(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 636 189**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **89 03869**

(51) Int Cl[5] : H 04 B 3/20, 15/00; H 04 R 3/00.

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt :** 23 mars 1989.

(30) **Priorité :** JP, 5 septembre 1988, n° 63-223028.

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** BOPI « Brevets » n° 10 du 9 mars 1990.

(60) **Références à d'autres documents nationaux apparentés :**

(71) **Demandeur(s) :** *Société dite : HITACHI PLANT ENGINEERING & CONSTRUCTION CO., LTD, MIURA Tanetoshi et HAMADA Hareo.* — JP.

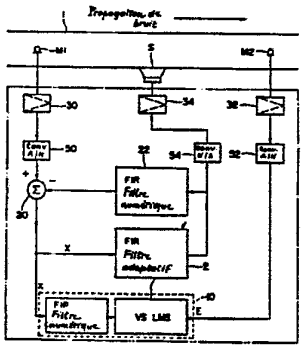
(72) **Inventeur(s) :** Minoru Takahashi ; Tanetoshi Miura ; Hareo Hamada ; Hideki Hyoudo ; Ryusuke Gotoda ; Yasushi Yoshimura ; Takashi Kuribayashi ; Akio Akasaka.

(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire(s) :** Cabinet Beau de Loménie.

(54) Système d'atténuation électronique de bruit.

(57) Dans le système d'atténuation électronique de bruit selon l'invention, qui atténue une onde sonore venant d'une source de bruit en créant une autre onde sonore en opposition de phase avec la première à l'aide d'un moyen transducteur électro-mécanique S disposé dans un passage de propagation 1 d'ondes sonores, un signal d'excitation du moyen transducteur électro-mécanique est créé 2 en fonction des signaux de sortie respectifs de moyens transducteurs mécanico-électriques M1, M2 respectivement disposés dans le passage de propagation en amont et en aval du moyen transducteur électro-mécanique. Ainsi, on crée le signal d'excitation en exécutant une opération sur le signal représentant la différence entre le signal de sortie du transducteur amont et le signal d'excitation sur la base d'une fonction de transfert donnée. La fonction de transfert est déterminée en fonction du signal de différence et du signal de sortie du transducteur aval.



FR 2 636 189 - A1

Vente des fascicules à l'IMPRIMERIE NATIONALE, 27, rue de la Convention — 75732 PARIS CEDEX 15

La présente invention concerne un système permettant d'atténuer le bruit électroniquement et, en particulier, un système d'atténuation électronique de bruit qui est en mesure d'atténuer le bruit non fixe se produisant dans des passages de propagation, par exemple des lignes de canalisations ou autres, grâce à l'application d'une commande adaptative utilisant un système de calculateur comportant un filtre numérique.

Dans la technique antérieure, on utilise largement, sur un plan pratique, des appareils d'atténuation passive de bruit qui atténuent le bruit se produisant à l'intérieur de canalisations au moyen des interférences dues à la structure des canalisations ou bien par absorption du bruit à l'aide d'un matériau poreux fixé à la canalisation. Toutefois, ce type d'appareil d'atténuation de bruit a pour inconvénient d'avoir une trop grande taille, d'entraîner une perte de pression trop importante, etc.

Inversement, il existe aussi des appareils d'atténuation active de bruit, qui ont été proposés depuis longtemps et qui font appel à un autre procédé pour réduire les sons non voulus à l'intérieur de la canalisation. Récemment, il a ainsi été porté un intérêt particulier à un système d'atténuation électronique de bruit, d'un tel type actif, dans lequel le bruit propagé par une source de bruit est détecté, un son d'annulation de même pression sonore que le bruit détecté et d'une phase opposée est créé en fonction du bruit de manière qu'il se produise des interférences d'ondes sonores entre le bruit et le son d'annulation, et le bruit peut ainsi être annulé par les interférences d'ondes sonores. Du fait des progrès rapides des dispositifs électroniques, des techniques de traitement de signaux, etc., on a récemment publié des résultats d'études de diverses sortes sur de semblables procédés et appareils d'atténuation électronique active de bruit.

Toutefois, il reste encore de nombreux problèmes à résoudre et ce procédé d'atténuation électronique de bruit n'est pas encore passé au stade des applications pratiques sérieuses.

Un problème technique qui se pose dans la mise en pratique d'un tel système d'atténuation électronique de bruit est celui de la construction d'un modèle qui puisse être utilisé comme base

de conception pour un système de commande du système d'atténuation électronique de bruit. Ce modèle doit être en mesure de satisfaire les points suivants. Tout d'abord, il est besoin d'un filtre qui puisse annuler le bruit de spectres continus. Ainsi, si l'on peut créer un son d'annulation par rapport au bruit de spectres continus tel qu'un bruit d'automobile, un bruit de déplacement d'air, etc., aussi bien que par rapport au bruit de spectres discrets, tel qu'un bruit de transformateur, un bruit de compresseur, etc., on pourra alors étendre plus loin les applications du système d'atténuation électronique de bruit. Pour réaliser cela, il faut un filtre qui soit en mesure de produire de manière arbitraire des caractéristiques d'amplitude et des caractéristiques de phase.

En deuxième lieu, il est nécessaire d'empêcher la réaction du son d'annulation vis-à-vis d'un microphone détecteur. Ainsi, dans le système d'atténuation électronique de bruit, on interpose le microphone détecteur entre une source de bruit et une source de sons d'annulation à l'intérieur d'un passage de propagation dans lequel des ondes sonores se propagent, et il est nécessaire de créer un signal électrique permettant d'exciter la source de sons d'annulation qui crée des ondes sonores afin d'annuler les ondes sonores propagées depuis la source de bruit, en fonction des sons détectés par le microphone détecteur et par certains moyens de création de signaux appropriés. Dans ce cas, les ondes sonores créées par la source de son d'annulation sont également captées par le microphone détecteur et, de ce fait, il se produit un système de réaction acoustique entre la source de son d'annulation et le microphone détecteur. Pour cette raison, il est essentiel de trouver une contre-mesure permettant de faire face à cette situation. En particulier, pour que le système d'atténuation électronique de bruit soit rendu compact et pour permettre de le monter en une position arbitraire d'une tuyauterie de transport, telle qu'une ligne de canalisation, il faut que le microphone détecteur et la source de son d'annulation soient placés au voisinage l'un de l'autre. Ainsi, la réaction acoustique ci-dessus mentionnée exerce une grande influence sur le système

d'atténuation électronique de bruit si bien que la contre-mesure destinée à faire face à ce problème est très importante.

En troisième lieu, il est nécessaire d'offrir la possibilité de corriger les caractéristiques des transducteurs électro-acoustiques tels que microphones, haut-parleurs, etc., utilisés dans le système d'atténuation électronique de bruit. Ainsi, pour stabiliser la fonction de commande du système d'atténuation électronique de bruit, il est essentiel que le dispositif de commande du système d'atténuation électronique de bruit soit doté d'une fonction permettant de corriger les faibles quantités de détérioration des caractéristiques des transducteurs électro-acoustiques. Ceci constitue un autre problème à résoudre.

Eu égard à ce qui vient d'être exposé, la demanderesse a déjà découvert et proposé des modèles pour un système d'atténuation électronique de bruit qui peut faire face aux problèmes ci-dessus mentionnés (demandes de brevet japonais n° 60-139293, 60-139294, 61-7115, 62-148254).

Avec le système d'atténuation électronique de bruit proposé par la demanderesse, le troisième problème ci-dessus indiqué peut être résolu de manière appropriée. Ainsi, grâce à une commande appropriée des caractéristiques d'un filtre numérique servant à créer le signal électrique à fournir à une source de sons d'annulation, le système peut faire face aux variations des caractéristiques de propagation d'un passage de propagation d'ondes sonores (par exemple une canalisation) ainsi qu'aux variations des caractéristiques du dispositif de commande (qui comporte un haut-parleur comme source de sons d'annulation, un microphone comme détecteur, etc.).

Sur la figure 1, est représentée la structure de base d'un système d'atténuation électronique adaptatif de bruit du type à source sonore monopolaire comportant deux microphones détecteurs M1 et M2.

