 1, par exemple compris entre 0,9 et 0,9999 et qui peut être calculée par un montage du genre montré en figure 4, où l'indice n est 5 omis pour plus de simplicité.

Le circuit 24 montré en figure 4 comprend un registre à décalage 28 muni d'une entrée d'horloge non représentée, constituant une mémoire contenant les termes E_j successifs, permettant de fournir simultanément les termes $E_j(-L)$ à $E_j(L)$ à un circuit 30 de calcul des poids R . 10

De façon plus précise, la mémoire constituée par le registre à décalage 28 contient simultanément :

$q_2(L) + 1 - q_1(L)$ termes à la fréquence $k+L$

15 $q_2(0) + 1 - q_1(0)$ termes à la fréquence k

$q_2(-L) + 1 - q_1(-L)$ termes à la fréquence $k-L$

L'ensemble de ces termes, c'est-à-dire le contenu du registre, constitue le vecteur θ .

Le circuit 30 de calcul des poids R effectue 20 la transformation :

$$R \leftarrow \lambda R + \theta^* \theta$$

Le résultat R est fourni, sous forme d'une matrice, au circuit de calcul 32 qui inverse la matrice et fournit sur sa sortie la valeur R^{-1} . Enfin, un multiplicateur 34 reçoit θ et R^{-1} et fournit, sur sa sortie, 25 le produit $\theta^T \cdot R^{-1}$.

On obtient ainsi à la sortie des différents

blocs d'identification 14, pour la tranche temporelle n, les signaux $S(n,i)$ avec $i \in [1, M_1]$ qui sont les composantes de Fourier des signaux reçus par le capteur utile d'ordre i pour la tranche temporelle n.

Aux signaux $S(n,i)$ s'ajoutent les signaux $\hat{S}(n,i,j)$ pour $i \in [1, M_1]$ et pour $j \in [1, M_2]$ qui sont les composantes de Fourier à court terme des signaux émis par le brouilleur j et reçus par le capteur i, toujours pour la tranche temporelle n. Chacun des circuits de calcul de \hat{S} du schéma de la figure 3 peut avoir la constitution montrée en figure 5 : le circuit comporte simplement un multiplicateur-accumulateur 36 recevant θ et S_i et un multiplicateur 38 qui reçoit le résultat du produit, c'est-à-dire $\sum S_i \theta$ et la sortie du circuit de calcul de R_n , c'est-à-dire $\theta^T R^{-1}$.

Filtres

Chacun des filtres 16 reçoit M_1 signaux $S(n,i)$ avec $i \in [1, M_1]$ et $M_1 \cdot M_2$ signaux $\hat{S}(n,i,j)$ fournis par le bloc d'identification 14 correspondant. Le filtre doit fournir en sortie un signal unique $y(n)$ constitué par la composante de Fourier à court terme, dans la tranche temporelle n, du signal reconstitué. Ce signal est élaboré suivant la relation :

$$y(n) = \sum_{i=1}^{M_1} w_i(n)^* S(n,i) \quad (5)$$

où le signe * désigne encore le conjugué complexe. Les poids $w_i(n)$ sont déterminés à partir des signaux $\hat{S}(n,i,j)$ et tiennent compte de la position des sources utiles.

On affecte un gain global fixe, généralement égal à 1, à chaque fréquence et pour chaque source utile. Si on désigne par v_r le gain global complexe, on en déduit les contraintes suivantes pour les poids

$w_i(n)$, en ce qui concerne la source utile d'ordre r :

$$\sum_{i=1}^{M1} w_i(n)^* F_{i,r} = v_r \quad (6)$$

où $F_{i,r}$ désigne un nombre complexe constant dans le bloc, c'est-à-dire indépendant de n (mais pas de k), qui caractérise la position de la source utile d'ordre r relativement au capteur i .

On peut déduire une valeur représentative de $F_{i,r}$ de la distance $d_{i,r}$ entre le capteur d'ordre i et la source d'ordre r . Si c est la célérité moyenne du son dans l'espace entre source et capteur et F_e la fréquence d'échantillonnage du signal dans les blocs d'acquisition 10, le nombre complexe $F_{i,r}$, pour la fréquence k , est :

$$F_{i,r} = \exp(-j\pi F_e \frac{k}{c} \cdot \frac{d_{i,r}}{c})$$

Le calcul des coefficients $w_i(n)$ du filtre se fait par minimisation, en respectant la contrainte (6), du paramètre Γ :

$$\Gamma = W^* T_{RW} \quad (7)$$

avec $W = \begin{bmatrix} w_1(n) \\ \vdots \\ w_{M1}(n) \end{bmatrix}$

20

et

$$Q = \sigma^2 I + \sum_{j=1}^{M2} \hat{s}_j(n) \hat{s}_j(n)^* \quad (7)$$

Dans la formule (7), le premier terme $\sigma^2 I$ permet de prendre en compte des bruits autres que ceux des brouilleurs identifiés, I étant la matrice identité

13

et σ^2 étant un paramètre réel positif fixant la sensibilité et ajusté expérimentalement.

