



(51) Classification internationale des brevets :
G10L 19/00 (2006.01) **H04S 1/00** (2006.01)
H04S 5/00 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/052671

(22) Date de dépôt international :
10 décembre 2010 (10.12.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
09 59547 23 décembre 2009 (23.12.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
ARKAMYS [FR/FR]; 31 rue Pouchet, F-75017 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : **AMADU, Frédéric** [FR/FR]; 108 Avenue du Maréchal Foch, F-77500 Chelles (FR). **ESNAULT, Thomas** [FR/FR]; 15 rue du Rhin, F-75019 Paris (FR).

(74) Mandataire : **SCHMIT CHRETIEN**; 16 rue de la Paix, F-75002 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— sans rapport de recherche internationale, sera republiée dès réception de ce rapport (règle 48.2.g)

(54) Title : IMPROVED METHOD FOR ENCODING/DECODING A STEREO DIGITAL STREAM AND ASSOCIATED ENCODING/DECODING DEVICE

(54) Titre : PROCEDE DE CODAGE/DECODAGE D'UN FLUX NUMERIQUE STEREO AMELIORE ET DISPOSITIF DE CODAGE/DECODAGE ASSOCIE

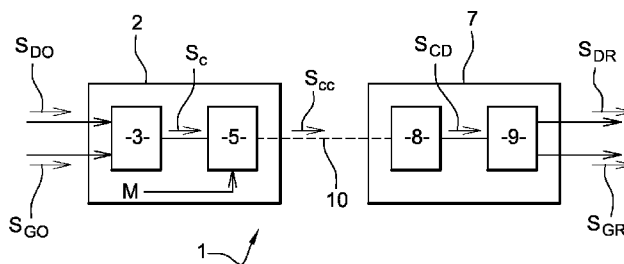


Fig. 1

(57) Abstract : The invention relates substantially to a method for encoding and decoding a digital audio signal consisting of an original right-hand signal thereof (S_{DO}) and an original left-hand signal thereof (S_{GO}), characterized in that said method comprises the following steps: combining (3) the original right-hand signal thereof (S_{DO}) and the original left-hand signal thereof (S_{GO}) to obtain a single combined signal (S_C), encoding the combined signal (S_C) by means of a standard encoder (5) to obtain a compressed combined signal (S_{CC}), decoding the compressed combined signal (S_{CC}) by means of a standard decoder (8) to obtain a decompressed combined signal (S_{CD}) and, after decoding, generating a reconstructed right-hand signal thereof (S_{DR}) and a reconstructed left-hand signal thereof (S_{GR}) from the decompressed combined signal (S_{CD}), which are decorrelated from each other. The invention further relates to a treble-generating module (35), which enables the high-frequency component (S_{HF}) of the right-hand (S_{DR}) or left-hand (S_{GR}) signals thereof to be recreated, which signals had been deleted as a result of compression.

(57) Abrégé :

[Suite sur la page suivante]



L'invention concerne essentiellement un procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un signal de son droit original (S_{DO}) et d'un signal de son gauche original (S_{GO}), caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes : on combine (3) le signal de son droit original (S_{DO}) et le signal de son gauche original (S_{GO}) pour obtenir un signal combiné (S_C) unique, on encode le signal combiné (S_C) au moyen d'un encodeur (5) standard pour obtenir un signal combiné compressé (S_{CC}), on décode le signal combiné compressé (S_{CC}) au moyen d'un décodeur standard (8) pour obtenir un signal combiné décompressé (S_{CD}), et après décodage, on génère, à partir du signal combiné décompressé (S_{CD}), un signal de son droit restitué (S_{DR}) et un signal de son gauche restitué (S_{GR}) décorrélés l'un par rapport à l'autre. L'invention propose en outre un module (35) de génération des aiguës qui permet de recréer la composante haute fréquence (S_{HF}) des signaux de son droit (S_{DR}) ou gauche (S_{GR}) qui a été supprimée suite à la compression.

PROCEDE DE CODAGE/DECODAGE D'UN FLUX NUMERIQUE STEREO AMELIORE ET DISPOSITIF DE CODAGE/DECODAGE ASSOCIE

[01] L'invention concerne un procédé de codage/décodage d'un flux numérique de son stéréo ainsi que le dispositif formé d'un codeur et d'un
5 décodeur associé. L'invention a notamment pour but d'améliorer un système standard de type codeur/décodeur (codec) permettant de coder et de décoder un flux numérique audio stéréo.

[02] L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine des codecs pour la compression de signaux audio stéréo
10 comme par exemple les codecs de type MP3. Toutefois, l'invention pourrait également être utilisée avec tout type de codec adapté pour l'encodage et le décodage de deux signaux numériques de son.

[03] On connaît des codecs numériques de type MP3 ou autre formés par un codeur standard qui permet d'encoder, suivant un protocole
15 d'encodage connu, des signaux numériques de son stéréo par exemple au format WAVE pour les transformer en signaux stéréo encodés ; ainsi qu'un décodeur standard qui permet de décoder, suivant un protocole de décodage connu, les signaux stéréo encodés pour les transformer en signaux stéréo numériques par exemple au format WAVE. En général, l'encodage consiste
20 en une compression des signaux stéréo, tandis que le décodage consiste en une décompression des signaux stéréo compressés.

[04] Le problème est que le canal de transmission disponible pour l'encodage est généralement limité à N kbits/s (N valant généralement 64 ou 128). Or lorsqu'on encode un signal stéréo formé de deux canaux audio : un
25 canal de son droit et un canal de son gauche, selon les caractéristiques des codecs utilisés, il peut être nécessaire de coder environ chaque canal audio du signal suivant un débit de $N/2$ kbits/s.

[05] L'invention permet d'augmenter la qualité du signal stéréo final sans augmenter le débit du canal de transmission ; ou de conserver la
30 qualité du signal stéréo final en réduisant le débit du canal de transmission.

[06] A cet effet, le dispositif selon l'invention comporte un module dit de pré-traitement associé au codeur standard agissant avant l'encodage qui combine les signaux stéréo pour les transformer en un signal combiné unique. L'invention comporte également un module de post-traitement
5 associé au décodeur agissant après décodage du signal compressé qui permet de générer les deux signaux audio à partir du signal combiné unique créé par le module de prétraitement. Ce module de post-traitement a pour fonction de générer deux signaux de son (droit et gauche) décorrélés l'un par rapport à l'autre à partir du signal combiné décompressé.

10 [07] Ainsi, dans l'invention, il n'y a qu'un seul signal à encoder (le signal combiné unique) au lieu des deux signaux droit et gauche des procédés classiques. Cela permet soit de moins compresser le signal combiné pour augmenter la qualité du signal final, soit de diminuer le débit du canal de transmission tout en ayant la même qualité qu'avec les procédés de codage
15 existants.

[08] De préférence, pour que le décodeur puisse détecter s'il s'agit d'un flux encodé par le procédé selon l'invention ou d'un flux standard non encodé par l'invention, on ajoute une métadonnée dans la trame de donnée encodée par le codeur qui indique l'activation ou non du procédé selon l'invention.
20 L'emplacement de cette métadonnée dans la trame encodée par le codeur peut varier suivant le codage standard utilisé.

[09] L'invention concerne donc un procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un signal de son droit original et d'un signal de son gauche original, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes
25 suivantes :

- on combine, avant encodage, le signal de son droit original et le signal de son gauche original pour obtenir un signal combiné unique,
- on encode le signal combiné au moyen d'un encodeur standard pour obtenir un signal combiné compressé,
- 30 - on décode le signal combiné compressé au moyen d'un décodeur standard pour obtenir un signal combiné décompressé, et
- après décodage, on génère, à partir du signal combiné décompressé, un signal de son droit restitué et un signal de son gauche restitué décorrélés l'un

par rapport à l'autre correspondant respectivement au signal de son droit original et au signal de son gauche original.

