(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 697 699**
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)

(21) N° d'enregistrement national : **92 13511**

(51) Int Cl[5] : H 04 B 7/15, H 04 N 5/44

(12) DEMANDE DE BREVET D'INVENTION A1

(22) **Date de dépôt** : 05.11.92.

(30) **Priorité** :

(43) **Date de la mise à disposition du public de la demande :** 06.05.94 Bulletin 94/18.

(56) **Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire :** *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

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

(71) **Demandeur(s) :** *FRANCE TELECOM (Etablissement Autonome de Droit Public)* — FR et *TELEDIFFUSION DE FRANCE (S.A.) (Société Anonyme)* — FR.

(72) **Inventeur(s) :** Sueur Bertrand, Le Floch Bernard, Rivière Marc et Bernard Philippe.

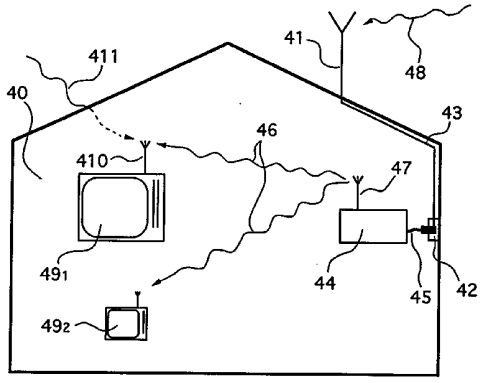
(73) **Titulaire(s) :**

(74) **Mandataire :** Vidon Patrice.

(54) Dispositif de réamplification d'un signal radiofréquence, notamment pour des applications domestiques, et systèmes de réception correspondant.

(57) L'invention concerne un dispositif de réamplification (44), du type comprenant des moyens (41) de réception d'un signal d'entrée (48), des moyens de réamplification et des moyens (47) de réémission d'un signal de sortie réamplifié (46) vers au moins un récepteur (49_1, 49_2), ledit signal d'entrée étant constitué d'au moins deux canaux distincts, chacun desdits canaux correspondant à une bande de fréquence distincte, ledit dispositif (44) comprenant de plus des moyens de filtrage, lesdits moyens de filtrage présentant une bande passante correspondant sensiblement à au moins une desdites bandes de fréquence du signal d'entrée, de façon que ledit signal de sortie (46) soit constitué d'au moins un canal extrait parmi lesdits canaux constituant ledit signal d'entrée (48).

De cette façon, plusieurs récepteurs peuvent être alimentés sans connexion filaire à une antenne. De plus, la puissance nécessaire pour la réamplification est restreinte, seuls les canaux utiles étant réémis.



FR 2 697 699 - A1

Dispositif de réamplification d'un signal radiofréquence, notamment pour des applications domestiques, et système de réception correspondant.

Le domaine de l'invention est celui de la réception de signaux numériques. Plus précisément, l'invention concerne la réception et la restitution de signaux dans des récepteurs autonomes, c'est-à-dire non raccordés physiquement à une antenne de réception indépendante ou à un réseau câblé de diffusion.

L'invention s'applique notamment à la réception de signaux d'images ou de sons, mais peut également trouver de nombreuses autres applications dans la réception de tout type de signaux de données. Un domaine d'application particulier de l'invention est celui de la réception domestique, à l'intérieur des maisons et des appartements.

Dans les systèmes de télévision analogiques actuellement mis en oeuvre, les récepteurs domestiques sont généralement reliés à une prise d'antenne murale, par l'intermédiaire d'un câble d'antenne coaxial. Ce lien physique entre le récepteur et une prise d'antenne présente plusieurs inconvénients.

Tout d'abord, il limite les possibilités de déplacement du récepteur. Cet inconvénient est parfois mineur, par exemple lorsqu'il s'agit d'un récepteur de grande taille, ayant vocation à rester en permanence en un emplacement déterminé. Toutefois, du fait que cet emplacement est décidé lors de la construction de l'habitation, par l'emplacement de la prise d'antenne, l'aménagement complet de la pièce est généralement plus ou moins imposé par l'emplacement du téléviseur, et toute modification de cet aménagement est difficile.

De plus, notamment dans le cas des récepteurs de petite ou de moyenne taille, l'utilisateur souhaite généralement pouvoir aisément déplacer son récepteur, par exemple de la cuisine dans le salon, puis du salon dans la chambre à coucher...

Il doit alors soit dérouler derrière son récepteur des longueurs importantes de câble d'antenne (dans lesquelles il viendra ensuite se prendre les pieds, débranchant ainsi le câble...), soit équiper son habitat d'un nombre important de prises d'antennes, auxquelles il devra systématiquement venir se rebrancher, à chaque déplacement. De plus, dans ce dernier cas, la réception est interrompue pendant le déplacement.

Par ailleurs, la présence de ce câble d'antenne est souvent particulièrement inesthétique (qu'il soit plus ou moins tendu entre le mur et le récepteur, ou qu'il soit roulé derrière le récepteur), alors que les architectes font toujours plus de recherches pour améliorer l'esthétique des récepteurs et des habitations. De plus, ce câble gêne considérablement la ménagère, en particulier lorsqu'elle veut passer le balai ou l'aspirateur (l'opération se terminant généralement par le débranchement de l'antenne).

On connaît par ailleurs des récepteurs de télévision dits portables ou portatifs, qui sont équipés d'une antenne de réception intégrée. En théorie, de tels récepteurs pallient les différents inconvénients dus à la présence du câble d'antenne. Ils peuvent notamment être aisément déplacés d'un point à un autre. Toutefois, dans la pratique, cette antenne intégrée s'avère insuffisante, et l'image restituée est le plus souvent de très mauvaise qualité (lorsqu'elle est restituée).

En effet, les signaux transmis par les émetteurs pénètrent en général difficilement à l'intérieur des habitations, en particulier à cause des nombreux obstacles à la propagation des ondes (murs, surfaces vitrées,...) et des structures métalliques (armatures des murs, huisseries,...) qui peuvent former des cages de Faraday. En conséquence, le signal reçu est très faible, et l'image correspondante est mauvaise, trouble, perturbée par des effets de neige ou d'images fantômes.

Au mieux, il est parfois possible de trouver un emplacement particulier où la qualité de l'image n'est pas trop mauvaise. Dans ce cas, l'utilisateur laissera son récepteur en cet emplacement particulier, perdant bien sûr ainsi tous les avantages liés à la portabilité de ce récepteur. De plus, généralement, cette image de qualité moyenne n'est obtenue qu'après un réglage long et fastidieux de la position des éléments de l'antenne. Le moindre changement de la position du récepteur, de même que tout changement de chaîne, impose un nouveau réglage des éléments de l'antenne.

Ainsi, à l'intérieur des habitations, l'utilisation des récepteurs à antenne intégrée est très mal aisée, et fournit généralement une image de mauvaise qualité. Dans la pratique d'ailleurs, l'utilisateur finit la plupart du temps par connecter son

récepteur portable à une prise d'antenne, pour pallier ces divers inconvénients. Il récupère alors, en revanche, tous les inconvénients déjà discutés plus haut pour les récepteurs fixes.