Le second terme de la formule (7) représente la contribution des sources de bruit, $\hat{S}_j(n)$ étant donné par :

10

$$\hat{S}_j(n) = \begin{bmatrix} \hat{s}(n, 1, j) \\ \vdots \\ \hat{s}(n, M_1, j) \end{bmatrix}$$

15

Finalement, on retient pour le vecteur W la valeur donnée par :

$$W = R^{-1}F(F^*T_{R^{-1}F})^{-1}V$$

15

avec $F = \begin{bmatrix} F_{1,1} & \dots & F_{1,r} \\ \dots & & \dots \\ \dots & & \dots \\ F_{M_1,1} & \dots & F_{M_1,r} \end{bmatrix}$

$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ \vdots \\ V_r \end{bmatrix}$

20

Le calcul de $y(n)$ par la formule (5) peut être effectué à l'aide d'un filtre ayant la constitution montrée en figure 6.

Ce filtre comprend un bloc 40 qui effectue le calcul de la matrice hermitienne Q par multiplications et additions :

$$Q = \sigma^2 I + \hat{S}_1 \hat{S}_1^* + \dots + \hat{S}_{M2} \hat{S}_{M2}^*$$

5 puis inverse la matrice obtenue pour fournir Q^{-1} .

Un second montage calcule $F^* Q^{-1} F$ et l'inverse. Dans le cas illustré en figure 6, ce second montage comprend un multiplicateur 42 de calcul de $Q^{-1} F$, à partir de la matrice Q^{-1} , fournie par le bloc 40, et de 10 la matrice F, stockée en 44. Un second multiplicateur 46 fournit le produit $F^* Q^{-1} F$ à partir de F et de $Q^{-1} F$. Un inverseur 48 reçoit la matrice obtenue et fournit son inverse en sortie.

La matrice inversée $(F^* Q^{-1} F)^{-1}$ est appliquée 15 à un multiplicateur 50 qui reçoit également les composantes V_1, \dots, V_r, \dots du vecteur gain V, mémorisées en 51, et fournit le résultat à un multiplicateur 52. La seconde entrée du multiplicateur 52 est reliée à la sortie de 42 et 20 50 et le multiplicateur fournit le terme W de la formule (7) :

$$W = Q^{-1} F (F^* Q^{-1} F)^{-1} V$$

Comme l'indique la formule (5), le signal unique $y(n)$ constituant la transformée de Fourier à court terme pour la voie k et la tranche temporelle n 25 est obtenu par produit de W^T et de $S = [S_1, \dots, S_{M1}]$. Le filtre 16 comporte en conséquence un multiplicateur final 54 qui détermine W^T à partir de W et fournit au bloc de reconstruction 18 la composante $W^T S$.

Dans une variante de réalisation chaque filtre 30 16 met en oeuvre un algorithme différent du précédent et plus rapide pour inverser Q et $F^* Q^{-1} F$. Il utilise pour cela le lemme d'inversion :

$$(A+BCD)^{-1} = A^{-1} B (C^{-1} + D A^{-1} B^{-1} D A^{-1})$$

35 Si on pose

$$\hat{S} = [\hat{S}_1(n), \dots, \hat{S}_{M2}(n)]$$

15

on peut écrire la formule (7) sous la forme :

$$Q = \sigma^2 I + \hat{S} \hat{S}^T$$

et inverser Q sous la forme :

$$Q^{-1} = [I - \hat{S}(\sigma^2 I_{M2} + \hat{S}^T \hat{S})^{-1} \hat{S}^T]$$

5 où I_{M2} représente la matrice identité de dimension M2 (à M2 x M2 termes),

de sorte que le terme $(F^* T_Q^{-1} F)^{-1}$ peut s'écrire :

$$(F^* T_Q^{-1} F)^{-1} = \sigma^2 [(F^* T_F)^{-1} + (F^* T_F)^{-1} F^* T_F^{-1} S X^{-1} \hat{S}^T F (F^* T_F)^{-1}] \quad (8)$$

avec

$$10 \quad X = \sigma^2 I_{M2} - \hat{S}^T [F(F^* T_F)^{-1} F^* T_F^{-1} I_{M1}] \hat{S} \quad (9)$$

où les indices de I indiquent la taille de la matrice.