[010] Selon une mise en œuvre, pour combiner les signaux de son droit et de son gauche originaux en un signal combiné unique, on effectue, dans
5 le domaine temporel, une somme pondérée point à point des échantillons du signal de son droit original et du signal de son gauche original.

[011] Selon une mise en œuvre, pour générer, à partir du signal combiné décompressé, les signaux de son droit et gauche restitués, on applique le signal combiné décompressé en entrée d'un premier et d'un deuxième bloc
10 élémentaire, le signal de sortie de ces blocs correspondant respectivement au signal électrique de son droit restitué et au signal électrique de son gauche restitué, le signal de sortie de chaque bloc étant la combinaison du signal d'entrée du bloc pondéré par un premier gain, et de la combinaison du signal de sortie du bloc pondéré par un deuxième gain et des signaux
15 d'entrée du bloc retardée par une ligne à retard.

[012] Selon une mise en oeuvre :

- pour le premier bloc élémentaire, on a :

$$s1(n)=e1(n).g1+s1(n-D1).g2+e1(n-D1)$$

$$e1$$
 étant le signal d'entrée du premier bloc correspondant au signal combiné
20 décompressé,
 $s1$ étant le signal de sortie du premier bloc correspondant à un des signaux de son restitué (droit ou gauche),
 $g1$, $g2$ étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du premier bloc,
25 $D1$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard, et
- pour le deuxième bloc élémentaire, on a :

$$s2(n)=e2(n).g3+s2(n-D2).g4+e2(n-D2)$$

$$e2$$
 étant le signal d'entrée du deuxième bloc correspondant au signal
30 combiné décompressé,
 $s2$ étant le signal de sortie du deuxième bloc correspondant à l'autre signal de son restitué (droit si $s1$ correspond au gauche ou gauche si $s1$ correspond au droit),

g_3 , g_4 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du deuxième bloc,

D2 étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard.

- 5 [013] Selon une mise en œuvre, les valeurs de gain à l'intérieur d'un bloc sont opposées l'une par rapport à l'autre, la valeur du premier gain étant opposée par rapport à la valeur du deuxième gain.

- [014] Selon une mise en œuvre, les valeurs de gain du premier bloc sont opposées par rapport aux valeurs de gain du deuxième bloc, la valeur du
10 premier gain du premier bloc étant opposée à la valeur du premier gain du deuxième bloc ; tandis que la valeur du deuxième gain du premier bloc est opposée à la valeur du deuxième gain du deuxième bloc.

[015] Selon une mise en œuvre, les valeurs de gain du premier et du deuxième bloc élémentaire ont la même valeur absolue.

- 15 [016] Selon une mise en œuvre, le premier gain du premier bloc et le deuxième gain du deuxième bloc valent g ; tandis que le deuxième gain du premier bloc et le premier gain du deuxième bloc valent $-g$.

[017] Selon une mise en œuvre, le retard introduit par la ligne du premier bloc et le retard par la ligne du deuxième bloc sont égaux.

- 20 [018] Selon une mise en œuvre, on filtre au préalable le signal combiné décompressé à l'aide d'un filtre passe haut et on applique uniquement la partie haute fréquence filtrée en entrée des blocs élémentaires.

- [019] Selon une mise en œuvre,
- on filtre la partie basse fréquence du signal combiné décompressé,
25 - on retarde la partie basse fréquence ainsi filtrée d'un troisième retard à l'aide d'une troisième ligne à retard, et
- on somme la partie basse fréquence ainsi retardée avec les signaux de sortie des blocs élémentaires obtenus à partir de la partie haute fréquence pour obtenir le signal de son droit restitué et le signal de son gauche restitué.

[020] Selon une mise en œuvre, on filtre en gain et phase les signaux de sortie de chaque bloc élémentaire au moyen de cellules de filtrage paramétriques pour modifier la perception sonore de ces signaux de sortie.

5 [021] Selon une mise en œuvre, pour que le décodeur puisse détecter s'il s'agit d'un flux encodé formé d'un signal combiné ou d'un flux standard, on ajoute une métadonnée dans la trame de donnée encodée par le codeur qui indique l'activation ou non de l'étape de combinaison des signaux droit et gauche originaux en un signal combiné unique.

10 [022] Selon une mise en œuvre, pour chaque signal de son droit et gauche restitué formé essentiellement d'une composante basse fréquence inférieure à une fréquence de coupure,
- on isole la partie de plus haute fréquence du signal de son restitué à l'aide d'un premier filtre de type passe-bande,
- on duplique fréquemment la partie isolée à l'aide d'un processeur non
15 linéaire qui crée les harmoniques haute fréquence du signal isolé pour obtenir un signal dupliqué,
- on applique un deuxième filtre passe bande sur le signal dupliqué pour obtenir une composante haute fréquence,
- on combine la composante haute fréquence ainsi créée avec le signal de
20 son restitué préalablement retardé par une cellule à retard, et
- on obtient un signal restitué augmenté comportant une composante basse fréquence et une composante haute fréquence recrée,
- les bornes supérieures et inférieures du filtre passe-bande étant fonction du taux de compression appliqué par le procédé.

25 [023] L'invention concerne en outre un codeur de flux numérique utilisé avec le décodeur selon l'invention pour la mise en œuvre du procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un signal de son droit original et d'un signal de son gauche original selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comporte :
30 - un moyen de pré-traitement apte à combiner, avant encodage, le signal de son droit original et le signal de son gauche original pour obtenir un signal combiné unique, et

- un encodeur standard apte à encoder le signal combiné pour obtenir un signal numérique combiné compressé.

[024] L'invention concerne également un décodeur de flux numérique utilisé avec le codeur selon l'invention pour la mise en œuvre du procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un

signal de son droit original et d'un signal de son gauche original selon l'invention, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un décodeur standard apte à décoder un signal combiné compressé unique pour obtenir un signal combiné décompressé, et

- un module de post-traitement apte à générer, après décodage, à partir du signal combiné décompressé, un signal de son droit restitué et un signal de son gauche restitué décorrélés l'un par rapport à l'autre correspondant respectivement au signal de son droit original et au signal de son gauche original.

[025] Selon une mise en œuvre, il comporte en outre un module de génération des aigues comportant :

- un premier filtre de type passe-bande pour isoler la partie de plus haute fréquence du signal de son restitué,

- un processeur non linéaire qui crée les harmoniques haute fréquence du signal isolé pour dupliquer fréquemment la partie isolée pour obtenir un signal dupliqué,

- un deuxième filtre passe bande appliqué sur le signal dupliqué pour obtenir une composante haute fréquence,

- des moyens pour combiner la composante haute fréquence ainsi créée avec le signal de son restitué préalablement retardé par une cellule à retard, de manière à obtenir un signal restitué augmenté comportant une composante basse fréquence et une composante haute fréquence recréée.

[026] Selon une mise en œuvre, les bornes supérieures et inférieures du filtre passe-bande sont fonction du taux de compression appliqué par le procédé.