Dans cette structure, le signal de sortie du microphone détecteur M2, qui est placé du côté amont de la figure, est utilisé comme signal d'erreur. Le principe de fonctionnement de la structure consiste à remettre à jour la fonction de transfert d'un

filtre numérique 2 à partir du signal d'entrée X du filtre numérique 2 et du signal de sortie E du microphone détecteur M2 de façon que l'énergie du signal de sortie E puisse avoir une valeur minimale pour une norme d'évaluation ou une autre.

Alors, si l'on modélise un système réel d'atténuation électronique de bruit selon la figure 1, on peut obtenir le modèle représenté sur la figure 2. Le modèle de la figure 2 est construit sur la base de l'hypothèse selon laquelle l'onde sonore devant être renvoyée d'un haut-parleur S émettant des sons d'annulation (qui constitue une source de sons additionnels) au microphone détecteur M1 est annulée électriquement en un point d'addition 20, si bien qu'il n'est appliqué aucun signal d'entrée au filtre numérique 2.

Le point présentement important est l'existence d'une fonction de transfert D ayant un retard temporel qui représente la caractéristique de transfert du haut-parleur, de la canalisation, etc., depuis la sortie du filtre numérique 2 jusqu'au point d'addition du signal d'erreur.

Ainsi, pour pouvoir appliquer un algorithme de commande adaptative bien connu tel que l'agorithme VS - LMS (méthode des moindres carrés moyens à pas variables) ou autre, il faut non seulement que le signal d'entrée X du filtre numérique adaptatif soit défini de manière claire, mais il est aussi nécessaire de rendre claire la connexion de la sortie Y du filtre numérique avec le signal d'erreur E. Dans le cas d'un système dans lequel, après que le signal de sortie du filtre numérique 2 a été déterminé, on peut observer le signal d'erreur E à un instant, ou bien d'un système dans lequel le signal d'erreur E a déjà été fixé, au plus tard au moment de la remise à jour du coefficient suivant du filtre numérique, il ne se produit fondamentalement aucun problème si bien que l'algorithme connu peut être appliqué. Un filtre annulateur d'écho constitue un bon exemple de traitement d'un signal acoustique et, dans ce filtre, le signal de sortie Y du filtre se réfléchi, en tant que tel, dans le signal d'erreur E. Au contraire, dans le système d'atténuation électronique de bruit représenté sur la figure 1, la sortie du filtre n'est pas

connectée, en tant que telle, avec le signal d'erreur E, et on ne peut obtenir le signal d'erreur E que par l'intermédiaire de la caractéristique de conversion électro-acoustique du haut-parleur, de la caractéristique de transfert du haut-parleur au microphone, du processus de superposition (interférence) des signaux acoustiques dans l'espace, et de la caractéristique de conversion acoustico-électrique du microphone. Ainsi, si l'on ne prend pas en considération la fonction de transfert ci-dessus indiquée, on ne peut alors pas obtenir du tout d'effet d'annulation du son.

De plus, dans la demande n° 62-148254 ci-dessus citée, comme représenté sur la figure 8, les limitations apportées à la réaction acoustique ne sont effectives que lorsque la fonction de transfert du haut-parleur S au microphone M1 est pratiquement égale à celle du haut-parleur S au microphone M2. La plupart des équipements de canalisations linéaires peuvent satisfaire cette condition.

Toutefois, lorsqu'on construit un dispositif d'annulation de son en montant un haut-parleur sur la partie courbe d'une canalisation, la structure ci-dessus mentionnée n'est plus en mesure de jouer son rôle jusqu'au bout. Pour cette raison, la présente invention a été proposée. Puisque la limitation de la réaction acoustique s'effectue grâce à l'identification de la fonction de transfert d'un système à réaction, l'invention peut être appliquée à toute canalisation, quelle que soit sa forme. De plus, l'invention peut également être appliquée à un système d'annulation actif de son opérant dans un champ sonore tridimensionnel (à l'extérieur ou à l'intérieur). L'invention vise à éliminer les inconvénients rencontrés dans les systèmes ci-dessus mentionnés de la technique antérieure.

Par conséquent, un but de l'invention est de fournir un système d'atténuation électronique de bruit qui est en mesure d'effectuer une commande adaptative en relation avec la fonction de transfert d'un système de transmission, d'une source sonore d'annulation à un microphone d'évaluation, et qui est également en mesure de limiter la réaction acoustique pour une forme arbitraire de canalisation.

Pour réaliser le but ci-dessus indiqué, selon l'invention, il est proposé un système d'atténuation électronique de bruit qui réalise l'atténuation d'une onde sonore propagée par une source de bruit dans un passage de propagation d'une onde sonore en créant une autre onde sonore ayant la même pression sonore que l'onde sonore propagée et un dépassage de 180° par rapport à celle-ci de manière à produire une interférence d'ondes sonores entre les deux ondes sonores en une position donnée dudit passage de propagation, ledit système comprenant : un premier moyen transducteur mécanico-électrique disposé en une position plus rapprochée de la source sonore par rapport à la position donnée ci-dessus mentionnée dans le passage de propagation et servant à détecter l'onde sonore propagée à partir de la source de bruit et à la convertir en un signal électrique ; un moyen transducteur électro-mécanique s'interposant entre la position du premier moyen transducteur mécanico-électrique et la position donnée du passage de propagation et servant à produire une onde sonore destinée à annuler l'onde sonore propagée depuis la source de bruit au niveau de la position donnée ; un deuxième moyen transducteur mécanico-électrique s'interposant entre la position du moyen transducteur électro-mécanique et la position donnée ou bien placé à la position donnée et servant à détecter les ondes sonores propagées depuis le moyen transducteur électro-mécanique ainsi que depuis la source de bruit et à les convertir en signaux électriques ; un moyen d'actionnement servant à recevoir le signal de sortie du premier moyen transducteur mécanico-électrique et un signal d'excitation à fournir au moyen transducteur électro-mécanique et servant à déterminer la différence existant entre eux ; un moyen générateur de signal d'excitation destiné à recevoir le signal de sortie du moyen d'actionnement afin de produire, sur la base d'une fonction de transfert donnée, le signal d'excitation à fournir au moyen transducteur électro-mécanique de façon que la quantité d'annulation de bruit du système d'atténuation électronique de bruit puisse être rendue maximale ; et un moyen de commande servant à déterminer la fonction de transfert qui doit être fournie au moyen générateur de signal d'excitation, à fixer dans le moyen

générateur de signal d'excitation un paramètre de commande afin de spécifier la fonction de transfert, et à corriger le paramètre de commande en fonction des variations des caractéristiques de propagation du passage de propagation ainsi que des variations des caractéristiques du dispositif de commande du système d'atténuation électronique de bruit, caractérisé en ce que le moyen de commande délivre un pseudosignal au moyen transducteur électro-mécanique afin de produire une onde sonore dans le passage de propagation d'ondes sonores, spécifie en fonction du signal de sortie du deuxième moyen transducteur mécanico-électrique une fonction de transfert ayant un retard temporel représentant les caractéristiques de transfert d'un système de transfert qui comporte un passage de propagation d'ondes sonores allant de la borne de sortie du moyen générateur d'excitation au deuxième moyen transducteur mécanico-électrique et un trajet de transmission de signal électrique de façon que le signal de sortie du deuxième moyen transducteur mécanico-électrique puisse être minimisé, et détermine la fonction de transfert devant être fournie au moyen générateur de signal d'excitation en fonction d'un algorithme adaptatif donné eu égard à la fonction de transfert spécifiée ayant un retard temporel.

Dans le système d'atténuation électronique de bruit selon l'invention, une onde sonore basée sur un signal artificiel est créée dans un passage de propagation d'ondes sonores à partir d'un moyen transducteur électro-mécanique qui fait fonction de source d'un son additionnel et, pour cette onde sonore, une fonction de transfert ayant un retard temporel représentant la caractéristique de transfert d'un système de transfert, qui comporte un passage de propagation d'ondes sonores allant de la borne de sortie du moyen générateur de signal d'excitation au deuxième moyen transducteur mécanico-électrique et un trajet de transmission de signal électrique, est spécifiée par le moyen de commande de façon que le signal de sortie (signal d'erreur) du deuxième moyen transducteur mécanico-électrique servant à l'évaluation des effets d'annulation du son puisse être minimisé.