Les formules (8) et (9) font intervenir des facteurs qui peuvent être calculés une fois pour toutes, pour une répartition donnée des sources et des capteurs, 15 puis mémorisés. Il s'agit de :

$$\begin{aligned} & (F^* T_F)^{-1} \\ & (F^* T_F)^{-1} F^* T_F \\ & F(F^* T_F^{-1}) F^* T_F^{-1} I \end{aligned}$$

Cette variante est particulièrement intéressante lorsque M1 est élevé, car les matrices à inverser 20 sont de dimension (M2, M2) au lieu de (M1, M1) dans le cas précédent. Elle peut être mise en oeuvre en utilisant des filtres ayant la constitution montrée en figure 7, où les bloc 40, 42, 50, 52 et 54 peuvent être les mêmes 25 que sur la figure 6. L'entrée \hat{S} est constituée par une matrice dont les colonnes sont les vecteurs $\hat{S}_1, \dots,$

\hat{S}_{M2} . Les matrices fixes F_1 , F_2 et F_3 stockées dans des mémoires respectives 56, 58 et 60, sont :

$$F_1 = (F^T F)^{-1}$$

$$F_2 = (F^T F)^{-1} F^T$$

$$F_3 = F(F^T F^{-1}) F^T - I$$

Le bloc 62, qui remplace le bloc 46, doit cette fois calculer, par multiplications et additions, le terme :

$$X = \sigma^2 I - \hat{S}^T F_3 \hat{S}$$

qui est inversé en 64.

Le bloc suivant 66 calcule $(F^T Q^{-1} F)^{-1} V$ par les produits et additions donnant :

$$\sigma^2 [F_1 + F_2 \hat{S} X^{-1} \hat{S}^T F_2^T]$$

à partir de F_1 et F_2 , valeurs mémorisées une fois pour toutes, \hat{S} (provenant de l'entrée) et X^{-1} fourni par l'inverseur 64.

Dans le cas où il y a une seule source utile, c'est-à-dire où $r = 1$, la quantité $(F^T Q^{-1} F)$ est un nombre réel : elle peut donc être inversée directement, sans qu'il soit nécessaire de recourir à la relation (8).

Circuit de reconstruction

Le circuit de reconstruction 18 comporte K entrées, constituées par les K signaux $y_k(n)$ de sortie des filtres 16 (avec $0 \leq k < K-1$). A partir de ces signaux, qui apparaissent à la cadence F_e/N , le circuit 18 doit restituer sur sa sortie 20 un signal unique y_t constitué d'échantillons à cadence F_e .

Pour cela, le circuit 18 est prévu pour effectuer la transformation de Fourier inverse fournit la valeur estimée $\hat{y}(n, t)$ à partir des $y_k(n)$.

En posant $y_k(n) = y_{2K-k}(n)$ si $k \geq N$;

$$\left\{ \begin{array}{l} y(n,t) = \sum_{k=0}^{2K-1} y_k(n) e^{[+j \frac{2\pi k}{2K} \frac{(t-nN)}{Fe}]} \\ \text{pour } t = \frac{nN}{Fe}, \dots, t = \frac{nN}{Fe} + 2K-1 ; \end{array} \right.$$

$\left\{ \begin{array}{l} \text{et } y(n,t) = 0 \\ \text{pour les autres valeurs de } t ; \end{array} \right.$

5 la sortie y_t s'obtient en additionnant tous les termes $y(n,t)$ non nuls.

Il existe déjà des circuits câblés ou programmés pour fournir la transformée de Fourier inverse d'une fonction représentée par des signaux échantillonnés, de 10 sorte qu'il n'est pas nécessaire de décrire une constitution du circuit de reconstruction 18, du fait qu'il ne comporte qu'un additionneur en plus des circuits de transformée de Fourier inverse.