[027] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont

données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention. Elles montrent :

[028] Figure 1 : une représentation schématique d'un dispositif de codage/décodage selon l'invention ;

5 [029] Figure 2 : une représentation graphique des signaux stéréo originaux et du signal issu d'une combinaison particulière non limitative de ces signaux par le module de pré-traitement ;

[030] Figure 3 : une représentation schématique des blocs formant le module de post-traitement selon l'invention ;

10 [031] Figure 4 : une représentation schématique des blocs formant le module de post-traitement dans un perfectionnement de l'invention ;

[032] Figure 5 : une représentation schématique d'une trame encodée par un encodeur standard faisant apparaître une métadonnée introduite par le procédé selon l'invention ;

15 [033] Figure 6 : une représentation schématique d'un module de génération de composantes haute fréquence pour les signaux stéréos décodés à diffuser ;

[034] Figures 7a-7e : des représentations très schématiques des signaux observables lors de l'utilisation du module de génération de
20 composantes haute fréquence de la Figure 6.

[035] Les éléments identiques conservent la même référence d'une figure à l'autre.

[036] La Figure 1 montre un dispositif 1 de codage/décodage selon l'invention comportant un codeur 2 selon l'invention formé par un module 3
25 de pré-traitement associé à un encodeur 5 standard. L'encodeur 5 peut par exemple être un encodeur audio numérique de type mp3 comme par exemple l'encodeur LAME ou un encodeur pour encoder les flux sonores pour la télévision numérique.

[037] Par ailleurs, le dispositif 1 selon l'invention comporte un décodeur 7 selon l'invention formé par un décodeur 8 standard et un module 9 de post-traitement qui lui est associé. Le décodeur 8 pourra être par exemple être un décodeur de type MP3 intégré à un lecteur de musique numérique ou un
5 décodeur audio intégré à un décodeur de télévision numérique (set top box).

[038] En fonctionnement, un signal stéréo formé par un signal S_{DO} de son droit original et un signal S_{GO} de son gauche original est appliqué en entrée du module 3 de prétraitement. Les signaux de son droit S_{DO} et gauche S_{GO} originaux sont des signaux échantillonnés et quantifiés. Comme montré
10 sur la Figure 2, le module 3 effectue, la combinaison du signal S_{DO} et du signal S_{GO} , de manière à obtenir à sa sortie un signal combiné S_C unique. Dans un exemple, les signaux S_{DO} et S_{GO} sont pondérés par un coefficient 0.5 et sommés ensuite échantillon à échantillon pour générer S_C .

[039] Le signal combiné S_C est appliqué en entrée de l'encodeur 5 qui
15 compresse le signal S_C suivant un protocole de compression connu de manière à obtenir un signal combiné compressé S_{CC} . Ce signal S_{CC} pourra par exemple être transmis sur tout type de media filaire, radio, ou autre ou même sauvegardé sur un support de stockage numérique comme par exemple un CD ou une mémoire de type USB.

[040] Etant donné qu'il suffit d'encoder le signal combiné S_C alors qu'il
20 est nécessaire d'encoder les deux signaux (droit et gauche) du signal stéréo dans les procédés existants, il est clair que le procédé selon l'invention permet de limiter le débit dans le canal de codage 10 disponible, ou alors de réduire le taux de compression pour améliorer le rendu sonore final si on
25 conserve le même débit que dans les procédés existants.

[041] Le signal combiné compressé S_{CC} est appliqué en entrée du décodeur 8 qui le décompresse, suivant un protocole de décompression connu, de manière à obtenir un signal combiné décompressé S_{CD} .

[042] Le signal S_{CD} est ensuite appliqué en entrée du module 9 de post-traitement comportant, comme montré sur la Figure 3, un module 11 de
30 décorrélation du signal qui permet de créer, à partir du signal S_{CD} , deux signaux décorrélés l'un par rapport à l'autre : le signal de son droit

reconstitué S_{DR} et le signal de son gauche reconstitué S_{GR} correspondant au signal de son droit et gauche originaux S_{DO} et S_{GO} .

[043] A cet effet, le module 11 de décorrélation est formé de deux blocs 13.1-13.2 élémentaires en entrée desquels on applique le signal combiné décompressé S_{CD} , la sortie de ces blocs 13.1, 13.2 correspondant
 5 respectivement au signal de son droit restitué S_{DR} et au signal de son gauche restitué S_{GR} . Le signal de sortie s_1 (resp. s_2) de chaque bloc 13.1 (resp. 13.2) est fonction de la combinaison du signal d'entrée e_1 (resp. e_2) du bloc pondéré par un premier gain g_1 (resp. g_3), et de la combinaison des
 10 signaux d'entrée e_1 (resp. e_2) et du signal de sortie s_1 (resp. s_2) du bloc pondérée par un deuxième gain g_2 (resp. g_4), retardée par une ligne à retard 14.1 (resp. 14.2).

[044] Selon une réalisation, pour chaque bloc élémentaire 13.1, 13.2, le signal d'entrée e_1 , e_2 est appliqué en entrée d'un premier sommateur 16.1,
 15 16.2 et appliqué sur une entrée d'un deuxième sommateur 17.1, 17.2 après avoir été multiplié par le premier gain g_1 , g_3 . Le signal de sortie s_1 , s_2 du bloc est appliqué sur une autre entrée du premier sommateur 16.1, 16.2 après avoir été multiplié par le deuxième gain g_2 , g_4 , le signal de sortie du premier sommateur 16.1, 16.2 étant appliqué en entrée de la ligne à retard 14.1,
 20 14.2. Le signal de sortie de la ligne à retard 14.1, 14.2 est appliqué sur une autre entrée du deuxième sommateur 17.1, 17.2, le signal de sortie de ce deuxième sommateur 17.1, 17.2 correspondant au signal de sortie s_1 , s_2 du bloc et donc au signal de son droit S_{DR} ou gauche S_{GR} restitué.

[045] Ainsi pour le premier bloc élémentaire 13.1, on a :
 25 $s_1(n) = e_1(n) \cdot g_1 + s_1(n-D1) \cdot g_2 + e_1(n-D1)$
 e_1 étant le signal d'entrée du premier bloc 13.1 correspondant au signal combiné décompressé,
 s_1 étant le signal de sortie du premier bloc 13.1 correspondant à un des signaux de son restitué (droit ou gauche)
 30 g_1 , g_2 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du premier bloc 13.1,
 $D1$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard 14.1.

[046] Pour le deuxième bloc élémentaire 13.2, on a :

$$s_2(n) = e_2(n) \cdot g_3 + s_2(n-D2) \cdot g_4 + e_2(n-D2)$$

e_2 étant le signal d'entrée du deuxième bloc 13.2 correspondant au signal combiné décompressé,

5 s_2 étant le signal de sortie du deuxième bloc 13.2 correspondant à l'autre signal de son restitué (droit si s_1 correspond au gauche ou gauche si s_1 correspond au droit),

g_3, g_4 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du deuxième bloc 13.2,

10 D2 étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard 14.2.

[047] De préférence, à l'intérieur d'un même bloc 13.1 (resp. 13.2), le premier gain g_1 (resp. g_3) et le deuxième gain g_2 (resp. g_4) présentent des valeurs opposées l'une par rapport à l'autre. Chaque bloc 13.1, 13.2 se

15 comporte alors comme un filtre de type passe-tout qui ne modifie pas le gain du signal d'entrée e_1, e_2 mais uniquement sa phase.

[048] En outre, les gains g_1, g_2 du premier bloc 13.1 et les gains g_3, g_4 du deuxième bloc 13.2 présentent de préférence des valeurs opposées les unes des autres. Ainsi, la valeur du premier gain g_1 du premier bloc 13.1 est

20 opposée à la valeur du premier gain g_3 du deuxième bloc 13.2 ; tandis que la valeur du deuxième gain g_2 du premier bloc 13.1 est opposée à la valeur du deuxième gain g_4 du deuxième bloc 13.2.