En outre, le moyen de commande est en mesure de déterminer la fonction de transfert devant être fournie au générateur de signal d'excitation ci-dessus mentionné en fonction d'un algorithme adaptatif donné eu égard à la fonction de transfert ayant un retard temporel qui est spécifiée de la manière ci-dessus indiquée.

Grâce à la structure ci-dessus présentée, il est possible de réaliser un système d'atténuation électronique de bruit qui possède un effet élevé d'annulation de bruit.

La description suivante, conçue à titre d'illustration de l'invention, vise à donner une meilleure compréhension de ses caractéristiques et avantages ; elle s'appuie sur les dessins annexés, parmi lesquels :

la figure 1 est une vue permettant de montrer le principe de la structure de base d'un système d'atténuation électronique de bruit selon l'invention ;

la figure 2 est une vue explicative d'une version modélisée du système d'atténuation électronique de bruit représenté sur la figure 1 ;

la figure 3 est une vue explicative d'un mode de réalisation d'un modèle du système d'atténuation électronique de bruit comportant un dispositif de commande relatif à une fonction de transfert D ayant un retard temporel ;

la figure 4 est un schéma de principe d'un mode de réalisation de la structure du système d'atténuation électronique de bruit auquel le modèle de la figure 3 est appliqué ;

la figure 5 est une vue explicative montrant le schéma de principe d'un mode de réalisation de la partie de commande du système d'atténuation électronique de bruit de la figure 1 ;

les figures 6 et 7 sont des vues explicatives montrant des variantes de la partie de commande du système d'atténuation électronique de bruit de la figure 1 ; et

la figure 8 est une vue de la structure d'un système d'atténuation électronique de bruit selon la technique antérieure.

Sur la figure 1, est représentée la structure de base d'un système d'atténuation électronique de bruit selon l'invention.

Alors qu'on a déjà présenté les figures 1 et 2 de manière simple pour la commodité de la description de la technique antérieure, on va maintenant décrire celles-ci de manière plus détaillée, car la discussion précédente était insuffisante pour permettre la compréhension de l'invention.

Comme on peut le voir sur la figure 1, dans un passage de propagation 1 pour ondes sonores, deux microphones détecteurs M1 et M2, qui sont respectivement utilisés pour détecter les ondes sonores propagées par une source de bruit, sont disposés respectivement en amont et en aval d'un haut-parleur S faisant fonction de source de sons additionnels, le haut-parleur S constituant la position de référence. En un point d'addition 20, sont appliqués le signal de sortie du microphone détecteur M1 et le signal de sortie d'un filtre numérique 22 servant à limiter la réaction acoustique, de sorte que le signal de sortie du filtre numérique 22 est ajouté au signal de sortie du microphone détecteur M1 alors que l'un et l'autre sont en opposition de phase.

De plus, le signal de sortie venant du point d'addition 20 est appliqué à un filtre numérique adaptatif 2 et à une partie de commande 10. A la partie de commande 10, est appliqué le signal de sortie du microphone détecteur M2, au titre de signal d'erreur E.

Dans la structure ci-dessus indiquée, les ondes sonores propagées depuis la source de bruit sont détectées par les microphones détecteurs M1 et M2, et le signal de sortie du microphone détecteur M2 est appliqué à la partie de commande 10 au titre du signal d'erreur E.

Au point d'addition 20, les signaux de sortie du microphone détecteur M1 et du filtre numérique 22 de limitation de réaction acoustique sont ajoutés l'un à l'autre en opposition de phase mutuelle, et le signal de sortie résultant de l'addition est appliqué au filtre numérique 2 et à la partie de commande 10.

La partie de commande 10 effectue une addition des signaux telle que le signal d'erreur E puisse avoir une valeur minimale. En d'autres termes, la partie de commande 10 est un dispositif du type adaptatif qui, selon le signal d'entrée X du

filtre numérique et le signal d'erreur E, détermine la fonction de transfert à appliquer au filtre numérique 2 et il fournit également au filtre numérique 2 un coefficient de filtrage qui constitue un paramètre de commande permettant de spécifier la fonction de transfert ainsi déterminée. Dans le filtre numérique 2, le signal d'entrée X est traité, c'est-à-dire converti en un signal possédant une caractéristique d'amplitude de phase donnée en fonction du coefficient de filtrage qu'il a reçu. Le signal de sortie du filtre numérique 2 est converti de la forme numérique à la forme analogique, puis est appliqué au haut-parleur S, c'est-à-dire à la source de sons additionnels, ou sons d'annulation, laquelle source est conçue pour produire des ondes sonores d'annulation destinées à annuler les ondes propagées par la source de bruit au niveau de la position du microphone détecteur M2. De cette manière, les ondes sonores propagées depuis la source de bruit peuvent être annulées au niveau de la position du microphone détecteur M2.

Les ondes sonores d'annulation ci-dessus indiquées venant du haut-parleur S peuvent être détectées par le microphone détecteur M1 et les composantes détectées par le microphone détecteur M1, à savoir les ondes sonores d'annulation détectées, peuvent être annulées par l'addition du signal de sortie du filtre numérique 22, lequel représente la caractéristique de transfert du filtre numérique d'annulation de sons 2 au point d'addition 20 avec inversion de phase, au signal de sortie du microphone détecteur M1 au niveau du point d'addition 20, de sorte que la réaction acoustique du haut-parleur S vers le microphone détecteur M1 puisse être limitée. Ainsi, le filtre numérique 22 fait fonction de filtre numérique de limitation de la réaction acoustique.

Comme on peut le voir sur la figure 2, qui représente une version modélisée du système d'atténuation électronique de bruit représenté sur la figure 1, le symbole de référence G désigne la fonction de transfert représentant la caractéristique de propagation des ondes sonores à l'intérieur du passage de propagation 1 entre les microphones détecteurs M1 et M2 et la caractéristique de conversion des microphones détecteurs M1 et M2. Comme indiqué précédemment, le symbole de référence D désigne la

fonction de transfert représentant la caractéristique de transfert qui contient la caractéristique de propagation d'ondes sonores des passages de propagation existant depuis la borne de sortie du filtre numérique 2 jusqu'au point d'addition du signal d'erreur, à savoir les passages allant de la borne de sortie du filtre numérique 2 au haut-parleur S et du haut-parleur S au microphone M2, ainsi que la caractéristique de conversion des transducteurs électro-acoustiques eux-mêmes, à savoir le haut-parleur S et le microphone détecteur M2.

Ensuite, sur la figure 3, est représenté le modèle obtenu par la réalisation d'un système d'atténuation électronique de bruit comportant un dispositif de commande tenant compte de la fonction de transfert D ci-dessus mentionnée. Dans ce modèle, l'algorithme VS-LMS, c'est-à-dire l'algorithme de la méthode des moindres carrés moyens à pas variables, est employé dans la partie de commande 10 comme algorithme de commande adaptatif, et la multiplication du signal de sortie X, existant au point d'addition 20, par la fonction de transfert D est considéré comme étant le signal d'entrée du filtre numérique 2, si bien que, ainsi, le coefficient du filtre numérique 2 peut être remis à jour. Par conséquent, en remplaçant le signal d'entrée X par X.D comme signal d'entrée appliqué à l'opération effectuée selon l'algorithme VS-LMS, on peut effectuer la remise à jour du coefficient du filtre en fonction de l'algorithme VS-LMS.

Comme discuté ultérieurement, on peut obtenir la fonction de transfert D à l'aide de la partie de commande 10 avant le fonctionnement du système, si bien qu'on détermine un coefficient de filtre qui spécifie la fonction de transfert D. Lorsque le système est en fonctionnement, le coefficient de filtre est fixé et le filtre numérique 2 est commandé de manière adaptative en fonction de l'algorithme VS-LMS.