L'invention a notamment pour objectif de pallier ces différents inconvénients de l'état de la technique, dans le cadre des systèmes de diffusion numérique actuellement en cours de développement.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir un système permettant la réception de signaux numériques, dans lequel aucun raccordement physique entre un récepteur et une prise d'antenne, ou tout autre point d'injection d'un signal, tel qu'un point de connexion à un réseau de distribution câblé, n'est nécessaire.

En d'autres termes, l'invention a pour objectif de fournir un système de réception dans lequel un système peut être reçu et restitué dans un récepteur avec une bonne qualité, sans raccordement physique, et dans lequel le récepteur peut être déplacé et installé en tout emplacement, sans perturbations de la qualité du signal restitué.

En particulier, un objectif de l'invention est de fournir un tel système, destiné à la réception de signaux d'images et/ou de sons numériques.

Le principe général de l'invention, permettant d'atteindre ces objectifs, repose sur la transposition et l'adaptation au domaine domestique de la technique de réémission cocanal, habituellement mise en oeuvre pour faire disparaître les zones d'ombre dans la couverture d'un émetteur principal.

La technique de réémission cocanal (plus souvent désignée par le terme anglo-saxon "gap-filling") est par exemple décrite dans le document "La convergence des principes de diffusion par satellite et par voie de terre pour les émissions audionumériques destinées à des récepteurs mobiles et portatifs" (RATLIFF, POMMIER, MEIER-ENGELEN ; Revue de l'UER, n° 241-242, juin/août 1990, pp.3 à 15), dans lequel elle est dénommée technique "à émetteurs intercalaires", ou "à échos actifs".

Un réémetteur cocanal (ou émetteur intercalaire) est un dispositif

comprenant une antenne de réception, placée en dehors d'une zone d'ombre, des moyens de réamplification du signal reçu par l'antenne de réception, et des moyens de réémission sur la même fréquence du signal réamplifié, en direction de la zone d'ombre. Cette technique permet notamment d'obtenir une couverture homogène, sans qu'il soit nécessaire d'augmenter le nombre des émetteurs principaux ni leur puissance.

Bien sûr, cette technique de réémission cocanal (c'est-à-dire de réémission à la même fréquence que celle du signal reçu) ne peut s'appliquer que dans le cas des systèmes de transmission de signaux numériques capables de fonctionner en présence d'échos, voire de tirer parti de ces phénomènes d'échos pour reconstruire le signal source émis dans les récepteurs.

En effet, dans certaines zones, les signaux émis par l'émetteur principal peuvent se combiner avec les signaux réémis à la même fréquence par le réémetteur cocanal. Dans ce cas, ces différents signaux constituent des "échos artificiels", ou "échos actifs", qui sont interprétés par les récepteurs comme des échos naturels (dès lors que ces récepteurs sont capables de fonctionner en présence d'échos).

A titre d'exemple, le système de transmission dans lequel est mise en oeuvre l'invention peut être du type du système de diffusion numérique décrit notamment dans le brevet français FR-86 09622 déposé le 2 juillet 1986 et dans le document "Principes de modulation et de codage canal en radiodiffusion numérique vers les mobiles" (M. Alard et R. Lassalle ; Revue de l'U.E.R, n° 224, août 1987, pp. 168-190), et connu sous le nom de système COFDM (Coded Orthogonal Frequency Division Multiplex (multiplexage de fréquences orthogonales codées)).

Ce système COFDM a notamment été développé dans le cadre du projet européen DAB (Digital Audio Broadcasting (diffusion audionumérique)). Il est également candidat à la normalisation pour la diffusion terrestre de la télévision numérique.

La transposition de la technique de réémission cocanal au domaine domestique, objet de l'invention, consiste donc, dans son principe, à équiper

l'habitat domestique de moyens de réamplification et de réémission vers des récepteurs équipés d'une antenne intégrée. Le dispositif de réamplification domestique peut par exemple être connecté à une prise d'antenne, présente dans tous les domiciles.

Ainsi, le signal réémis est reçu dans de bonnes conditions par les récepteurs. En effet, la transmission se fait à l'intérieur des pièces, et n'est donc pas perturbée par les différents obstacles à la propagation que constitue l'habitat. Par ailleurs, les récepteurs peuvent être aisément déplacés et installés en tout lieu, sans le handicap que constitue le câble d'antenne.

Il est à noter que cette transposition de la technique de réémission au domaine de la réception domestique n'est nullement évidente. En effet, si le fait de rajouter un émetteur ou un réémetteur pour couvrir une zone géographique occultée relève d'une démarche classique pour l'homme du métier du domaine de la diffusion de signaux, ce n'est en revanche pas le cas pour l'homme du métier de la réception de signaux.

En effet, classiquement, celui-ci est un spécialiste des antennes de réception. Il considère généralement que l'amélioration de la réception domestique repose sur l'augmentation de la taille ou de l'efficacité des antennes, et éventuellement sur l'amélioration des opérations de traitement du signal après réception.

L'approche de l'invention est tout à fait différente. Elle ne vise pas à améliorer les moyens de réception (au contraire, ceux-ci pourront éventuellement voir leur taille réduite) mais à renforcer la puissance du signal susceptible d'être reçu.

Par ailleurs, cette transposition n'est pas suffisante en elle-même. Au contraire, elle nécessite plusieurs adaptations non évidentes pour pouvoir être mise en oeuvre de façon efficace.

En effet, tout d'abord, les réémetteurs cocanaux sont des dispositifs très encombrants et très onéreux, incluant une antenne de réception, un réamplificateur de forte puissance et une antenne d'émission. Clairement, de tels dispositifs ne peuvent pas être directement installés dans un domicile particulier.

De plus, l'émission d'ondes hertziennes à l'intérieur d'un domicile selon le principe des réémetteurs cocanaux peut poser de nombreux problèmes, pour la plupart encore mal maîtrisés. En effet, la réémission directe du signal reçu réamplifié entraîne une importante "pollution" du spectre radiofréquence dans l'habitat.

Cette "pollution" peut provoquer des interférences ou des perturbations d'autres signaux hertziens présents dans l'habitat, et correspondant par exemple à un autre signal diffusé venu de l'extérieur, ou à un signal généré en interne, tel que des signaux de contrôle ou de commande de divers appareils. Ces signaux peuvent alors être rendus non interprétables, du fait de la "pollution" hertzienne. Ce problème s'avérera sans doute crucial avec le développement de la domotique, dont la plupart des applications nécessitent des échanges de signaux. De plus, cette "pollution" n'est pas seulement néfaste pour l'habitat concerné, mais également pour les domiciles voisins, qui risquent de recevoir une partie des ondes émises.

L'invention a également pour objectif de pallier ces différents inconvénients.

Plus précisément, un objectif de l'invention est de fournir un dispositif de réamplification domestique limitant et contrôlant la quantité d'ondes hertziennes émises dans l'habitat, de façon à limiter la pollution du spectre radiofréquence.

Un objectif particulier de l'invention est également de fournir un tel dispositif, permettant l'utilisation aisée de récepteurs nomades, susceptibles d'être utilisés en tout lieu et en mouvement.

Un autre objectif de l'invention est de fournir un tel dispositif, qui soit compatible avec une application grand public. Ainsi, l'invention a pour objectif de fournir un tel dispositif remplissant notamment les conditions suivantes :

- faible encombrement ;
- faible coût de revient ;
- facilité d'installation ;
- facilité d'utilisation.