[049] On choisira également de préférence des gains pour le premier 13.1 et le deuxième 13.2 bloc qui ont une valeur absolue identique g . Ainsi

25 de préférence, le premier gain g_1 du premier bloc 13.1 et le deuxième gain g_4 du deuxième bloc 13.2 présentent une valeur g ; tandis que le deuxième gain g_2 du premier bloc 13.1 et le premier g_3 gain du deuxième bloc 13.2 présente une valeur $-g$.

[050] De préférence, les retards D1, D2 introduits par la ligne à retard

30 14.1 du premier bloc élémentaire 13.1 et la ligne à retard 14.2 du deuxième bloc 13.2 élémentaire sont égaux. Toutefois, il serait possible de choisir des retards D1, D2 ayant des durées différentes.

[051] Dans un exemple de réalisation, on choisit $g=0.4$ et un retard de D1 et D2 de 176 échantillons, de telles valeurs permettant d'obtenir un bon rendu sonore.

[052] Dans un perfectionnement de l'invention représenté sur la Figure 4, on utilise un étage 19 composé de deux filtres passe bas 20 et passe haut 21 permettant de séparer la partie basse fréquence de la partie haute fréquence du signal combiné décompressé S_{CD} . Dans ce cas, seule la partie haute fréquence du signal S_{CD} est appliquée en entrée du module 11 de décorrélation. Dans un exemple, les fréquences de coupure du filtre basse fréquence 20 et du filtre haute fréquence 21 sont de l'ordre de 350Hz.

[053] La partie basse fréquence du signal S_{CD} est appliquée en entrée d'une troisième ligne à retard 23 et la partie basse fréquence ainsi retardée est sommée, s'il y a lieu après pondération par un gain g_7 , avec les signaux de sortie s_1 , s_2 des blocs élémentaires, de manière à obtenir des signaux de son droit S_{DR} et gauche S_{GR} restitués ayant un rendu sonore amélioré. Car on s'aperçoit que statistiquement les signaux basse fréquence sont très corrélés, il n'y a donc pas lieu de les décorréler à l'aide du module 11 de décorrélation car sinon la perception audiophonique de l'ensemble ne paraîtrait pas naturelle à l'oreille. Dans un exemple, le retard D3 appliqué par la troisième ligne à retard 23 vaut 176 échantillons (avec une fréquence d'échantillonnage de 44,1kHz).

[054] En outre, des cellules 25.1, 25.2 d'égalisation paramétriques sont connectées en sortie de chaque bloc élémentaire 13.1, 13.2 avant sommation avec la partie basse fréquence retardée. Ces cellules 25.1, 25.2 ont pour effet de modifier la perception des signaux de sortie s_1 , s_2 de ces blocs 13.1, 13.2, car même si les signaux s_1 , s_2 présentent des niveaux sensiblement identiques, il existe des différences dans leur perception en raison de la décorrélation qu'ils présentent l'un par rapport à l'autre. En conséquence, il peut être utile de modifier perceptivement ces signaux pour que l'impression auditive d'ensemble soit la meilleure possible.

[055] A cet effet, les cellules 25.1, 25.2 d'égalisation comportent chacun un filtre 26.1, 26.2 dont le gain et la phase peuvent être réglés en fonction de différentes bandes de fréquence des signaux s_1 , s_2 et un gain g_5 , g_6 qui agit

sur l'ensemble du spectre des signaux s_1 , s_2 . Ces paramètres de gain et de phase sont adaptés par des ingénieurs du son notamment en fonction de l'application envisagée.

[056] De préférence, pour que le décodeur 8 puisse détecter s'il s'agit
5 d'un flux encodé par le procédé selon l'invention ou d'un flux standard non
encodé par l'invention, on ajoute une métadonnée M dans la trame de
données encodée par le codeur 5 qui indique l'activation ou non du procédé
selon l'invention. Cette métadonnée M est de type statique c'est-à-dire
10 qu'elle pourra par exemple prendre uniquement deux valeurs différentes, de
sorte que lorsque le décodeur 7 détecte dans la trame encodée la première
valeur (par exemple 1) correspondant à l'activation du module 3 de pré-
traitement, il active le module 9 de post-traitement ; et lorsque le décodeur 7
détecte dans la trame encodée la deuxième valeur correspondant à la
15 désactivation du module 3 de pré-traitement, il inhibe le module 9 de post-
traitement et utilise de manière classique le décodeur 8 standard pour
décoder le signal stéréo sur les deux canaux droit et gauche. En effet dans le
cas de la désactivation du module 3, les signaux SDO et SGO sont
directement appliqués en entrée de l'encodeur 5 standard pour un encodage
classique, puis transmis au décodeur 8, puis décodés de manière classique
20 par le décodeur 8 pour obtenir un signal gauche SGR et un signal droit SDR
restitués.

[057] L'emplacement de cette métadonnée M dans la trame 30 encodée
par le codeur 5 peut varier suivant le codage standard utilisé. La figure 5
montre une représentation schématique d'une trame 30 encodée comportant
25 un entête 30.1 indiquant notamment le type d'encodage utilisé et la longueur
de la trame 30 ainsi qu'une partie 30.2 de données dans laquelle les
données encodées sont empaquetées. La métadonnée M sera introduite
dans un emplacement de l'entête 30.1 laissé disponible par le protocole
d'encodage standard.

[058] Dans un perfectionnement de l'invention, une analyse de
30 corrélation entre les signaux de son droit S_{DO} et gauche S_{GO} originaux est
effectuée dans des bandes de fréquences définies de manière à produire un
coefficient représentatif de la corrélation dans chacune des bandes.

[059] Les coefficients de corrélation calculés sont empaquetés comme métadonnées dans l'entête 30.1 du signal encodé.

[060] Ensuite, les paramètres g_1 , g_2 , g_3 , g_4 , D_1 , D_2 des blocs élémentaires 13.1 et 13.2 sont adaptées en fonction des valeurs de
5 corrélations reçues, de manière à décorréler différemment chaque plage de fréquences.

[061] A cet effet, un tableau stocké en mémoire établit la correspondance entre les paramètres de chaque blocs 13.1, 13.2 (premier gain g_1 , g_3 et deuxième gain g_2 , g_4 et retard D_1 , D_2 de la ligne 14.1, 14.2) et
10 les taux de corrélation reçus. On modifie alors le taux de décorrélation du module 11 de décorrélation en sélectionnant dans le tableau les paramètres (g_1 - g_4 , D_1 , D_2) correspondant au coefficient de corrélation reçu.

[062] Par ailleurs, on sait que la fréquence de coupure haute f_c des signaux restitués est fonction du taux de compression T appliqué par le
15 codeur 5. En effet, pour des taux de compression T correspondant à un débit de 128kb/s il existe une coupure à 15kHz des signaux dans les encodeurs MP3; tandis que pour des taux de compression T correspondant à un débit de 64kb/s, il existe une coupure à 10kHz des signaux. Autrement dit, plus le taux de compression T est grand, plus la composante haute fréquence des
20 signaux est réduite.

[063] L'invention permet de recréer la composante haute fréquence des signaux de son droit S_{DR} ou gauche S_{GR} qui a été supprimée suite à la compression. Cet aspect de l'invention est indépendant du principe de
25 génération des deux signaux de son S_{DR} et S_{GR} décompressés en stéréo à partir d'un seul signal compressé S_C .

[064] A cet effet, les signaux de son gauche S_{GR} et droit S_{DR} restitués, qui sont formés essentiellement d'une composante basse fréquence S_{BF} inférieure à la fréquence de coupure f_c (voir Figure 7a), sont appliqués
30 chacun en entrée d'un module 35 de génération des aigues montré en détails sur la Figure 6.