La Figure 1 montre le dispositif regroupé en 15 un seul ensemble. Mais cette constitution n'est pas indispensable. En particulier, les signaux de sortie des K voies fréquentielles peuvent être multiplexés et transmis sur un support câblé ou hertzien approprié jusqu'à un emplacement de réception. Le circuit de 20 reconstruction 18 est alors placé à l'emplacement de réception et précédé d'un démultiplexeur lui fourni- nissant, successivement ou en parallèle, les valeurs $y_k(n)$.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de saisie de signaux sonores fournis par des sources utiles fixes, en présence de signaux sonores de brouillage provenant d'au moins un brouilleur ayant une position et/ou une nature connues, comprenant plusieurs capteurs fixes de sources utiles et au moins un capteur d'émission du brouilleur, constituant chacun l'organe d'entrée d'une voie d'acquisition parmi plusieurs voies fournissant chacune les k coefficients de la transformée de Fourier à court terme pour K bandes de fréquence particulières adjacentes, les bandes étant les mêmes pour toutes les voies d'acquisition (10) ; et des moyens pour reconstituer les signaux sonores à partir des sorties des diverses voies, caractérisé en ce que les moyens de reconstitution comprennent un multiplexeur (12) recevant les sorties des différentes voies d'acquisition et les répartissant sur K voies fréquentielles ayant chacune un bloc d'identification (14) et un filtre (16), le bloc d'identification de chaque voie fréquentielle d'ordre k (avec $0 \leq k \leq K-1$) étant alimenté par les contributions de toutes les voies d'acquisition (10) à la fréquence k et aussi par la contribution du capteur ou des capteurs de signaux de brouilleur dans au moins une voie fréquentielle décalée de k et permettant de déterminer les caractéristiques du brouilleur ou des brouilleurs et de donner au filtre (16) de la voie fréquentielle d'ordre k les caractéristiques nécessaires à l'élimination de la contribution du brouilleur ou des brouilleurs dans la voie d'ordre k .

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que le multiplexeur appliqué à chaque bloc d'identification (14) :

- les composantes de Fourier à court terme, dans la tranche temporelle d'ordre n , du signal reçu par tous

les M1 capteurs de sources utiles ;

- les composantes de Fourier à court terme, dans la tranche temporelle d'ordre n , du signal reçu par tous les capteurs de brouilleurs, à la fréquence k et à au moins la fréquence voisine et décalée de k .

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que chacun desdits blocs d'identification (14) est connecté de façon à recevoir les composantes de Fourier du signal reçu par tous les capteurs de brouilleurs pour $2L$ fréquences autour de k , L étant compris entre 5 et 10.

4. Dispositif selon la revendication 1, 2 ou 3, caractérisé en ce que chacun desdits blocs d'identification (14) est constitué de façon à identifier M1.M2 fonctions de transfert entre chacun des signaux des capteurs de brouilleurs, pris comme entrée, et chacun des signaux des capteurs de sources utiles, pris comme sortie.

5. Dispositif selon la revendication 2, 3 ou 4,
caractérisé en ce que le bloc d'identification pour la
voie k comporte :

- une voie directe de transmission des signaux (S_1, \dots, S_{M1}) fournis par les capteurs de sources utiles dans la voie k,

25 - M2 estimateurs (22) en parallèle destinés à fournir chacun les valeurs estimées (S_1, \dots, S_{M1}) de toutes les composantes de Fourier à court terme des signaux fournis par les brouilleurs et reçus par un des capteurs de signaux utiles.

30 6. Dispositif selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque filtre (16) est prévu pour fournir un signal unique constitué par la transformée de Fourier à court terme $y(n)$ d'un signal reconstitué dans chaque tranche temporelle :

$$y(n) = \sum_{i=1}^{M_1} w_i(n)^* s(n,i)$$

où

w_i désigne des coefficients fixes qui dépendent de la position des sources utiles et des valeurs s ,

5 * désigne la conjuguée complexe

$s^{(n,i)}$ désigne les signaux provenant des capteurs utiles pour la tranche temporelle d'ordre n .

10 7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que les moyens de reconstitution comprennent également un circuit de reconstitution (18) effectuant la transformée de Fourier inverse sur les signaux reçus des filtres et leur sommation.