L'invention a également pour objectif de fournir un tel dispositif qui ne

nécessite aucune modification ni du signal émis (c'est-à-dire des émetteurs), ni des récepteurs. En d'autres termes, le dispositif de l'invention doit être optionnel. En particulier, un récepteur doit pouvoir fonctionner alternativement en présence de ce dispositif ou hors de sa présence (par exemple en extérieur, ou en étant relié à une prise d'antenne par un câble classique).

Ces objectifs, ainsi que d'autres qui apparaîtront par la suite, sont atteints selon l'invention à l'aide d'un dispositif de réamplification, du type comprenant des moyens de réception d'un signal d'entrée, des moyens de réamplification et des moyens de réémission d'un signal de sortie réamplifié vers au moins un récepteur, ledit signal d'entrée étant constitué d'au moins deux canaux distincts, chacun desdits canaux correspondant à une bande de fréquence distincte, ledit dispositif de réamplification comprenant de plus des moyens de filtrage, lesdits moyens de filtrage présentant une bande passante correspondant sensiblement à au moins une desdites bandes de fréquence du signal d'entrée, de façon que ledit signal de sortie soit constitué d'au moins un canal extrait parmi lesdits canaux constituant ledit signal d'entrée.

Ainsi, le signal réémis est strictement limité au signal utile. Par exemple, si le signal d'entrée reçu comprend N canaux et si le signal de sortie comprend un unique canal, la limitation de la bande de fréquence réémise est de l'ordre de (N-1)/N. Cela représente donc une limitation très importante de la pollution du spectre radiofréquence, en particulier lorsque N est de l'ordre de quelques dizaines. Bien sûr, l'invention n'est pas limitée au cas où un seul canal est réémis. En effet, dans certains dispositifs de réamplification, plusieurs canaux distincts peuvent être filtrés dans le signal reçu et réémis, en fonction des besoins (par exemple pour distribuer des signaux distincts vers plusieurs récepteurs).

De façon avantageuse, le dispositif de l'invention comprend des moyens de contrôle de ladite bande passante desdits moyens de filtrage.

Cette caractéristique est avantageuse, notamment dans l'optique d'une diffusion grand public d'un tel dispositif. En effet, il doit pouvoir fonctionner en tout lieu géographique, c'est-à-dire quelle que soit l'allocation des fréquences en

vigueur dans un lieu donné. Par ailleurs, cette allocation des fréquences peut varier dans le temps, et il est souhaitable que le réamplificateur puisse s'adapter à ces variations, à peine de devenir obsolète.

De plus, l'utilisateur du réamplificateur peut souhaiter recevoir sélectivement l'un ou l'autre des canaux, en fonction de ses besoins, soit que son récepteur puisse recevoir alternativement plusieurs canaux, soit qu'il dispose de plusieurs récepteurs susceptibles de recevoir chacun des canaux distincts (par exemple un récepteur de télévision et un récepteur de signaux sonores).

Pour ce faire, les moyens de contrôle comprennent avantageusement des moyens de programmation de la bande passante desdits moyens de filtrage, de façon que ladite bande passante correspondent sensiblement à au moins une desdites bandes de fréquence du signal d'entrée.

De façon préférentielle, lesdits moyens de programmation comprennent des moyens de stockage d'au moins deux bandes passantes distinctes, et lesdits moyens de contrôle comprennent des moyens de sélection d'au moins une desdites bandes passantes stockées, lesdits moyens de sélection agissant en fonction d'une commande de sélection extérieure.

Il est donc également avantageux que la fonction de transfert des moyens de filtrage soit ajustable.

Selon un mode de réalisation avantageux de l'invention, lesdits moyens de filtrage comprennent au moins un filtre accordable, l'accord dudit filtre accordable étant contrôlé par lesdits moyens de contrôle.

De cette façon, la souplesse de réglage est très grande.

Selon un autre mode de réalisation, lesdits moyens de filtrage comprennent des moyens pour filtrer sélectivement au moins deux canaux distincts parmi lesdits canaux constituant ledit signal d'entrée.

Avantageusement, lesdits moyens de filtrage comprennent au moins deux filtres, chacun desdits filtres assurant le filtrage d'un canal distinct.

Dans ce cas, chacun desdits filtres peut être sélectivement actionnable, en fonction de ladite commande de sélection.

Préférentiellement, ladite commande de sélection extérieure est générée par des moyens de télécommande.

Ainsi, la sélection des canaux est particulièrement simplifiée. Aucune action directe sur le dispositif de réamplification n'est nécessaire.

Pour une plus grande simplification encore, il est avantageux que lesdits moyens de télécommande génère une commande de sélection contrôlant simultanément ledit dispositif de réamplification et au moins un récepteur.

Dans ce cas, le contrôle du réamplificateur est complètement transparent pour l'utilisateur. En effet, il agit de façon classique sur son récepteur, à l'aide de sa télécommande, pour sélectionner un canal. Dans le même temps, la télécommande émet également un signal de commande vers le dispositif de réamplification. Il peut soit s'agir du même signal, notamment dans le cas où le récepteur, la télécommande et le réamplificateur font partie du même système, commercialisé comme un tout, soit de deux signaux, adaptés respectivement au récepteur et au réamplificateur.

Selon un autre mode de réalisation particulier, lesdits moyens de télécommande sont intégrés dans un desdits récepteurs, de façon que ledit récepteur contrôle ledit dispositif de réamplification en fonction d'une sélection de canal préalable effectuée par un utilisateur, au niveau du récepteur.

Dans ce cas, la télécommande de l'utilisateur est classique. Elle ne contrôle que le récepteur. Celui-ci comprend en revanche ses propres moyens de télécommande, qui contrôle le réamplificateur.

Selon l'invention, les moyens de filtrage peuvent être placés indifféremment en aval et/ou en amont des moyens de réamplification.

Ainsi, dans un premier mode de réalisation, lesdits moyens de filtrage comprennent des moyens de filtrage aval, insérés entre lesdits moyens de réamplification et lesdits moyens de réémission. Dans ce cas, les moyens de filtrage filtrent non seulement les canaux inutiles, mais également les éventuelles perturbations introduites par les moyens de réamplification.

Dans un second mode de réalisation particulier, lesdits moyens de filtrage

comprennent des moyens de filtrage amont, insérés entre lesdits moyens de réception et lesdits moyens de réamplification. Ainsi, les moyens de réamplification n'amplifient que le signal utile, ce qui permet de limiter leur puissance.

Enfin, dans un troisième mode de réalisation avantageux, ledit dispositif comprend des moyens de filtrage aval et des moyens de filtrage amont, qui sont préférentiellement identiques et contrôlés par un signal de contrôle unique délivré par lesdits moyens de contrôle. Les avantages des deux premiers modes de réalisation sont alors réunis.

Selon un mode de réalisation particulier, lesdits moyens de réamplification présente un gain d'amplification de l'ordre de 20 à 50 dB, voire moins. Plus généralement, ce gain est déterminé de façon que le réamplificateur couvre l'espace voulu (par exemple la totalité d'une habitation). Eventuellement, il peut être ajustable, en fonction des besoins.

Par ailleurs, lesdits moyens de réception d'un signal d'entrée peuvent notamment être connectés à au moins un des moyens appartenant au groupe comprenant :

- un réseau câblé de diffusion ;
- une antenne extérieure ;
- une antenne intégrée.