[065] Ce module 35 comporte un premier filtre 36 passe-bande en entrée duquel le signal de son gauche S_{GR} (resp. droit S_{DR}) restitué est appliqué. Ce premier filtre 36 permet d'isoler la partie de plus haute fréquence du signal d'entrée S_{GR} (resp S_{DR}) comprise entre une borne inférieure et une borne supérieure. Dans un exemple, la borne supérieure est égale à la fréquence de coupure f_c , et la borne inférieure est égale à f_c/N , N valant de préférence 2 ou 4. La partie isolée S_i du signal restitué obtenue en sortie du filtre passe-bande 36 est montrée sur la Figure 7b.

[066] La partie isolée S_i est ensuite appliquée en entrée d'un processeur 38 de type non linéaire qui permet de dupliquer fréquemment le signal isolé S_i en créant les harmoniques hautes fréquences à $f_1, f_2, \dots, f_n$ de ce signal S_i , ce qui permet de remplir le spectre de fréquences dans la zone des hautes fréquences. Le signal dupliqué S_D ainsi obtenu en sortie du processeur 38 non linéaire est montré sur la Figure 7c. De préférence, comme représenté, les harmoniques du signal S_D présentent une amplitude qui décroît avec l'augmentation de la fréquence.

[067] On isole ensuite la partie haute fréquence du signal dupliqué S_D (sans la partie isolée S_i à partir duquel il a été obtenu) afin d'obtenir une composante haute fréquence S_{HF} de signal de son montrée sur la Figure 7d. A cette fin, on utilise un filtre passe-bande 39 présentant une borne inférieure et une borne supérieure. Dans un exemple, la borne inférieure vaut f_c tandis que la borne supérieure vaut 20kHz.

[068] Par ailleurs, le signal de son gauche S_{GR} (resp. droit S_{DR}) restitué est filtré à l'aide d'un filtre passe-bas 41 ayant une fréquence de coupure sensiblement égale à f_c pour ne conserver que la composante basse fréquence S_{BF} du signal restitué S_{GR}, S_{DR} . La partie basse fréquence S_{BF} est ensuite retardée d'un retard $D4$ à l'aide d'une cellule 42 à retard. Ce retard $D4$ est de l'ordre de quelques échantillons.

[069] Ensuite, la composante basse fréquence S_{BF} est sommée avec la composante haute fréquence S_{HF} à l'aide d'un sommateur 44, afin d'obtenir un signal de son reconstitué augmenté gauche S_{GRA} (resp. droit S_{DRA}) formé de la composante initiale basse fréquence S_{BF} du signal de son restitué et de

la composante haute fréquence S_{HF} ainsi créée par le procédé selon l'invention.

[070] De préférence, mais cela n'est pas obligatoire, une cellule de post-traitement 45 modifie la forme de la réponse spectrale de la composante haute fréquence S_{HF} , et des gains g_8 et g_9 sont appliqués sur les composantes haute fréquence S_{HF} et basse fréquence S_{BF} avant sommation par le sommateur 44.

[071] Les paramètres des filtres 36, 39, 41 dépendent du taux de compression T . En effet, les filtres 36, 39, 41 présentent des bornes qui dépendent de la fréquence de coupure f_c . Comme cette fréquence de coupure f_c dépend du taux de compression T , les bornes dépendent également du taux de compression T . Il existe donc une table 47 établissant la correspondance entre le taux de compression T et les paramètres de filtres associés permettant de générer la composante haute fréquence des signaux de son gauche et droit.

[072] Les paramètres de la cellule 45 de post-traitement, du processeur 38 non linéaire, de la cellule 42 à retard, et de gains g_8 et g_9 dépendent également du taux de compression T .

[073] Les paramètres des modules de génération des aigues 35 qui traitent le signal de son gauche S_{GR} et le signal de son droit S_{DR} sont de préférence symétriques, c'est-à-dire que le module 35 qui traite le signal de son gauche S_{GR} présente des paramètres de même valeur que le module 35 qui traite le signal de son droit S_{DR} .

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un signal de son droit original (S_{DO}) et d'un signal de son gauche original (S_{GO}), caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :
- on combine au moyen d'un module de prétraitement (3), avant encodage, le signal de son droit original (S_{DO}) et le signal de son gauche original (S_{GO}) pour obtenir un signal combiné (S_C) unique,
 - on encode le signal combiné (S_C) au moyen d'un encodeur (5) standard pour obtenir un signal combiné compressé (S_{CC}),
 - on décode le signal combiné compressé (S_{CC}) au moyen d'un décodeur standard (8) pour obtenir un signal combiné décompressé (S_{CD}), et
 - après décodage, on génère au moyen d'un module de post-traitement (9), à partir du signal combiné décompressé (S_{CD}), un signal de son droit restitué (S_{DR}) et un signal de son gauche restitué (S_{GR}) décorrélés l'un par rapport à l'autre correspondant respectivement au signal de son droit original (S_{DO}) et au signal de son gauche original (S_{GO}), et
 - ajouter une métadonnée (M) statique dans une trame de données encodée par l'encodeur (5) indiquant l'activation ou non du module (3) de prétraitement, cette métadonnée étant apte à prendre uniquement deux valeurs différentes, de sorte que lorsque le décodeur (7) détecte dans une trame encodée la première valeur correspondant à l'activation du module (3) de pré-traitement, ledit décodeur (7) active le module (9) de post-traitement ; et lorsque le décodeur (7) détecte dans la trame encodée la deuxième valeur correspondant à la désactivation du module (3) de pré-traitement, ledit décodeur (7) inhibe le module (9) de post-traitement et utilise de manière classique le décodeur (8) standard pour décoder le signal stéréo sur les deux canaux droit et gauche.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que pour générer, à partir du signal combiné décompressé (S_{CD}), les signaux de son droit (S_{DR}) et gauche (S_{GR}) restitués,
- on applique le signal combiné décompressé (S_{CD}) en entrée d'un premier (13.1) et d'un deuxième bloc (13.2) élémentaire, le signal de sortie

(s_1, s_2) de ces blocs correspondant respectivement au signal électrique de son droit restitué (S_{DR}) et au signal électrique de son gauche restitué (S_{GR}),

- le signal de sortie (s_1, s_2) de chaque bloc (13.1, 13.2) étant la combinaison du signal d'entrée (e_1, e_2) du bloc pondéré par un premier gain (g_1, g_3), et de la combinaison du signal de sortie (s_1, s_2) du bloc pondéré par un deuxième gain (g_2, g_4) et des signaux d'entrée (e_1, e_2) du bloc retardée par une ligne à retard (14.1, 14.2).

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que :

- pour le premier bloc élémentaire (13.1), on a :

$$s_1(n) = e_1(n).g_1 + s_1(n-D1).g_2 + e_1(n-D1)$$

e_1 étant le signal d'entrée du premier bloc correspondant au signal combiné décompressé (S_{CD}),

- s_1 étant le signal de sortie du premier bloc correspondant à un des signaux de son restitué (droit ou gauche),

g_1, g_2 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du premier bloc (13.1),

$D1$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard (14.1), et

- pour le deuxième bloc élémentaire (13.2), on a :

$$s_2(n) = e_2(n).g_3 + s_2(n-D2).g_4 + e_2(n-D2)$$

e_2 étant le signal d'entrée du deuxième bloc correspondant au signal combiné décompressé (S_{CD}),

- s_2 étant le signal de sortie du deuxième bloc correspondant à l'autre signal de son restitué (droit si s_1 correspond au gauche ou gauche si s_1 correspond au droit),

g_3, g_4 étant respectivement les valeurs du premier gain et du deuxième gain du deuxième bloc (13.2),

- $D2$ étant la valeur du nombre d'échantillons de retard introduit par la ligne à retard (14.2).