On se reporte maintenant à la figure 4, qui représente la structure concrète d'un système d'atténuation électronique de bruit auquel le modèle représenté sur la figure 3 est appliqué. Sur la figure 4, à l'intérieur du passage de propagation 1, les microphones détecteurs M1 et M2 sont disposés de manière telle

qu'ils se trouvent de part et d'autre du haut-parleur S, à savoir la source du son d'annulation.

Des numéros 30 et 32 désignent respectivement des amplificateurs destinés à amplifier les signaux de sortie des microphones M1 et M2, et le numéro 34 désigne un amplificateur de puissance qui amplifie jusqu'à un niveau donné le signal d'excitation devant être fourni au haut-parleur S.

De plus, les numéros 50 et 52 désignent respectivement des convertisseurs analogique-numérique, le numéro 54 un convertisseur numérique-analogique, et le numéro 1000 la partie de commande.

La partie de commande 1000 comprend un processeur de commande 100 qui commande de façon générale l'ensemble du système, des processeurs 102 et 104 de signaux numériques qui servent respectivement de générateurs de bruit en vue de la mesure d'un filtre numérique adaptatif qui sera discuté ci-après, d'un filtre numérique du type à coefficient fixe et de la fonction de transfert D ci-dessus mentionnée, et des adaptateurs d'interface série-parallèle 106 et 108 servant à convertir un signal série en un signal parallèle ou un signal parallèle en un signal série, tous ces éléments étant connectés entre eux au moyen de lignes omnibus 200.

On va maintenant donner une description du fonctionnement du système d'atténuation électronique de bruit de la figure 1, en relation avec la figure 5. La figure 5 est un schéma de principe permettant d'expliquer le fonctionnement de la partie de commande 1000. Sur la figure 5, avant que le système ne soit mis en service, un commutateur 208 est commuté sur un point de contact a et un bruit pseudoaléatoire est fourni par un générateur de bruit 206 au convertisseur numérique-analogique 54.

D'autre part, le processeur de signaux numériques 104 sert à produire un filtre numérique adaptatif 210. Le filtre numérique adaptatif 210 identifie la fonction de transfert D du filtre numérique 202 en fonction d'un signal d'entrée (bruit pseudoaléatoire) délivré par le générateur de bruit 206 et du signal de sortie (signal d'erreur) du convertisseur analogique-

numérique 52 qui est le signal de sortie du microphone détecteur M2.

En outre, de la même manière, selon le signal d'entrée fourni par le générateur de bruit 206 et le signal de sortie du convertisseur analogique-numérique 50 qui est le signal de sortie du microphone détecteur M1, un filtre numérique adaptatif 410 identifie la fonction de transfert F du filtre numérique 22 pour limiter la réaction acoustique.

Ensuite, le commutateur 208 commute sur un point de contact b de manière à rendre le système d'atténuation électronique de bruit prêt à fonctionner. Alors, le coefficient de filtre représentant la fonction de transfert D identifié par le filtre numérique 210 est positionné dans le filtre numérique 202 et, de même, le coefficient de filtre représentant la fonction de transfert F identifié par le filtre numérique 410 est positionné dans le filtre numérique 22. Les filtres numériques 202 et 22 sont partagés, dans leurs fonctions, par le processeur de signaux numériques 102, tandis que le filtre numérique adaptatif 204 et le circuit 220 de réalisation d'algorithme de remise à jour de coefficient de filtre numérique adaptatif sont partagés, dans leurs fonctions, par le processeur de signaux numériques 104. Le filtre numérique adaptatif 204 correspond au filtre numérique 2 du modèle présenté sur la figure 3.

Alors, au point d'addition 20, sont appliqués des signaux électriques respectivement par l'intermédiaire du convertisseur analogique-numérique 50 et du filtre numérique 22 et, au point d'addition 20, le signal de sortie du convertisseur analogique-numérique 50 et la version inversée du signal de sortie du filtre numérique 22 sont ajoutés ensemble. De plus, dans le filtre numérique 202, le signal de sortie X du point d'addition 20 est multiplié par la fonction de transfert D qui est positionnée dans le filtre numérique 202.

Le circuit 220 de réalisation de l'algorithme de remise à jour du coefficient du filtre numérique adaptatif prend le signal de sortie du convertisseur analogique-numérique 52 comme signal d'erreur et, en fonction de ce signal et du signal de sortie X.D du

filtre numérique 202, remet à jour le coefficient de filtre du filtre numérique adaptatif 204. Le filtre numérique adaptatif 204 effectue une opération donnée sur le signal de sortie X du point d'addition 20 et, par l'intermédiaire du commutateur 208, délivre le signal résultant au convertisseur numérique-analogique 54 comme signal d'excitation du haut-parleur S afin d'annuler les ondes sonores propagées en provenance de la source de bruit au niveau de la position où le microphone détecteur M2 est placé. L'action du point d'addition 20 de la figure 5 est réalisée par le processeur de commande 100 et, en outre, le processeur de commande 100 émet et reçoit des signaux relativement au système d'atténuation de bruit et à d'autres systèmes (non représentés) auxquels le système d'atténuation électronique de bruit est appliqué, par exemple un système de conditionnement d'air ou autres. En outre, le processeur de commande 100 contrôle le fonctionnement du système d'atténuation électronique de bruit et, si quelque défaillance se produit dans le système, il entreprend les mesures propres à y faire face. De plus, le processeur de commande 100 est en mesure de contrôler le fonctionnement de marche-arrêt du filtre numérique d'annulation de bruit 204 lors de la remise à jour du coefficient de filtre, si bien que le fonctionnement du filtre numérique 204 peut être commandé de manière adaptative et, par conséquent, le filtre numérique 204 est en mesure de faire face à des situations instables.

Alors que, dans les filtres numériques adaptatifs 204, 210, 410 de la figure 2, on utilise l'algorithme VS-LMS, ceci n'est pas limitatif, et il est possible d'employer d'autres algorithmes adaptatifs tels que la méthode des moindres carrés moyens par blocs (BLMS) ou la méthode des moindres carrés moyens rapide (FLMS) ou une méthode analogue. De plus, dans le mode de réalisation ci-dessus mentionné, le point d'addition 20 est fixé en une position où une opération numérique peut être exécutée, mais ce point pourrait être placé, avec le filtre numérique 22, à l'extérieur du dispositif de commande, et l'addition pourra être exécutée au stade analogique des signaux.

En outre, dans la structure de système représentée sur la figure 4, on utilise deux processeurs de signaux numériques et un processeur de commande, mais on pourrait utiliser à leur place, pour exécuter leurs fonctions un microprocesseur ayant une fonction évoluée. De plus, il est possible de respectivement remplacer les processeurs de signaux numériques 102 et 104 par des dispositifs de multiplication-addition à grande vitesse.

On va maintenant décrire de manière plus détaillée l'application de l'invention à l'aide des expressions contenues dans le schéma de principe de la figure 5. Dans la suite de la description, les parties qui sont utilisées en commun avec la figure 5 recevront les mêmes désignations et ne feront pas l'objet d'une description supplémentaire.

Dans le cas où il faut annuler un bruit spécial, c'est-à-dire dans le cas où le moyen transducteur électro-mécanique servant à produire un son additionnel, ou d'annulation, est faiblement relié au premier moyen transducteur mécanico-électrique servant à détecter un signal propagé en provenance d'une source de bruit afin de le convertir en un signal électrique, il n'est pas nécessaire de prendre en considération le groupe de réaction acoustique. Par exemple, lorsqu'on utilise le premier moyen transducteur mécanico-électrique, par exemple un capteur de vibrations, ou un moyen analogue, pour détecter les composantes de vitesse de vibration d'une source de bruit qui n'est pas une pression sonore, ou bien, lorsque, dans la structure, le premier moyen transducteur mécanico-électrique est faiblement relié au moyen transducteur électro-mécanique servant à produire le son additionnel du fait que ces deux éléments sont disposés à distance l'un de l'autre, il est possible de réaliser sous une forme encore plus simplifiée les signaux d'entrée et d'erreur indiqués sur la figure 5. Dans le cas le plus simple, comme représenté sur la figure 6, il est possible d'utiliser directement le signal de détection de bruit comme signal d'entrée pour le filtre numérique adaptatif 204. Toutefois, même dans ce cas, du fait de la présence essentielle de la fonction de transfert ayant un retard temporel entre le moyen transducteur électro-mécanique servant à produire le son additionnel et le moyen

transducteur mécanico-électrique servant à détecter le signal d'erreur, il est nécessaire de fixer un système de filtre numérique adaptatif hautement applicable selon l'invention comme représenté sur la figure 1, qui produit un effet excellent d'annulation de bruit.