L'invention s'applique à la réception de tout type de signaux numériques susceptibles d'être reçus en présence d'échos.

Ainsi, certains desdits canaux peuvent avantageusement porter un signal constitué d'une pluralité de fréquences porteuses orthogonales, chacune desdites fréquences porteuses étant sélectivement modulée par une série distincte d'éléments de données extraits dans une séquence d'éléments de données représentative d'un signal numérique source.

En particulier, il peut s'agir avantageusement d'un signal COFDM.

Enfin, l'invention ne se limite pas uniquement au dispositif de réamplification en lui-même, mais concerne également le système de réception formé par au moins un récepteur et au moins un dispositif de réamplification.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description suivante de plusieurs modes de réalisation de l'invention, donnés à titre d'exemples illustratifs et non limitatifs, et des dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est un schéma synoptique global d'un système de diffusion de signaux COFDM de type connu ;
- la figure 2 illustre la structure du signal transmis dans le système de diffusion de la figure 1 ;
- la figure 3 est un exemple schématique d'un réseau de diffusion monofréquence à réémetteur cocanal, dans lequel les récepteurs sont susceptibles de recevoir des signaux émis par plusieurs sources;
- la figure 4 illustre le principe général de l'invention, selon laquelle un réamplificateur réémet un signal vers au moins un récepteur ;
- les figures 5 à 7 sont les schémas synoptiques de trois modes de réalisation possibles du réamplificateur de la figure 4, correspondant respectivement à un réamplificateur à filtrage amont, à un réamplificateur à filtrage aval et à un réamplificateur à filtrage aval et amont ;
- les figures 8A à 8D illustrent quatre configurations possibles pour le fonctionnement des systèmes formés par les récepteurs et les réamplificateurs ;
- la figure 9 présente un schéma synoptique du module de contrôle des figures 5 à 7 ;
- la figure 10 est un exemple d'un module de filtrage des figures 5 à 7 ;
- la figure 11 présente un exemple d'un signal d'entrée et d'un signal de sortie tels qu'ils peuvent être reçu et émis respectivement par le réamplificateur de la figure 4.

Avant de présenter en détail plusieurs modes de réalisation préférentiels de l'invention, on rappelle tout d'abord ci-dessous les caractéristiques principales

du système de diffusion COFDM, auquel s'applique avantageusement l'invention.

Il est à noter, cependant, que l'invention ne se limite en aucun cas à ce système de diffusion particulier, présenté seulement à titre d'exemple, mais peut au contraire s'appliquer à tous les systèmes de diffusion capables de fonctionner en présence d'échos.

La figure 1 est donc un schéma synoptique d'une chaîne d'émission et de réception d'un système mettant en oeuvre la technique COFDM. Les caractéristiques de ce système de diffusion sont notamment décrites dans l'article "Principes de modulation et de codage canal en radiodiffusion numérique vers les mobiles" déjà cité.

Le système de diffusion numérique COFDM est basé sur l'utilisation conjointe d'un dispositif de codage de canal et d'un procédé de modulation par multiplexage de fréquences orthogonales.

Le codage canal met en oeuvre un code convolutif.

Le procédé de modulation proprement dit de ce système connu permet de s'affranchir des problèmes liés à la sélectivité en fréquence du canal. Il consiste à assurer la répartition d'éléments numériques constitutifs du signal de données dans l'espace fréquence-temps et à émettre simultanément des jeux d'éléments numériques sur une pluralité de voies de diffusion parallèles au moyen d'un multiplex de fréquences utilisant des porteuses orthogonales. En particulier, ce type de modulation permet d'éviter que deux éléments successifs du train de données soient émis à la même fréquence.

Ainsi, les données numériques source 11 à transmettre sont soumises à un codage convolutif 12. Le principe général d'un tel code est d'associer à chaque valeur source une valeur codée dépendant de cette valeur source et d'au moins une des valeurs qui la précède. Du fait du lien ainsi créé entre les valeurs codées, il est alors possible, au décodage, de reconstruire la séquence des valeurs source même lorsqu'une valeur codée reçue est fausse, à l'aide d'un décodage à maximum de vraisemblance, tel qu'un décodage de Viterbi à décision douce (c'est-à-dire un décodage délivrant une estimation de la valeur reçue et une pondération

représentative de la confiance que l'on peut accorder à cette estimation).

Avantageusement, un code externe du type Reed-Solomon ou CSRS (Cyclotomatically Shortened Reed Solomon (code de Reed Solomon cyclotomatiquement raccourci)) peut être concaténé au code convolutif.

Les données source peuvent bien sûr être de tout type, qu'il s'agisse de signaux sonores, de signaux d'images ou de signaux de données. Elles peuvent de plus correspondre à plusieurs sources d'origines distinctes, émises simultanément. Ainsi, par exemple, la demande de brevet FR 90 16383 déposée le 19.12.1990 au nom des mêmes déposants propose une organisation des données en trames et en canaux permettant d'assurer notamment la transmission simultanée de plusieurs canaux sonores (correspondant par exemple aux canaux stéréophoniques de plusieurs stations de radio), d'images fixes ou animées, d'informations de type télétexte, de signaux de radiomessagerie, etc...

Comme on l'a déjà précisé, le système COFDM repose sur l'utilisation simultanée d'une pluralité de fréquences porteuses émises simultanément. Le nombre N de porteuses peut être quelconque. Il est classiquement de l'ordre de quelques centaines (il pourrait également être de l'ordre de quelques unités). Chacune de ces porteuses est modulée à un faible débit (par rapport au débit nécessaire pour un système monoporteuse correspondant). Cela permet de réduire l'effet de sélectivité du canal.

Le signal global émis est donc un signal large bande (occupant par exemple une bande de quelques Mégahertz). Il est à noter que le signal COFDM dont il est question ici correspond à un canal fréquentiel du signal d'entrée selon l'invention. En d'autres termes, le signal d'entrée correspond à un multiplex fréquentiel constitué de plusieurs signaux COFDM (et éventuellement d'autres types de signaux numériques et/ou analogiques).

La bande large de ces signaux est un avantage, dans le cas de systèmes conçus pour tirer parti des trajets multiples, tel que le COFDM. En effet, du fait de l'étalement de la réponse du canal de transmission, il est très improbable qu'un évanouissement profond affecte simultanément l'ensemble du signal.

A titre d'exemple, dans une bande de fréquence de 8 Mhz, on peut définir 512 fréquences porteuses séparées de 15 625 Hz. Parmi celles-ci 448 sont utilisables, après élimination de la fréquence centrale du spectre et des porteuses latérales (1/8e du spectre) pour tenir compte des contraintes de filtrage.

Dans ce système COFDM, et contrairement aux méthodes classiques de multiplexage en fréquence, les spectres des différentes porteuses se recouvrent mutuellement. Toutefois, le signal complet vérifie certaines conditions d'orthogonalité, permettant la séparation des informations associées aux différentes porteuses, par exemple en utilisant la technique de la transformation de Fourier (ainsi que cela est précisé plus loin). En d'autres termes, la notion d'orthogonalité des fréquences porteuses sous-entend que les spectres des porteuses peuvent se chevaucher, à la condition que, lorsque un des spectres présente sa puissance maximale, c'est-à-dire à la fréquence précise de la porteuse correspondant à ce spectre, tous les autres spectres ont une puissance nulle. Le décodage n'est donc pas perturbé si l'on considère cette fréquence précise.