4. Procédé selon la revendication 2 ou 3, caractérisé en ce que les valeurs de gain à l'intérieur d'un bloc (13.1, 13.2) sont opposées l'une par rapport à l'autre, la valeur du premier gain (g_1, g_3) étant opposée par rapport à la valeur du deuxième gain (g_2, g_4).

5 5. Procédé selon l'une des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que les valeurs de gain (g_1 , g_2) du premier bloc (13.1) sont opposées par rapport aux valeurs de gain (g_3 , g_4) du deuxième bloc (13.2), la valeur du premier gain (g_1) du premier bloc (13.1) étant opposée à la valeur du premier gain (g_3) du deuxième bloc (13.2) ; tandis que la valeur du deuxième gain (g_2) du premier bloc (13.1) est opposée à la valeur du deuxième gain (g_4) du deuxième bloc (13.2).

10 6. Procédé selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que les valeurs de gain du premier (g_1 , g_2) et du deuxième (g_3 , g_4) bloc élémentaire ont la même valeur absolue (g).

15 7. Procédé selon l'une des revendications 2 à 6, caractérisé en ce que le premier gain (g_1) du premier bloc (13.1) et le deuxième gain (g_4) du deuxième bloc valent g ; tandis que le deuxième gain (g_2) du premier bloc (13.1) et le premier gain (g_3) du deuxième bloc valent $-g$.

20 8. Procédé selon l'une des revendications 2 à 7, caractérisé en ce que le retard (D_1) introduit par la ligne (14.1) du premier bloc (13.1) et le retard (D_2) par la ligne (14.1) du deuxième bloc (14.2) sont égaux.

25 9. Procédé selon l'une des revendications 2 à 8, caractérisé en ce que on filtre au préalable le signal combiné décompressé (S_{CD}) à l'aide d'un filtre passe haut (21) et on applique uniquement la partie haute fréquence filtrée en entrée des blocs élémentaires (13.1, 13.2).

30 10. Procédé selon la revendication 9, caractérisé en ce que :
- on filtre la partie basse fréquence du signal combiné décompressé (S_{CD}),
- on retarde la partie basse fréquence ainsi filtrée d'un troisième retard (D_3) à l'aide d'une troisième ligne à retard (23), et
- on somme la partie basse fréquence ainsi retardée avec les signaux (s_1 , s_2) de sortie des blocs élémentaires (13.1, 13.2) obtenus à partir de la

partie haute fréquence pour obtenir le signal de son droit restitué (S_{DR}) et le signal de son gauche restitué (S_{GR}).

11. Procédé selon l'une des revendications 2 à 10, caractérisé en ce que on filtre en phase et en gain les signaux de sortie (s_1 , s_2) de chaque bloc élémentaire (13.1, 13.2) au moyen de cellules de filtrage paramétriques (25.1, 25.2) pour modifier la perception sonore de ces signaux de sortie (s_1 , s_2).

12. Procédé selon l'une des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que pour chaque signal de son droit (S_{DR}) et gauche (S_{GR}) restitué formé essentiellement d'une composante basse fréquence (S_{BF}) inférieure à une fréquence de coupure,

- on isole la partie de plus haute fréquence du signal de son restitué (S_{DR} , S_{GR}) à l'aide d'un premier filtre (36) de type passe-bande,

- on duplique fréquemment la partie isolée (S_i) à l'aide d'un processeur (38) non linéaire qui crée les harmoniques haute fréquence du signal isolé pour obtenir un signal dupliqué (S_D)

- on applique un deuxième filtre passe bande (39) sur le signal dupliqué (S_D) pour obtenir une composante haute fréquence (S_{HF}),

- on combine la composante haute fréquence (S_{HF}) ainsi créée avec le signal de son restitué (S_{DR} , S_{GR}) préalablement retardé par une cellule (42) à retard, et

- on obtient un signal restitué augmenté (S_{DRA} , S_{GRA}) comportant une composante basse fréquence (S_{BF}) et une composante haute fréquence (S_{HF}) recrée,

- les bornes supérieures et inférieures du filtre passe-bande (36) étant fonction du taux de compression (T) appliqué par le procédé.

13. Codeur de flux numérique utilisé avec le décodeur selon la revendication 14 ou 15 pour la mise en œuvre du procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un signal de son droit original (S_{DO}) et d'un signal de son gauche original (S_{GO}) selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un moyen de pré-traitement (3) apte à combiner, avant encodage, le signal de son droit original (S_{DO}) et le signal de son gauche original (S_{GO}) pour obtenir un signal combiné (S_C) unique, et
- un encodeur (5) standard apte à encoder le signal combiné (S_C) pour
5 obtenir un signal numérique combiné compressé (S_{CC}).

14. Décodeur de flux numérique utilisé avec le codeur selon la revendication 13 pour la mise en œuvre du procédé d'encodage et de décodage d'un signal audio numérique composé d'un signal de son droit
10 original (S_{DO}) et d'un signal de son gauche original (S_{GO}) selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisé en ce qu'il comporte :

- un décodeur standard (8) apte à décoder un signal combiné compressé (S_{CC}) unique pour obtenir un signal combiné décompressé (S_{CD}),
et
- 15 - un module (9) de post-traitement apte à générer, après décodage, à partir du signal combiné décompressé (S_{CD}), un signal de son droit restitué (S_{DR}) et un signal de son gauche restitué (S_{GR}) décorrélés l'un par rapport à l'autre correspondant respectivement au signal de son droit original (S_{DO}) et au signal de son gauche original (S_{GO}).

20

15. Décodeur selon la revendication 14, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un module (35) de génération des aigues comportant :

- un premier filtre (36) de type passe-bande pour isoler la partie de plus haute fréquence du signal de son restitué (S_{DR} , S_{GR}),
- 25 - un processeur (38) non linéaire qui crée les harmoniques haute fréquence du signal isolé pour dupliquer fréquemment la partie isolée (S_i) pour obtenir un signal dupliqué (S_D),
- un deuxième filtre passe bande (39) appliqué sur le signal dupliqué pour obtenir une composante haute fréquence (S_{HF}),
- 30 - des moyens pour combiner la composante haute fréquence (S_{HF}) ainsi créée avec le signal de son restitué (S_{DR} , S_{GR}) préalablement retardé par une cellule (42) à retard, de manière à obtenir un signal restitué augmenté (S_{DRA} , S_{GRA}) comportant une composante basse fréquence (S_{BF}) et une composante haute fréquence (S_{HF}) recréée.