De plus, sur la figure 1, le filtre numérique 22 servant à limiter la réaction acoustique est formé par un filtre numérique du type à coefficient fixe, mais, toutefois, il est bien connu qu'on peut obtenir une plus large gamme d'applications dans le cas ou le filtre numérique 22 est constitué par un filtre numérique adaptatif.

Sur la figure 7, est représentée la structure concrète du filtre numérique adaptatif ci-dessus indiqué, dans lequel E désigne un signal d'erreur du filtre numérique et X son signal d'entrée. On peut utiliser le filtre numérique adaptatif en combinaison avec un filtre numérique 2 pour la commande de l'adaptateur et, ou bien, l'annulation du bruit, ou bien on peut l'utiliser indépendamment.

Comme on peut l'avoir compris en lisant la description précédente, l'invention ne s'applique pas seulement à un système d'atténuation électronique de bruit, mais peut également s'appliquer à tous les systèmes de commande adaptative comportant une fonction de transfert à retard temporel.

Comme indiqué ci-dessus, dans le système d'atténuation électronique de bruit selon l'invention, le moyen transducteur électro-mécanique faisant fonction de source de son additionnel crée, avant la mise en service du système, une onde sonore dans le passage de propagation des ondes sonores en fonction d'un pseudosignal, le moyen de commande, en réponse à l'onde sonore créée par le moyen transducteur électro-mécanique, spécifie une fonction de transfert à retard temporel représentant la caractéristique de propagation des passages de propagation d'ondes sonores existant de la borne de sortie du moyen générateur de signal d'excitation servant à créer un signal d'excitation destiné au moyen transducteur électro-mécanique jusqu'au deuxième moyen transducteur mécanico-électrique et la caractéristique de transfert des systèmes de transfert comportant les trajets de transfert de

signaux électriques de façon que le signal de sortie (signal d'erreur) du deuxième moyen transducteur mécanico-électrique servant à l'évaluation des effets d'annulation du bruit par l'onde sonore créée puisse avoir une valeur minimale, et le moyen de commande, en relation avec la fonction de transfert spécifiée à retard temporel, détermine la fonction de transfert devant être fournie au moyen générateur de signal d'excitation en fonction d'un algorithme adaptatif donné. Ainsi, selon l'invention, on peut réaliser un système d'atténuation électronique de bruit qui peut avoir un effet élevé d'annulation de bruit.

Bien entendu, l'hommme de l'art sera en mesure d'imaginer, à partir du système dont la description vient d'être donnée à titre simplement illustratif et nullement limitatif, diverses variantes et modifications ne sortant pas du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Système d'atténuation électronique de bruit permettant d'effectuer l'atténuation d'une onde sonore propagée depuis une source de bruit dans un passage de propagation (1) d'une onde sonore par la création d'une autre onde sonore ayant la même pression sonore que ladite onde sonore propagée et un déphasage de 180° par rapport à celle-ci afin de produire une interférence entre lesdites deux ondes sonores en une positon donnée dudit passage de propagation, ledit système étant caractérisé en ce qu'il comprend :

un premier moyen transducteur mécanico-électrique (M1) disposé en une position plus rapprochée de ladite source de bruit par rapport à ladite position donnée dudit passage de propagation et servant à détecter ladite onde sonore propagée depuis ladite source de bruit et à la convertir en un signal électrique ;

un moyen transducteur électro-mécanique (S) interposé entre la position dudit premier moyen transducteur mécanico-électrique et ladite position donnée dudit passage de propagation et servant à créer une onde sonore servant à annuler ladite onde sonore propagée depuis ladite source de bruit au niveau de ladite position donnée ;

un deuxième moyen transducteur mécanico-électrique (M2) interposé entre la position dudit moyen transducteur électro-mécanique et ladite position donnée, ou bien disposé au niveau de ladite position donnée, et servant à détecter lesdites ondes sonores propagées depuis ledit moyen transducteur électro-mécanique et depuis ladite source de bruit et à les convertir en signaux électriques ;

un moyen d'actionnement (20) destiné à recevoir le signal de sortie dudit premier moyen transducteur mécanico-électrique et un signal d'excitation devant être fourni audit moyen transducteur électro-mécanique, ou bien le signal de sortie d'un filtre numérique destiné à produire ledit signal d'excitation, et servant à déterminer la différence existant entre eux ;

un moyen générateur de signal d'excitation (2) destiné à recevoir le signal de sortie dudit moyen d'actionnement afin de

produire ledit signal d'excitation devant être fourni audit moyen transducteur électro-mécanique selon une fonction de tranfert donnée de manière que la quantité d'annulation de son du système d'atténuation électronique de bruit puisse être rendu maximale ; et

un moyen de commande (10) servant à déterminer une fonction de transfert devant être fournie audit moyen générateur de signal d'excitation en fonction du signal de sortie dudit moyen d'actionnement et du signal dudit deuxième moyen transducteur mécanico-électrique, servant à positionner dans ledit moyen générateur de signal d'excitation un paramètre de commande permettant de spécifier ladite fonction de transfert, et servant à corriger ledit paramètre de commande en fonction des variations des caractéristiques de propagation dudit passage de propagation aussi bien que des variations des caractéristiques du dispositif de commande dudit système d'atténuation électronique de bruit.

2. Système d'atténuation électronique de bruit selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit moyen de commande fournit un pseudosignal audit moyen transducteur électro-mécanique afin de produire une onde sonore dans ledit passage de propagation d'ondes sonores, spécifie, en fonction du signal de sortie dudit deuxième moyen transducteur mécanico-électrique, une fonction de transfert à retard temporel représentant les caractéristiques de propagation de passages de propagation existant depuis la borne de sortie dudit moyen générateur de signal d'excitation jusqu'audit deuxième moyen transducteur mécanico-électrique et les caractéristiques de transfert de systèmes de transfert comportant un trajet de transfert de signaux électriques de façon que ledit signal de sortie dudit deuxième moyen transducteur mécanico-électrique puisse avoir une valeur minimale, et, en considération de ladite fonction de transfert à retard temporel ainsi spécifiée, détermine une fonction de transfert devant être fournie audit moyen générateur de signal d'excitation en fonction d'un algorithme adaptatif donné.