L'interférence intersymbole introduite notamment par les trajets multiples lors de la transmission peut affaiblir cette orthogonalité. Pour éviter ce problème, on insère un intervalle de garde (pendant lequel aucun décodage n'est effectué) entre chaque symbole émis. La durée de cet intervalle de garde est choisie supérieure à l'étalement de la réponse impulsionnelle du canal.

Le module de codage 12 délivre des éléments de données codées C_k 13 appartenant à un alphabet de modulation. Le choix de l'alphabet spécifie le type de modulation utilisé. Par exemple, pour une modulation à 4 états de phase (MDP4), l'alphabet utilisé est {1 + i, 1 - i, -1 + i, -1 - i}. De nombreux autres types de modulation peuvent être utilisés, tels que les modulations MDP8, 16QAM ou les modulations par codage en treillis selon la méthode d'Ungerboeck.

Les éléments de données codés 13 sont ensuite soumis à une opération 14 de répartition dans l'espace fréquence-temps, qui consiste à associer à chacune des fréquences porteuses des éléments de données sélectionnés dans la suite des données codées 13 de façon à briser, par brassage, la corrélation des distorsions

subies par les échantillons transmis. Par espace temps-fréquence, on entend un ensemble de points répartis selon deux axes perpendiculaires, l'axe du temps et l'axe des fréquences. Selon l'axe des fréquences, on distingue autant de points qu'il y a de fréquences porteuses. Selon l'axe du temps, un point correspond à la durée d'un symbole.

Par exemple, cette répartition assure au minimum que deux données source successives ne soient pas transmises consécutivement et/ou sur une même fréquence porteuse. Plus généralement, l'éloignement dans l'espace temps-fréquence entre deux données codées successives est au minimum tel que l'indépendance statistique entre ces données soit assurée.

Dans la pratique, cette répartition 14 dans l'espace temps-fréquence peut correspondre à un entrelacement en temps 14_A consistant par exemple en une application sélective de retards de différentes durées, suivi d'un entrelacement en fréquences 14_B, consistant en une affectation sélective des éléments de données retardés aux différentes porteuses.

Chaque fréquence porteuse est ensuite modulée par la séquence d'éléments de données C_k qui lui est destinée après l'entrelacement en temps et en fréquence 14. Cette opération de modulation peut être effectuée par l'application d'une transformation de Fourier rapide inverse (FFT^{-1}) 16 sur la suite 15 d'éléments de données entrelacés délivrée par le module 14.

Le module de transformation inverse 16 délivre des symboles élémentaires de modulation 17 correspondant à la modulation simultanée des N fréquences porteuses et destinés chacun à être transmis pendant l'intervalle de temps $T_s = t_s + \Delta$, où t_s est la durée du symbole "utile", sur laquelle portera la démodulation et où Δ représente la durée de l'intervalle de garde (par exemple : $\Delta = T_s/4$).

Ces symboles 17 sont ensuite émis, de façon classique, à l'aide d'un module d'émission 18 classique, qui effectue notamment la conversion numérique/analogique des symboles 17, puis une transposition du signal analogique correspondant dans le domaine des radiofréquences.

Chaque symbole émis x(t) peut s'écrire :

$$x(t) = \sum_{k=0}^{N-1} Re\ (C_k \,.\, e^{2i\pi f_k t}) \qquad pour\ t \in [0,\ T_s]$$

où $f_k = f_0 + k/t_s$

et avec : N : nombre de porteuses du multiplex de porteuses orthogonales ;

f_0 : fréquence arbitraire ;

C_k : élément de l'alphabet de modulation.

Le signal émis dans un canal de transmission 19 (présentant généralement des trajets multiples) est reçu dans un module de réception 110, également classique.

Si l'intervalle de garde est plus long que la réponse impulsionnelle du canal, et si celui-ci varie lentement par rapport à la durée T_s d'un symbole (invariance du canal pendant la durée d'un symbole), chaque symbole reçu (non affecté par l'interférence intersymbole) peut se mettre sous la forme :

$$y(t) = \sum_{k=0}^{N-1} Re\ (H_k \,.\, C_k \,.\, e^{2i\pi f_k t})$$

où H_k représente la réponse du canal 19 à la fréquence f_k.

Dans le module de réception 110, le signal reçu est démodulé sur les voies en phase et en quadrature d'un oscillateur local de transposition à la fréquence $f_0 + 1/(2T)$ et échantillonné par un convertisseur analogique/numérique au rythme de 1/T, avec $T = t_s/N$.

Le signal 111 obtenu s'écrit :

$$x(nT) = (-1)^n \,.\, \sum_{k=0}^{N-1} C_k \,.\, H_k \,.\, e^{2i\pi \frac{nk}{N}} \qquad (n = 0\ à\ n-1)$$

Ce signal 111 est soumis à une transformation (FFT) 112, symétrique de la transformation inverse 16. Cette transformation 112 délivre les données 113 suivantes :

$$H_k \cdot C_k = \sum_{n=0}^{N-1} (-1)^n z(nT) \cdot e^{-2i\pi \frac{nk}{N}} \quad \textit{sur l'ensemble } [(-1)^n z(nT)]_{n=0 \text{ à } N-1}$$

Ces données 113 sont ensuite démodulées (114). La démodulation peut être cohérente ou différentielle. Dans le cas d'une démodulation différentielle 114, et si l'on pose :

$$Y_{j,k} = H_{j,k} \cdot C_{j,k}$$

où l'indice j représente la dimension temporelle, la démodulation consiste à utiliser au rang j un estimateur simplifié du canal déduit du rang j-1 :

$$\tilde{H}_{j,k} = Y_{j-1,k} / C_{j-1,k}.$$

On obtient donc les éléments de données estimées $\tilde{C}_{j,k} = Y_{j,k} / \tilde{H}_{j,k}$.

Ces éléments de données 115 sont ensuite soumis à un module de désentrelacement 116, effectuant les opérations inverses du module 14, de façon à reconstituer l'ordre d'origine des symboles, qui sont ensuite dirigés dans un module de décodage 117, effectuant un décodage à maximum de vraisemblance a posteriori, tel qu'un décodage de Viterbi à décision douce.

En effet, dans la pratique, il apparaît toujours du bruit lors de la transmission des signaux. Le signal reçu doit donc alors s'écrire :

$$Y_{j,k} = H_{j,k} \cdot C_{j,k} + N_{j,k}$$

où $N_{j,k}$ est un bruit gaussien complexe dont chaque composante possède une variance $\sigma^2_{j,k}$.

Le décodage selon le critère de maximum de vraisemblance a posteriori consiste alors à minimiser l'expression :

$$\sum_j \sum_k | Y_{j,k} - H_{j,k} \cdot C_{j,k} |^2 / (2.\sigma^2_{j,k})$$

Le module de décodage fournit ainsi, après un éventuel décodage du code concaténé, si un tel code a été mis en oeuvre à l'émission, le signal 118 correspondant au signal source 11.

Dans le système COFDM, les symboles transmis sont avantageusement organisés en trames de symboles. La figure 2 présente, à titre d'exemple, une telle

structure. Plus précisément, la figure 2 illustre une trame constituée de M symboles successifs.