35

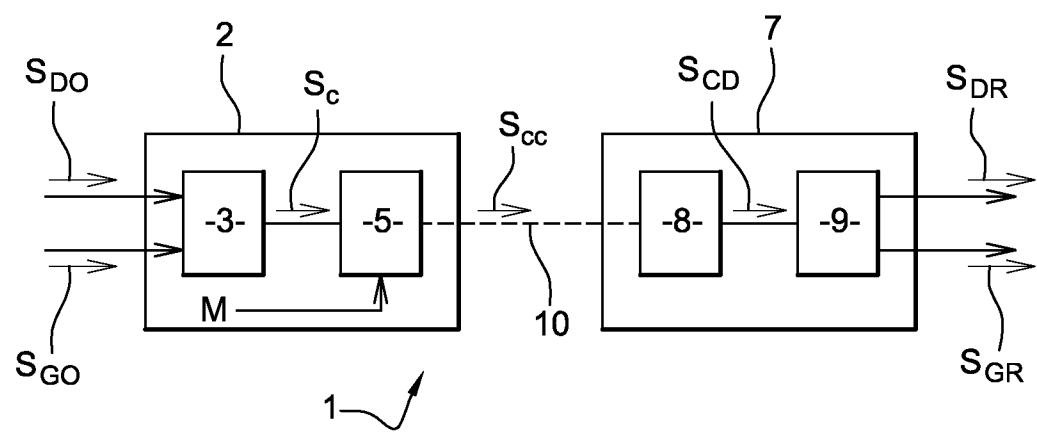


Fig. 1

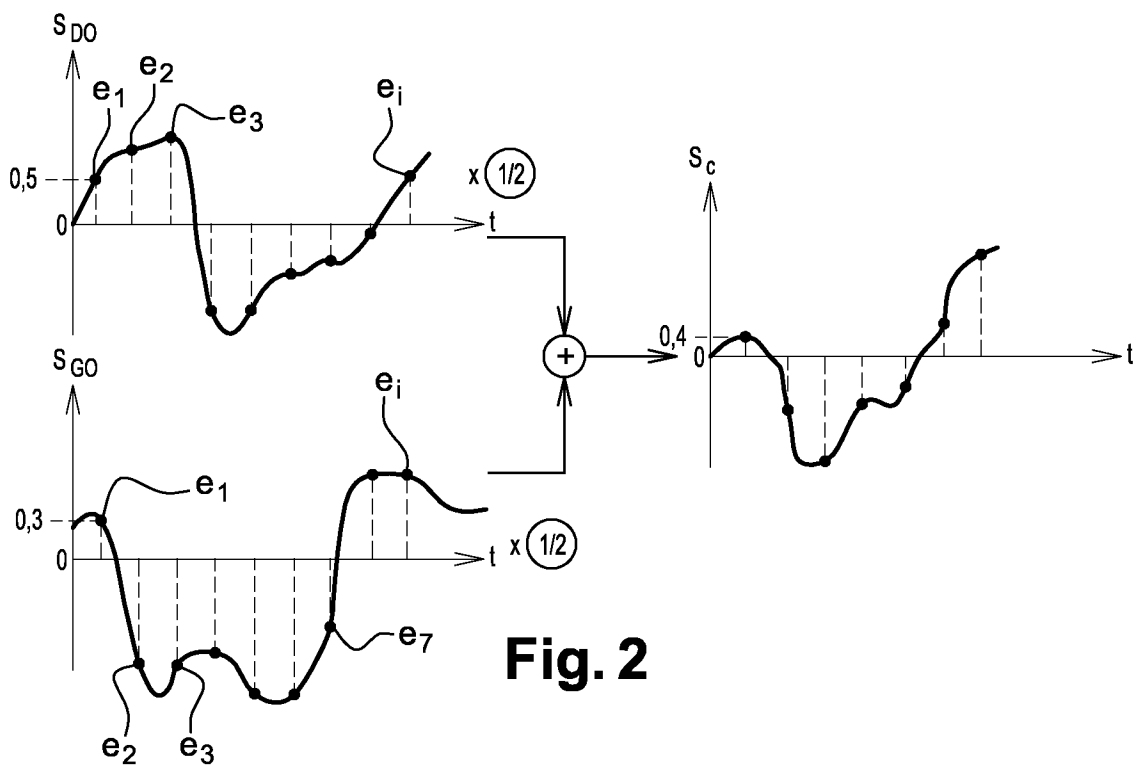


Fig. 2

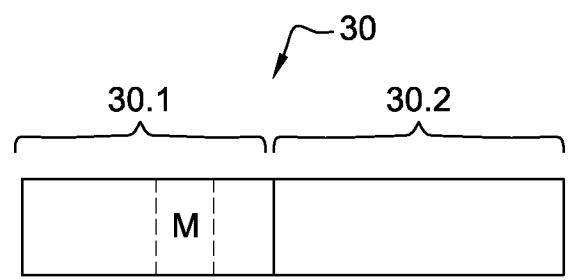
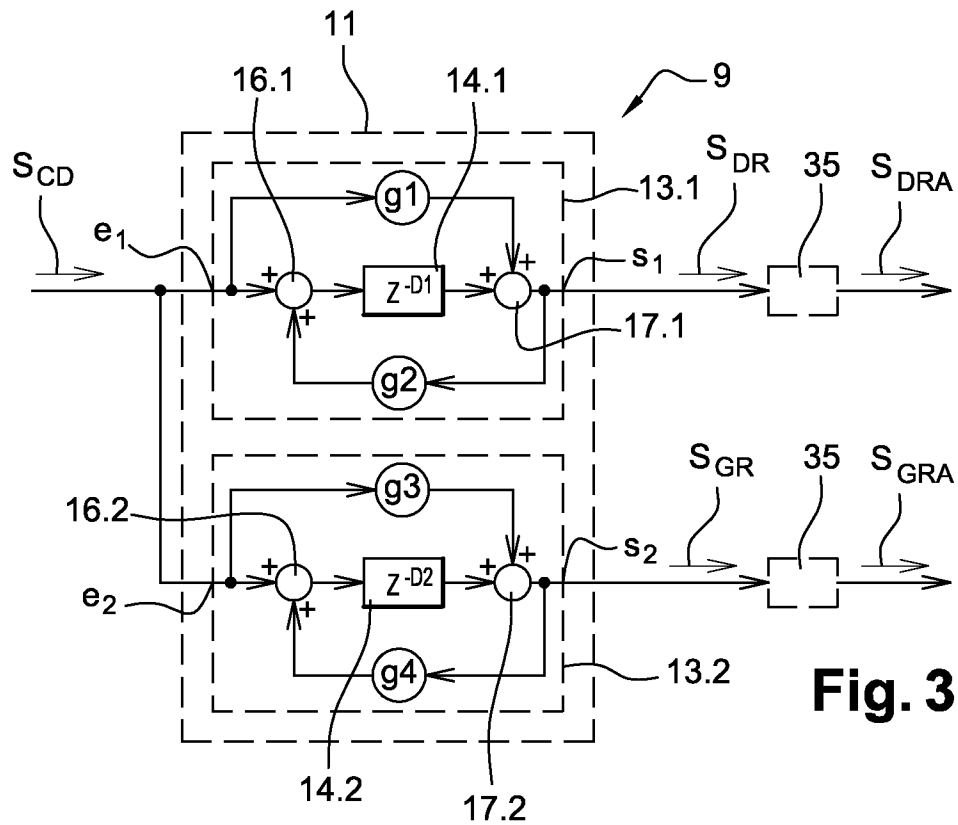
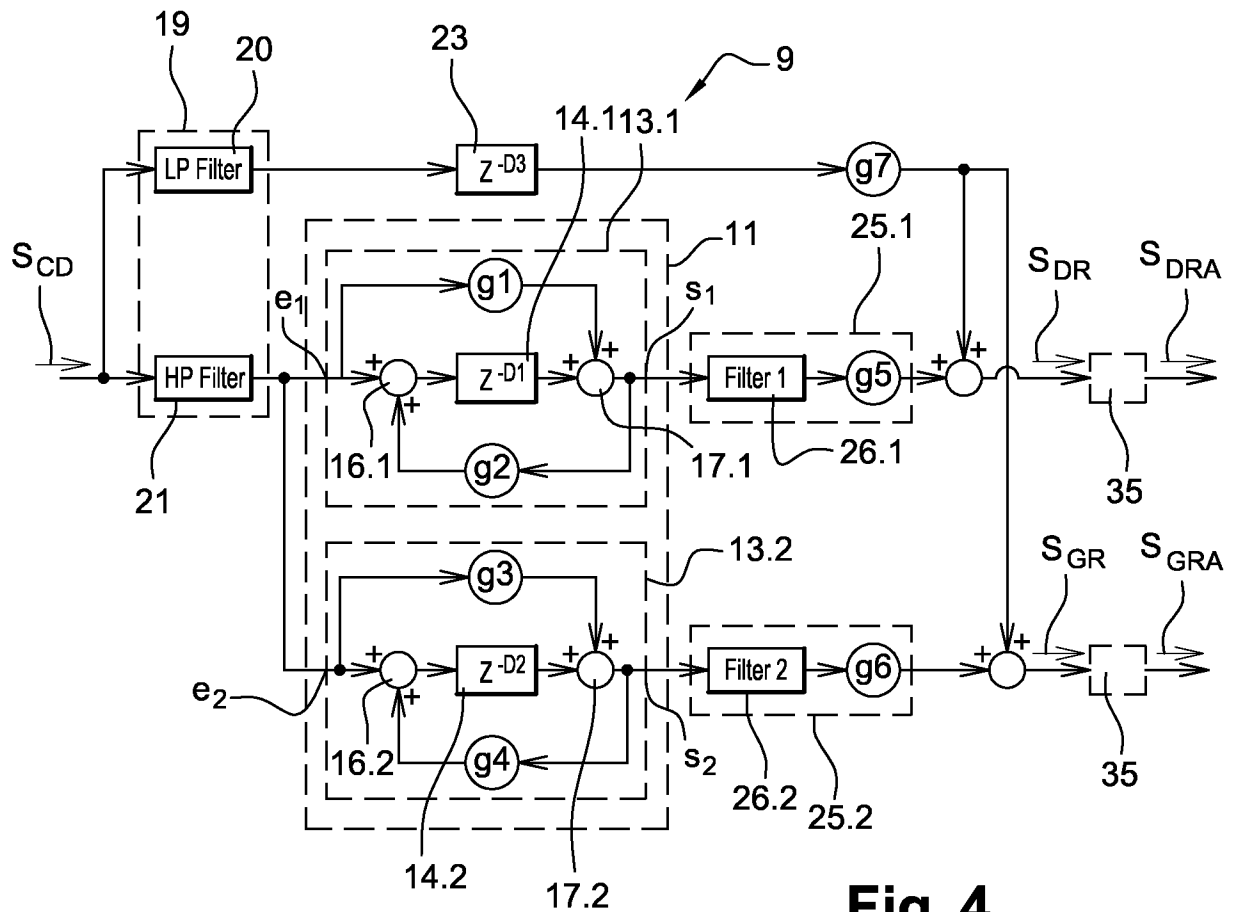
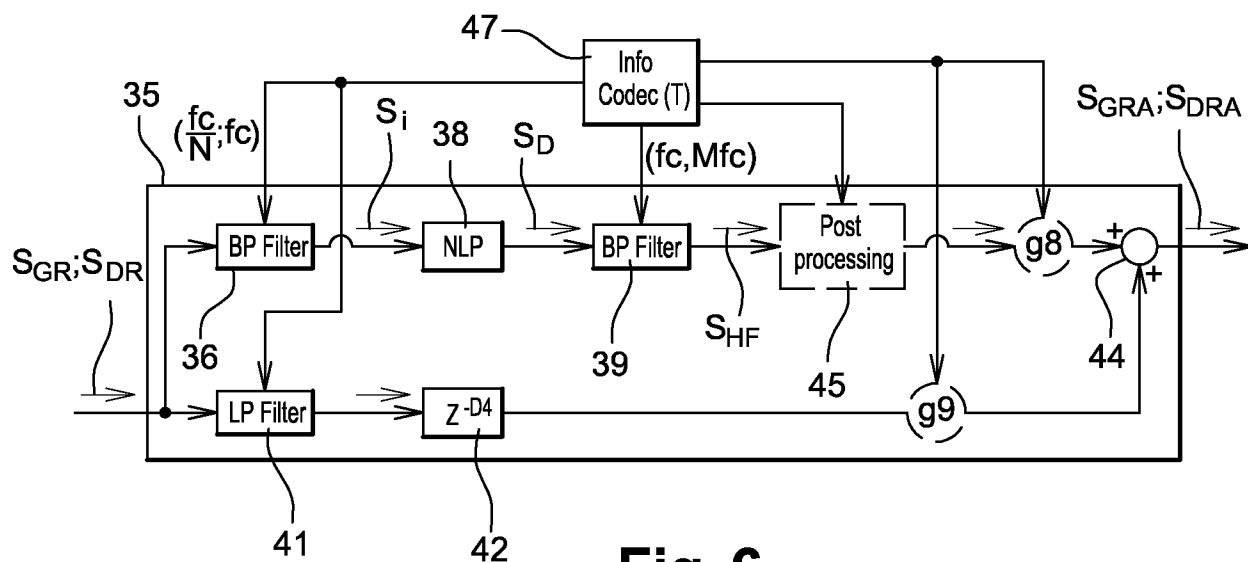
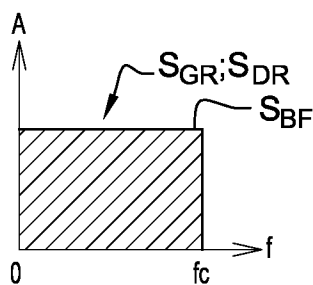