FIG. 1

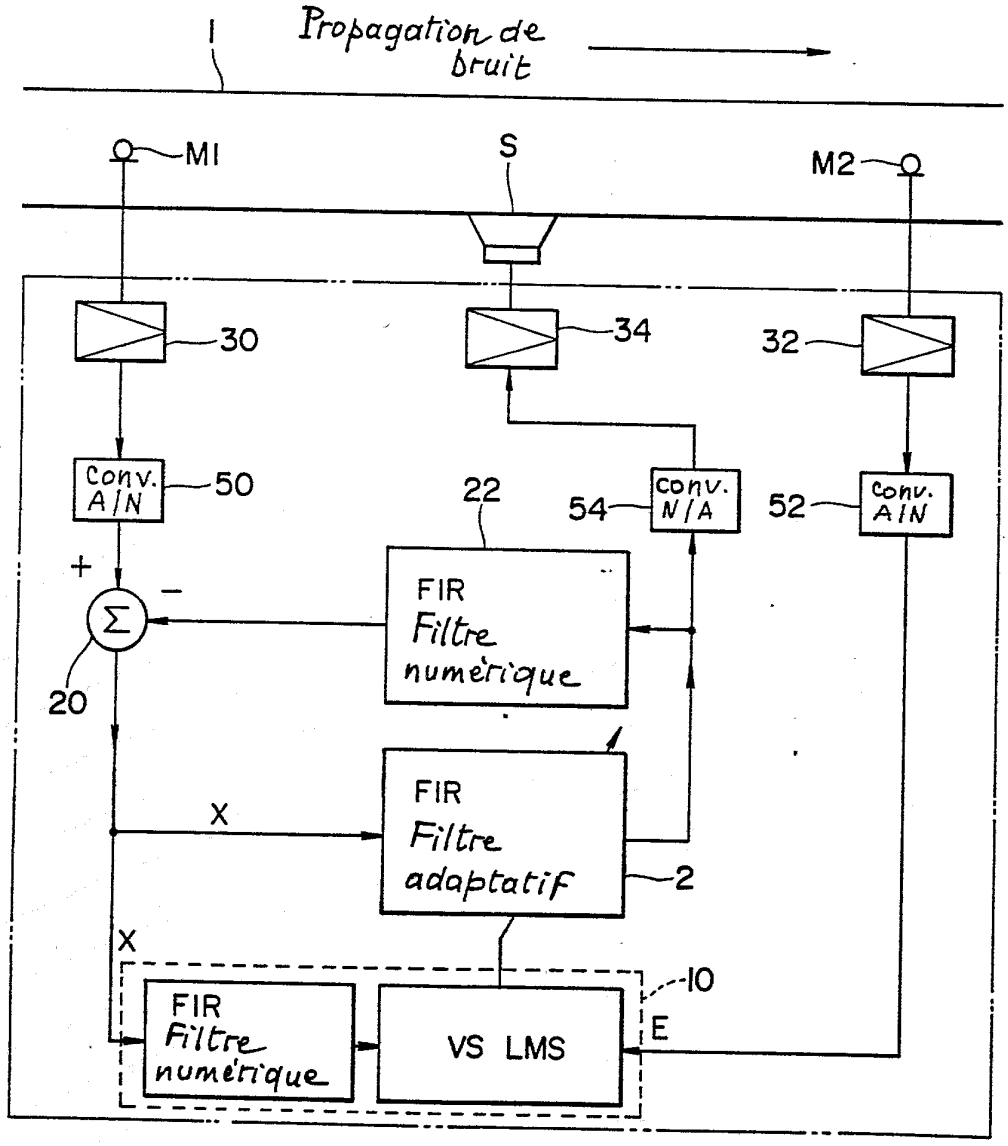

1
Propagation de bruit
M1
S
M2
30
34
32
Conv. A/N
50
22
54
conv. N/A
52
Conv. A/N
+
−
Σ
20
FIR Filtre numérique
X
FIR Filtre adaptatif
2
X
FIR Filtre numérique
VS LMS
10
E