Chaque trame débute avantageusement par trois symboles particuliers S1, S2 et S3 dont le rôle est précisé par la suite. Elle comprend ensuite un certain nombre de symboles utiles S4 à SM, comprenant chacun N porteuses orthogonales modulées 21.

Le symbole S1 est un symbole nul, permettant d'une part d'effectuer une synchronisation analogique, et d'autre part d'effectuer l'analyse spectrale du canal de diffusion. Le symbole S2 est un second symbole de synchronisation constitué par un multiplex non modulé de toutes les fréquences porteuses, à enveloppe sensiblement constante. Il permet de recaler plus précisément la synchronisation par analyse de la réponse impulsionnelle du canal. Le rôle et le mode de réalisation de ces symboles S1 et S2 sont décrits dans le brevet FR 88 15216, déposé le 18.11.88, au nom des mêmes déposants.

Bien sûr, ces symboles de synchronisation ne sont pas obligatoires vis-à-vis de l'invention.

Le symbole S3 est quant à lui un symbole de vobulation, donnant une référence de phase pour la démodulation de chaque porteuse des symboles suivants, lorsque celles-ci sont modulées différentiellement.

Le cas échéant, la trame peut également être découpée en canaux (Ci, Cj) regroupant par exemple un nombre variable de symboles.

Enfin, chaque symbole débute par un intervalle de garde 22, pendant lequel aucun décodage n'est effectué. Il permet de supprimer les pertes d'orthogonalité dues aux interférences intersymboles.

Ainsi qu'on l'a déjà mentionné, le système COFDM est conçu pour fonctionner en présence de trajets multiples. Cette caractéristique avantageuse permet la mise en oeuvre de réseaux de diffusion monofréquences (en ce qui concerne la fréquence d'émission du signal).

La figure 3 illustre, de façon schématique, le principe de tels réseaux monofréquences. Sur cette figure, on a représenté deux émetteurs 31_A et 31_B, ayant

respectivement une couverture géographique 32_A et 32_B. Bien sûr, dans la réalité, le nombre d'émetteurs est beaucoup plus important, et choisi de façon à couvrir un territoire donné.

De façon classique, ces couvertures 32_A et 32_B présentent une zone de recouvrement 33, dans laquelle les signaux émis par les deux émetteurs 31_A et 31_B peuvent être reçus par un récepteur 34. Dans les systèmes de diffusion actuellement mis en oeuvre, il est nécessaire que chaque émetteur ait une fréquence d'émission distincte. Sinon, les deux signaux reçus simultanément par le récepteur 34 se combinent de façon non interprétable.

Au contraire, dans le cas du système COFDM, et plus généralement de tout système capable de fonctionner en présence d'échos, tous les émetteurs peuvent utiliser la même fréquence d'émission. En effet, le récepteur 34 interprète alors les contributions 38_A et 38_B des deux émetteurs 31_A et 31_B reçues sur son antenne 39 comme des échos naturels, dont il sait tirer parti.

Les deux contributions 38_A et 38_B correspondent, selon la terminologie utilisée dans la présente demande, à deux voies d'émission distinctes.

Le principe des réseaux monofréquences revient donc à générer des échos actifs (interprétés comme des échos naturels), à partir d'un ensemble d'émetteurs répartis sur un territoire donné. Outre les avantages évidents qu'apporte cette technique en ce qui concerne notamment l'allocation des ressources (l'attribution d'une fréquence d'émission unique suffit, et le territoire couvert peut être virtuellement étendu indéfiniment), elle apparaît également avantageuse vu des récepteurs, puisque ceux-ci tirent généralement avantage de la présence d'échos.

La figure 3 présente également une autre situation dans laquelle ce principe peut être avantageusement utilisé, à savoir la suppression des zones d'ombre. Une zone d'ombre est une zone géographique 35 incluse dans un territoire 32, normalement couvert par un émetteur donné 31_A, et dans laquelle aucun signal n'est reçu. Il peut par exemple s'agir d'une zone masquée par la présence d'un immeuble.

Dans ce cas, on utilise un réémetteur cocanal 36, qui comprend une

antenne de réception 37 (placée hors de la zone d'ombre) et des moyens de réamplification directe sur la même fréquence du signal reçu, couvrant la zone d'ombre.

A nouveau, dans ce cas, il existe des espaces géographiques dans lesquels des signaux émis par plusieurs émetteurs et/ou réémetteurs peuvent être reçus simultanément. Il est donc nécessaire que les récepteurs soient capables de fonctionner en présence d'échos.

Le dispositif de l'invention s'applique également dans ce type de système. Plus précisément, il repose en partie sur une transposition de la technique des réémetteurs cocanaux au domaine domestique.

La figure 4 représente, schématiquement et sans respect des échelles des différents éléments, une habitation 40, équipée classiquement d'une antenne de réception 41, placée sur le toit de l'habitation (cette antenne peut bien sûr également être installée dans un grenier, ou en tout autre emplacement adéquat).

Toujours de façon classique, cette antenne 41 est reliée à une prise d'antenne murale 42 (ou plusieurs prises, dans le cas des grandes habitations et des habitations collectives), par l'intermédiaire d'un câble coaxial 43, qui est fixé le long des murs ou qui circule à l'intérieur de ces murs.

De telles installations existent dans la plupart des habitations. L'invention utilise avantageusement ces moyens existants, de façon qu'aucune infrastructure particulière ne soit nécessaire. De cette façon, le coût de mise en oeuvre de l'invention reste limité au coût du dispositif de réamplification (ou réamplificateur).

Ce dispositif 44 se présente donc sous la forme d'un module, qui peut avoir une taille très réduite. Il est connecté à la prise murale 42, par l'intermédiaire d'un câble coaxial 45. Dans un autre mode de réalisation, s'il est de taille et de poids suffisamment limités, il peut aussi être directement branché sur la prise 42.

Ainsi que cela sera décrit plus en détail par la suite, le réamplificateur 44 comprend des moyens de réamplification et de filtrage. Le signal 48 reçu par l'antenne 41 est donc filtré et réamplifié, et ensuite réémis (46) à l'intérieur de l'habitation 40, à l'aide d'une antenne d'émission 47 (éventuellement, le réamplifica-

teur peut comprendre plusieurs antennes, notamment pour bénéficier du phénomène de diversité spatiale). Cette antenne 47 peut être soit extérieure au boîtier du réamplificateur 44 (tel que représenté), soit intégrée dans ce boîtier, soit encore délocalisée. Cette dernière solution permet de dissimuler le boîtier de réamplification 44 (par exemple derrière ou dans un meuble), seule l'antenne d'émission 47, reliée par câble au boîtier, restant alors apparente.

Le récepteur de télévision 49_1, équipé d'une antenne de réception autonome 410 (intégrée au récepteur ou externe) reçoit le signal réémis 46, à partir duquel les images peuvent être reconstruites.

Bien sûr, l'antenne 410 peut également recevoir le même signal 411 de l'extérieur (en général fortement atténué, et donc insuffisant pour être utilisé seul). Dans la plupart des cas, les deux contributions 411 et 46 sont légèrement décalées l'une par rapport à l'autre dans le temps. Il est donc nécessaire que le récepteur 49 soit capable de fonctionner en présence d'échos.