1/3

FIG.1

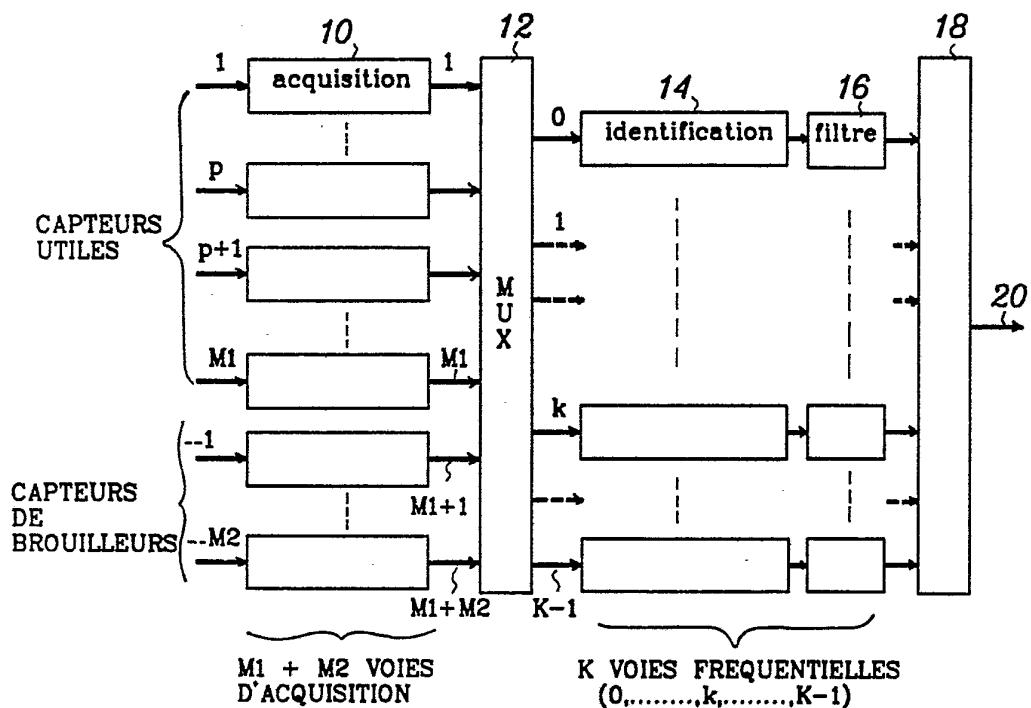
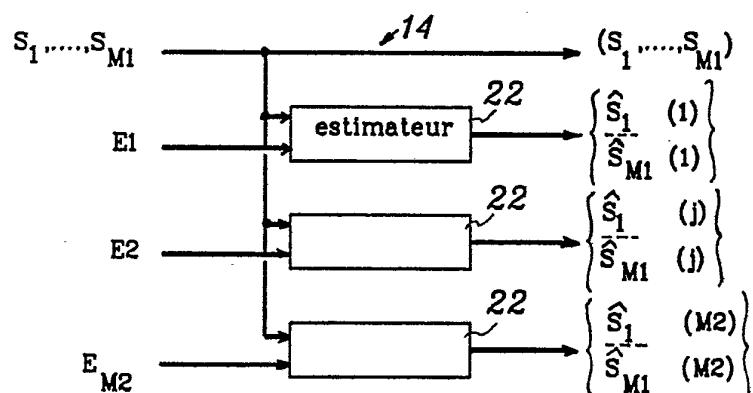