FIG. 2

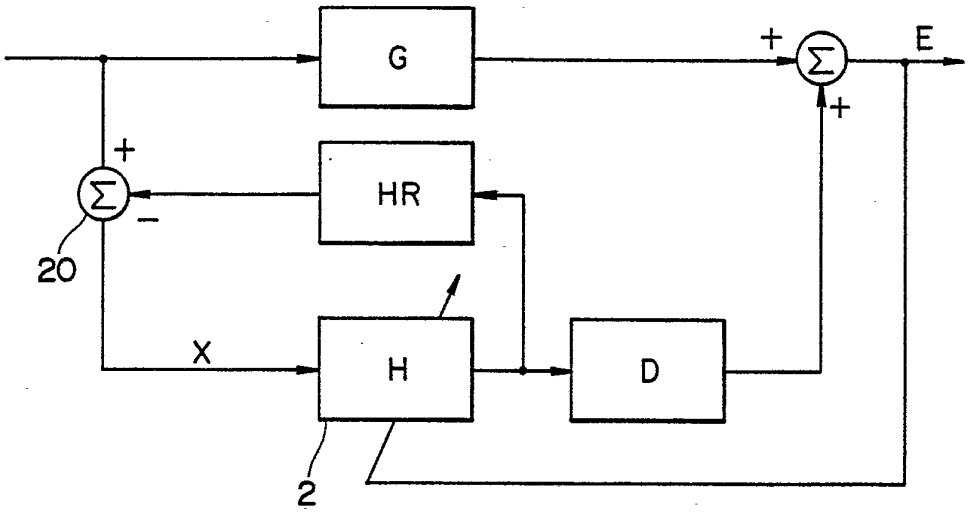


FIG. 3

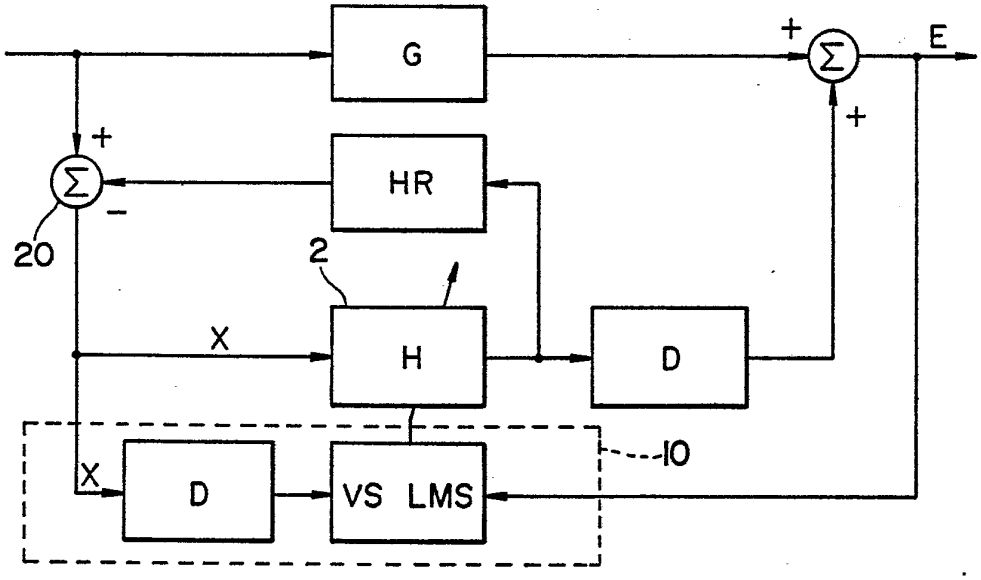


FIG. 4

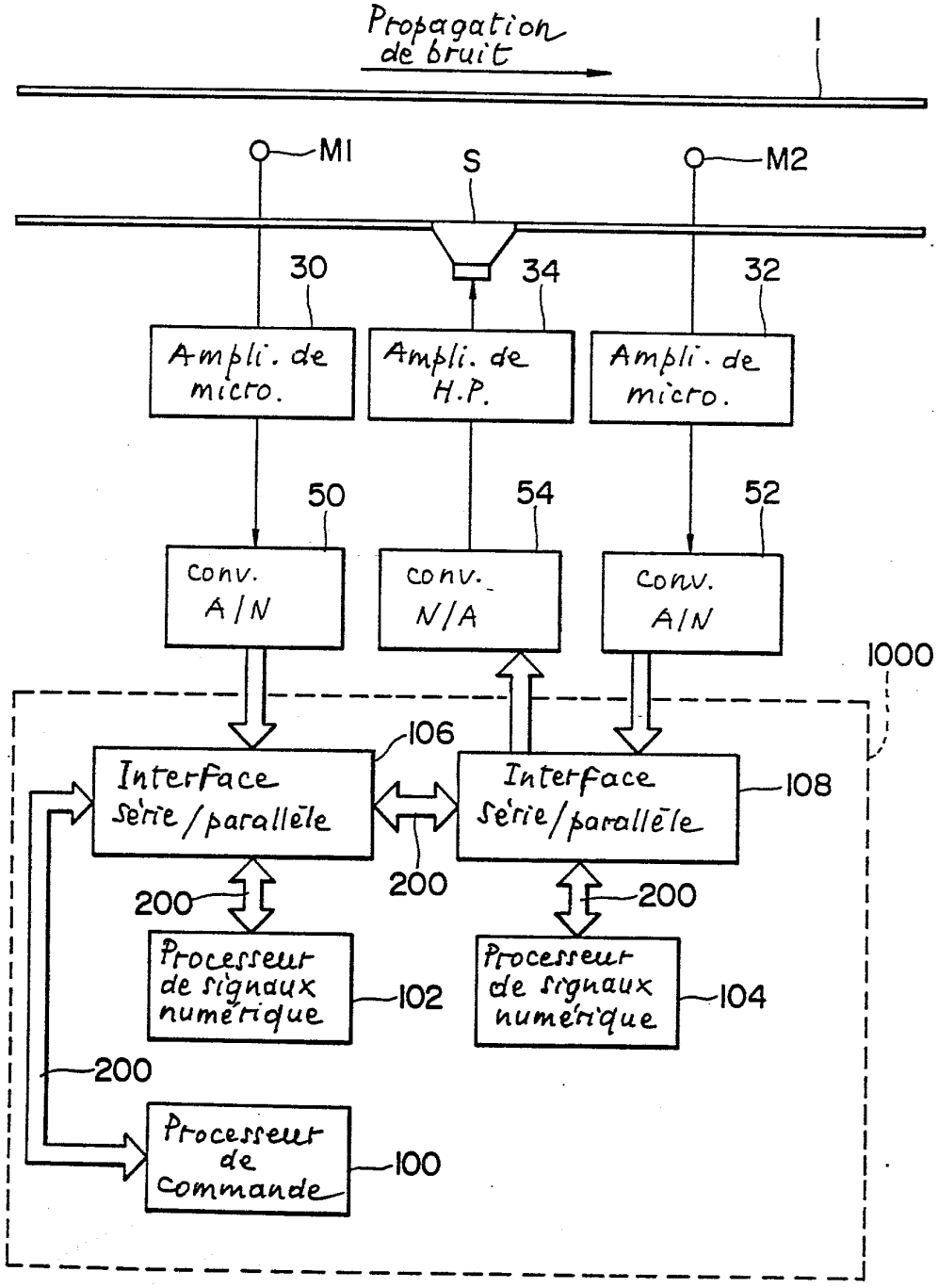

Propagation de bruit
1
M1
S
M2
30
34
32
Ampli. de micro.
Ampli. de H.P.
Ampli. de micro.
50
54
52
conv. A/N
conv. N/A
conv. A/N
1000
106
Interface série/parallèle
Interface série/parallèle
108
200
200
200
Processeur de signaux numérique
102
Processeur de signaux numérique
104
200
Processeur de commande
100

FIG. 5

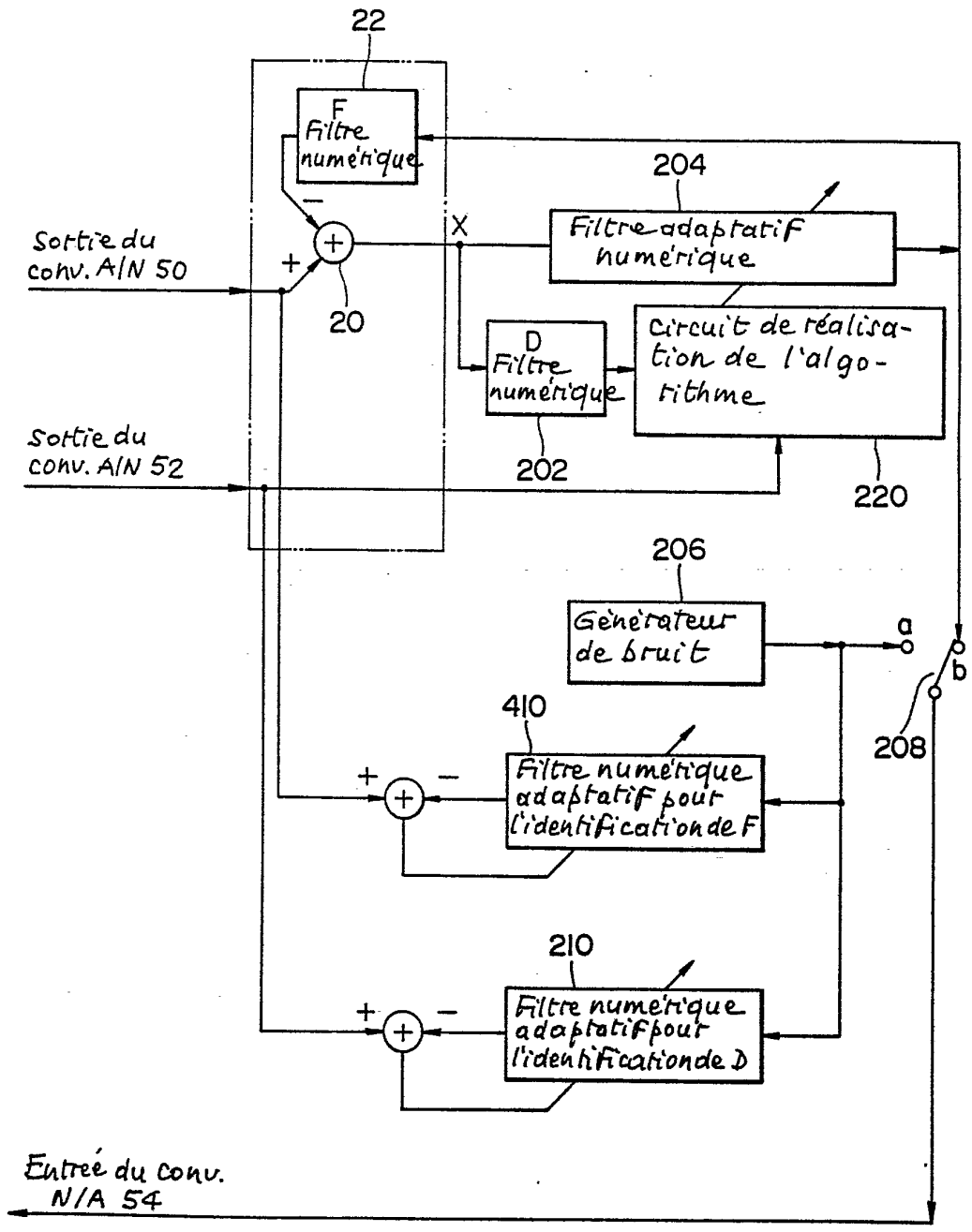

22
F
Filtre numérique
204
Filtre adaptatif numérique
Sortie du conv. A/N 50
X
+
−
20
D
Filtre numérique
202
Circuit de réalisation de l'algorithme
220
Sortie du conv. A/N 52
206
Générateur de bruit
a
b
208
410
Filtre numérique adaptatif pour l'identification de F
210
Filtre numérique adaptatif pour l'identification de D
Entrée du conv. N/A 54