Un des avantages de la technique de l'invention est que plusieurs récepteurs 49_1 et 49_2 peuvent recevoir simultanément le même signal 46, puisqu'il est diffusé. Au contraire, les systèmes classiques nécessitent une liaison par câble distincte pour chaque récepteur. Dans le cas où le réamplificateur 44 est prévu pour alimenter plusieurs récepteurs (par exemple un récepteur de salon 49_1 et un récepteur portable 49_2), le signal réémis 46 comprend avantageusement plusieurs canaux.

On peut aussi prévoir, dans le réamplificateur 44, des moyens de programmation, permettant d'adapter ses propres signaux de commande 83_B à ceux 83_A du récepteur.

Bien que l'exemple illustré corresponde au cas d'un signal 48 reçu sur une antenne 41 de réception extérieure, l'invention ne se limite pas à cette application. Notamment, la prise 42 à laquelle est connectée le réamplificateur 44 peut également être une prise de connexion à un réseau câblé de diffusion. Pour certaines applications, le réamplificateur 44 peut également posséder sa propre antenne de réception.

De nombreux modes de fonctionnement du système formé par au moins un réamplificateur et au moins un récepteur peuvent être envisagés. A titre d'exemple, les figures 8A à 8D illustrent quatre configurations possibles.

Les exemples des figures 8A et 8B peuvent notamment correspondre au cas où le réamplificateur 44 est commercialisé comme une entité indépendante des récepteurs. Dans ce cas, il est souhaitable que le réamplificateur puisse réémettre plusieurs canaux, de façon à pouvoir alimenter plusieurs récepteurs avec des canaux distincts.

Les figures 8C et 8D peuvent correspondre quant à elles au cas où le système récepteur-amplificateur est commercialisé comme un tout. Dans cette situation, le réamplificateur peut ne réémettre qu'un seul canal, et plusieurs réamplificateurs (un pour chaque récepteur) peuvent cohabiter.

Le mode de réalisation de la figure 8A correspond au cas particulièrement simple d'un réamplificateur 44 équipé de moyens 81_A à 81_C de réglage de la bande passante (ou fonction de transfert, ou encore gabarit de filtrage) des moyens de filtrage décrits par la suite. Vu de l'utilisateur, il peut s'agir classiquement, de potentiomètres de réglage. Par exemple, trois potentiomètres 81_A à 81_C peuvent permettre de définir trois bandes passantes, correspondant chacune à un canal.

Une fois le réglage de la bande passante (c'est-à-dire la définition de la bande passante voulue) effectué, le réamplificateur 44 émet en permanence le signal 46 constitué de trois (chiffre donné bien sûr seulement à titre d'exemple) canaux, vers l'ensemble des récepteurs 49_1 et 49_2 de l'habitation.

Chaque récepteur 49_1 extrait du signal 46, de façon classique, le canal qu'il souhaite.

Le réglage de la bande passante est fixe, et n'est modifié que lorsque l'allocation des canaux varie (soit qu'une réallocation des canaux soit décidée, soit que le réamplificateur soit transporté dans une zone géographique où l'allocation des canaux est différente).

La figure 8B correspond à une amélioration du système de la figure 8A. En effet, le réamplificateur 44 est contrôlé par une télécommande 82 qui peut

notamment offrir au moins un des contrôles suivants :

- mise en marche ou à l'arrêt du réamplificateur. Il n'est en effet pas nécessaire que le réamplificateur émette si aucun récepteur n'est en fonction ;
- sélection des canaux à émettre. Dans ce cas, plusieurs bandes passantes ont été programmées, correspondant à des canaux distincts, et la télécommande permet de sélectionner le ou les canaux voulus, en fonction des besoins ;
- programmation des canaux. Eventuellement, cette fonction peut être en effet effectuée à l'aide de la télécommande ;
- réglage de la puissance d'émission.

De préférence, la télécommande 82 est conçue de façon à avoir une portée suffisante pour fonctionner dans l'ensemble d'une habitation.

Dans le cas de la figure 8C, le système constitué par le réamplificateur 44 et le récepteur 49_1 est contrôlé par une télécommande unique 82, qui émet d'une part un signal 83_A vers le récepteur 49_1 (pour les fonctions classiques du récepteur), et d'autre part un signal 83_B vers le réamplificateur 44 (pour les fonctions listées ci-dessus).

Avantageusement, pour les fonctions communes (marche/arrêt et sélection d'un canal), il peut s'agir de la même commande. On peut aussi prévoir, dans le réamplificateur 44, des moyens de programmation, permettant d'adapter ses propres signaux de commande 83_B à ceux 83_A du récepteur.

La figure 8D présente encore une autre configuration, dans laquelle le récepteur 49_1 est contrôlé par une télécommande 82. En fonction des commandes 83_A transmises par la télécommande 82, le récepteur émet un signal de télécommande 84 vers le réamplificateur 44, à l'aide de moyens de télécommande interne 86.

Dans ce mode de réalisation, le signal 84 est préférentiellement émis avec une puissance suffisante pour avoir une portée dans toute l'habitation. Cette puissance sera donc en général supérieure à celle du signal 83_A. En effet, en

principe, la télécommande 82 est en vue directe du récepteur 49_1.

Bien qu'un seul récepteur soit illustré sur les figures 8C et 8D, il est clair que plusieurs récepteurs peuvent être alimentés. Plusieurs télécommandes (cas de la figure 8C) et/ou plusieurs récepteurs (cas de la figure 8D) peuvent contrôler sélectivement un même réamplificateur 44.

De plus, les réamplificateurs 44 peuvent émettre plusieurs canaux, pour alimenter, soit plusieurs récepteurs, soit un récepteur capable d'exploiter simultanément plusieurs canaux.

Ainsi que cela a déjà été mentionné, une des caractéristiques essentielles de l'invention est que le signal réémis 46 ne correspond pas complètement au signal reçu 48. En effet, le signal reçu 48 est classiquement constitué d'une pluralité de canaux distincts répartis en fréquence. En revanche, le signal 46 ne comporte qu'un nombre réduit de canaux fréquentiels, sélectionné parmi les canaux disponibles.

Cette sélection, qui correspond en fait à un filtrage du signal constitué de la pluralité de canaux, permet que le signal réémis 46 soit limité au strict nécessaire, limitant ainsi la pollution radiofréquence (en général, pour un récepteur unique et dans le cas d'un signal à N canaux, les N canaux sont reçus et un seul est utilisé. En conséquence, une partie égale à (N-1)/N du signal reçu est inutile...).

Un canal fréquentiel correspond, dans le cas d'un système COFDM, à un signal COFDM constitué d'une pluralité de fréquences porteuses, tel qu'illustré en figure 2. Le signal d'entrée selon l'invention peut donc comprendre N signaux COFDM répartis en fréquence, correspondant à autant de canaux fréquentiels.

Cependant, les canaux ne sont bien sûr pas obligatoirement tous constitués de signaux COFDM. Tous les types de signaux, analogiques ou numériques peuvent être multiplexés en fréquence. Toutefois, le système de l'invention ne sera efficace que pour les canaux portant des signaux codes de façon que les récepteurs puissent fonctionner en présence d'échos, ainsi que cela a déjà été décrit.

La notion de canal fréquentiel ne doit bien sûr pas être confondue avec la notion de canal temporel, qui a trait au découpage temporel d'une trame d'un signal COFDM, tel qu'illustré en figure 2. Par la suite, le terme canal désignera un

canal fréquentiel.