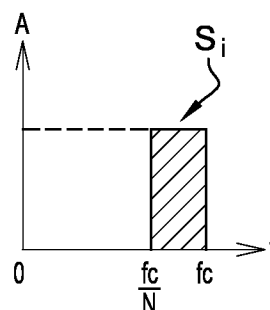
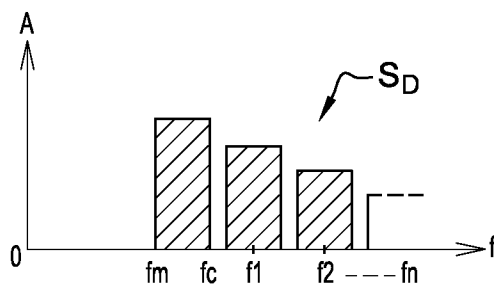
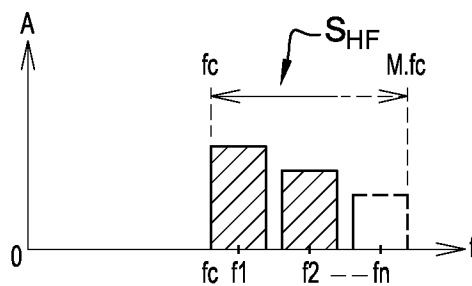
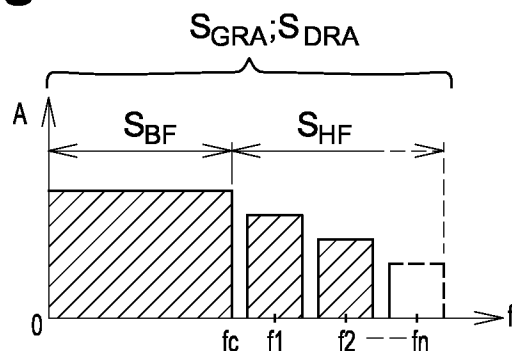


Fig. 5

2 / 3

**Fig. 3****Fig. 4**

3 / 3

**Fig. 6****Fig. 7a****Fig. 7b****Fig. 7c****Fig. 7d****Fig. 7e**