FIG.2



2635622

2/3

FIG.3

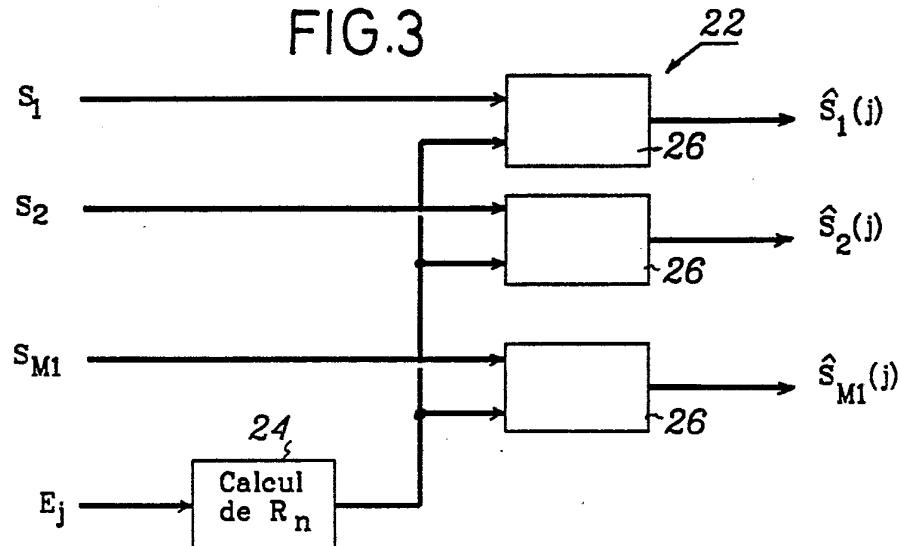


FIG.4

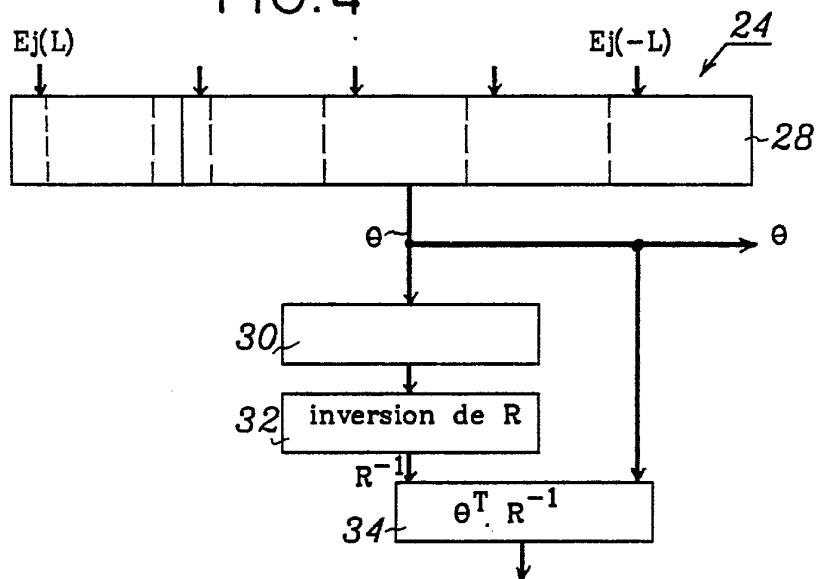
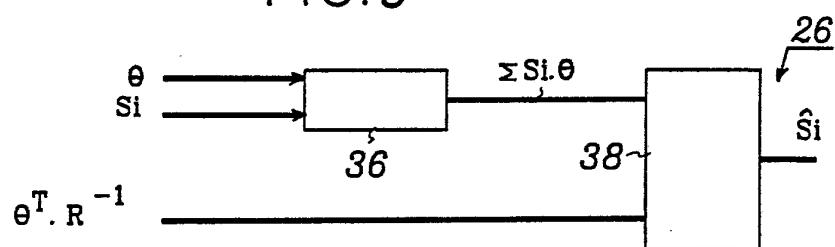


FIG.5



2635622

3/3

FIG. 6

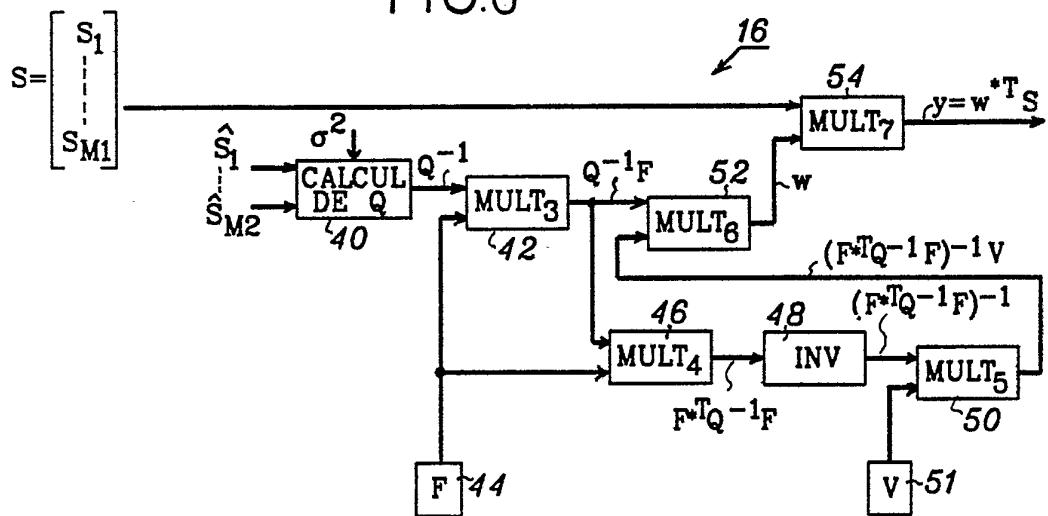


FIG.7