FIG. 6

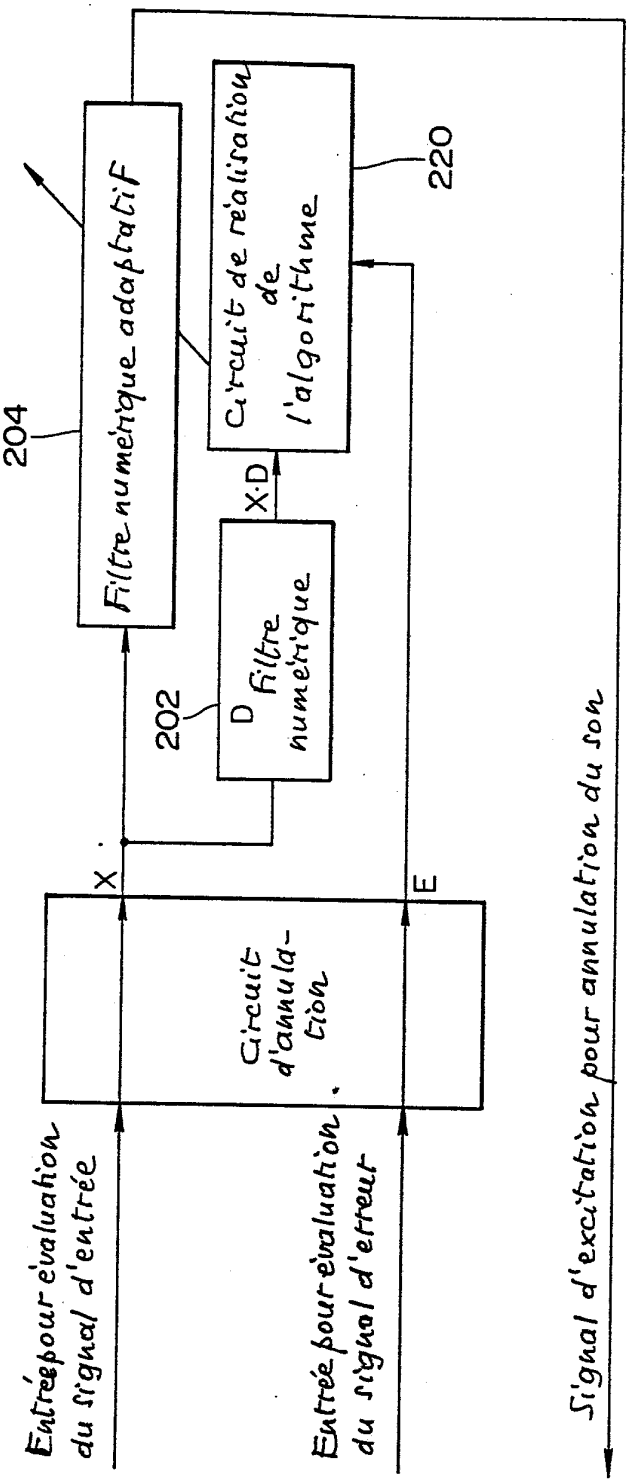

Entrée pour évaluation du signal d'entrée
Entrée pour évaluation du signal d'erreur
Signal d'excitation pour annulation du son
Circuit d'annulation
X
E
202
D
Filtre numérique
X·D
204
Filtre numérique adaptatif
Circuit de réalisation de l'algorithme
220

FIG. 7

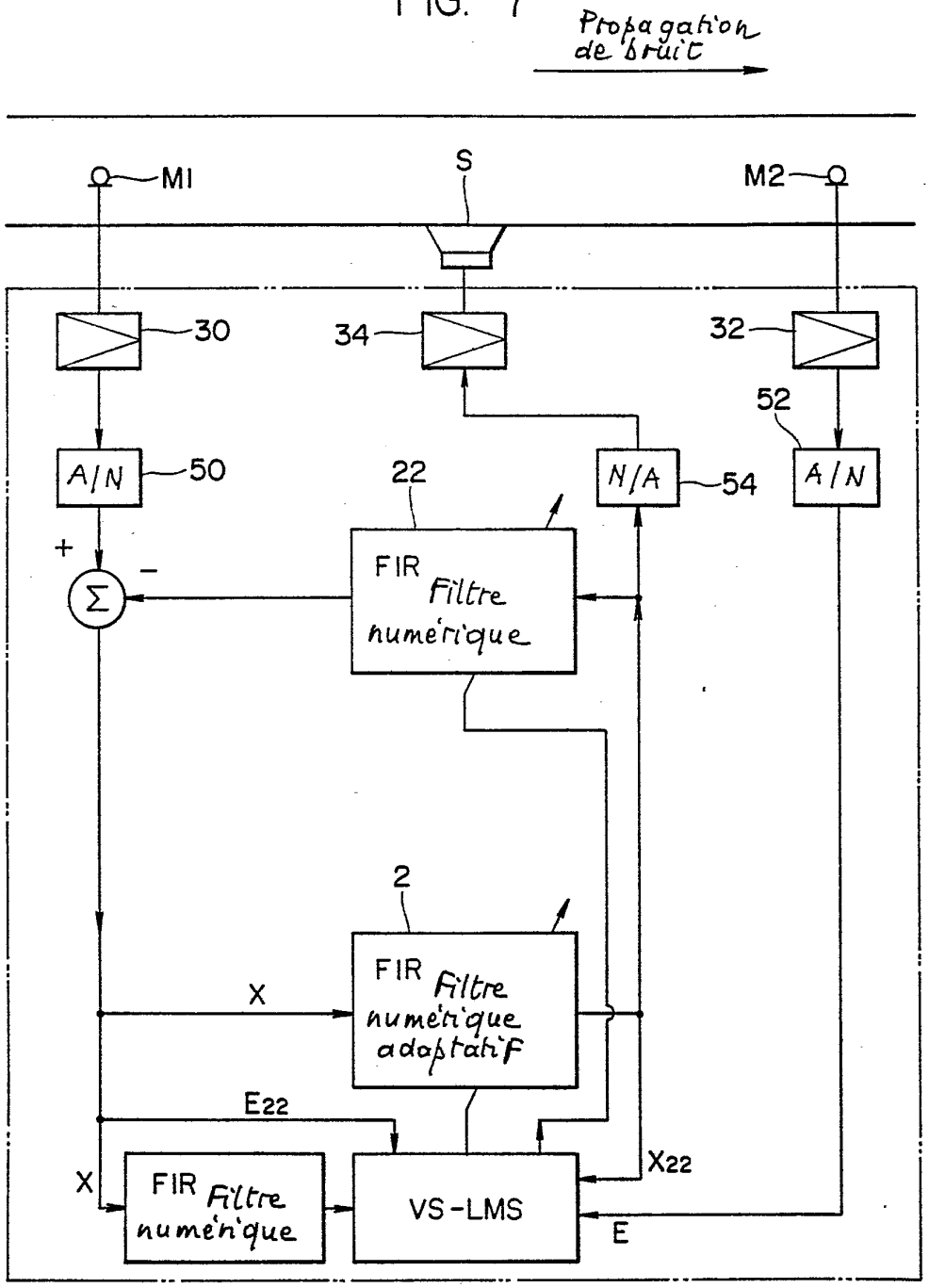
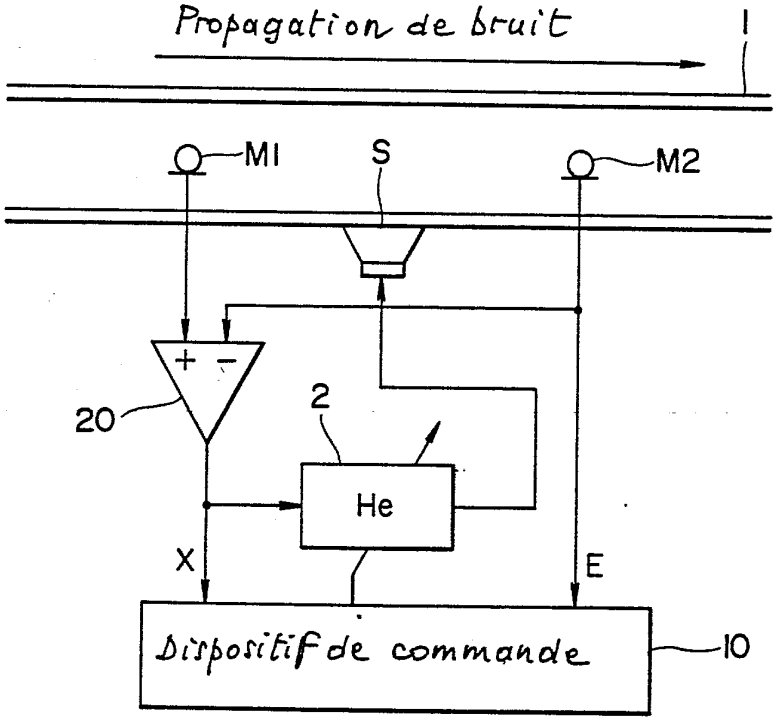

Propagation de bruit
M1
S
M2
30
34
32
52
A/N
50
22
N/A
54
A/N
+
−
Σ
FIR Filtre numérique
2
FIR Filtre numérique adaptatif
X
E22
X
FIR Filtre numérique
VS-LMS
X22
E

FIG. 8


Propagation de bruit
1
M1
S
M2
+ −
20
2
He
X
E
Dispositif de commande
10