La figure 11 présente schématiquement le principe de l'invention. Le signal 54 reçu par le réamplificateur est constitué, par exemple, de sept canaux fréquentiels (ou bandes de fréquence) 111_1 à 111_7 (dans la pratique, le nombre de canaux sera généralement beaucoup plus important). Parmi ces sept canaux, seuls trois d'entre eux (111_2, 111_5 et 111_6) sont susceptibles d'être utiliser. En conséquence, le réamplificateur effectue un filtrage du signal 54, pour délivré le signal filtré 55, comprenant uniquement les bandes de fréquence 112_1, 112_5 et 112_6 correspondant sensiblement aux canaux 111_1, 111_5 et 111_6 du signal d'entrée.

On décrit maintenant trois modes de réalisation envisageables pour le réamplificateur de l'invention, correspondant respectivement aux figures 5 à 7.

D'une façon générale, un réamplificateur comprend d'une part des moyens de réamplification 51, et d'autre part, selon l'invention, des moyens de filtrage 52, 53. Toutefois, la position des moyens de filtrage peuvent varier. Plus précisément, ils peuvent être placés :

- en amont des moyens de réamplification 51 (fig.5) ;
- en aval des moyens de réamplification 51 (fig.6) ;
- en aval et en amont des moyens de réamplification 51 (fig.7).

Dans tous les cas, le réamplificateur reçoit un signal d'entrée 54 constitué de N canaux (représenté par une flèche large) et réémet un signal de sortie 55 ne comprenant qu'un nombre limité de canaux (flèche fine), à l'aide de l'antenne d'émission 56. Par exemple, classiquement, N est de l'ordre de 40. Par la suite, on considère qu'un seul canal est réémis. La généralisation est aisée.

On présente maintenant plus particulièrement le mode de réalisation illustré en figure 5. Des moyens 50 de réception classiques (antenne, connexion à une antenne extérieure ou à un réseau câblé,...) délivrent un signal reçu 54 constitué de N canaux est directement transmis à un module 51 de réamplification, qui délivre un signal réamplifié 57, comprenant également N canaux.

Ce module 51 de réamplification peut être de tout type connu, compatible avec la fréquence du signal reçu 54. Par exemple, il présente un gain d'amplification

de l'ordre de 20 à 50 dB, voire moins. Ce gain, qui peut être fixe ou ajustable, sera déterminé de façon à couvrir l'espace voulu. Dans un mode de réalisation particulier, ce gain peut être contrôlé, par exemple à l 'aide d'une télécommande.

Le signal 57 est ensuite transmis à un module de filtrage amont 52, dont la bande passante correspond sensiblement à la bande de fréquence d'un des canaux, de façon que le signal réémis 55 ne comprenne qu'un canal.

Ce module de filtrage 52 peut être de tout type adéquat. Préférentiellement, il présente une réjection importante, de façon à limiter la pollution radiofréquence.

Dans un mode de réalisation simplifié, ce module de filtrage 52 peut avoir une fonction de transfert figée, en particulier si les fréquences des canaux sont fixées et figées, et si le récepteur n'est susceptible de recevoir qu'un seul canal.

Toutefois, dans la pratique, il est probable que l'allocation des canaux variera, soit dans le temps, soit dans l'espace. Plus précisément, des réallocations peuvent être effectuées de temps en temps (en fonction des évolutions techniques ou des programmes). De même, l'allocation des fréquences peut varier géographiquement (notamment à l'échelle d'un pays ou d'un continent). Le réamplificateur domestique étant destiné à être fabriqué en grande quantité et diffusé sur d'importants territoires, il est souhaitable que la fonction de transfert des moyens de filtrage soit accordable.

Par ailleurs, le réamplificateur peut être utilisé pour alimenter un récepteur capable de recevoir, sélectivement, plusieurs canaux, ou encore pour alimenter plusieurs récepteurs, correspondant chacun à un canal spécifique. A nouveau, dans ce cas, la fonction de transfert doit être ajustable.

Le réamplificateur comprend donc avantageusement un module 58 de contrôle de filtrage, contrôlant le module 52 de filtrage, à l'aide d'une commande 59.

La figure 9 illustre un exemple de construction possible pour le module 58 de contrôle, comprenant d'une part des moyens 91 de programmation, et d'autre part des moyens 92 de sélection.

Les moyens 91 de programmation sont pilotés par une commande de programmation 93, issue par exemple des moyens de réglage 81_A à 81_C des figures 8A à 8D. Ainsi, les moyens 91 de programmation mémorisent dans des moyens de stockage 96 la ou les bandes passantes correspondant à un ou plusieurs canaux, de façon fixe (jusqu'à modification de l'allocation).

Les moyens 92 de sélection reçoivent la commande de sélection 94, émise par exemple par la télécommande 82. Ces moyens 92 de sélection contrôlent alors les moyens 91 de programmation, à l 'aide de la commande 95, de façon que ceux-ci génèrent la commande d'accord 59 correspondant au canal sélectionné.

Plusieurs modes de réalisation peuvent être envisagés. Par exemple, le module 52 de filtrage peut être un filtre accordable, et la commande 59 agit sur l'accord du filtre.

Dans un autre mode de réalisation, le module 52 peut être constitué d'une pluralité de filtres 101_1 à 101_M, tel que cela est illustré en figure 10. Chaque filtre 101_1 à 101_M présente une bande passante distincte, éventuellement programmé par la commande de programmation 93.

La commande 95 émise par les moyens 92 de sélection agit sur des sélecteurs 102_1 à 102_M, de façon qu'un ou plusieurs filtres soient mis en action. Ainsi, le signal 103 comprend uniquement les canaux filtrés par les filtres associés à des sélecteurs qui sont fermés.

La figure 6 présente un autre mode de réalisation de l'invention, dans lequel les moyens de filtrage sont constitués par un module de filtrage 53 placé en aval du module 51 de réamplification.

Ce module de filtrage aval 53, est du même type que le module de filtrage amont 52 décrit ci-dessus. Il est alimenté par le signal reçu 54, comprenant N canaux, et délivre un signal filtré 511, constitué d'un canal unique, au module 51 de réamplification. Le signal réamplifié 55 est ensuite réémis directement, à l'aide de l'antenne 56.

L'avantage de cette seconde structure est que le module de réamplification ne doit amplifier que le signal utile (un ou quelques canaux) et non les N canaux.

Cela permet de limiter de façon très importante la puissance de l'amplificateur, et donc son coût et sa consommation. Ainsi, dans le cas d'un signal reçu à 40 canaux, le gain en puissance est de l'ordre de 16 dB.

En contrepartie, il est nécessaire que l'amplificateur 51 soit parfaitement linéaire, pour que le signal 55 destiné à être réémis ne présente pas un spectre plus large que la largeur de bande du canal à réémettre, du fait de l'intermodulation sur lui-même du signal réamplifié.

Le module 58 de contrôle du filtrage est identique à celui de la figure 5.

La figure 7 présente un troisième mode de réalisation préférentiel de l'invention, comprenant simultanément un module 52 de filtrage amont et un module 53 de filtrage aval.

Le signal reçu 54 est donc tout d'abord filtré par le module 53 de filtrage aval, pour délivrer au module 51 d'amplification un signal 511 ne comprenant qu'un canal fréquentiel. En d'autres termes, ce module 53 de filtrage aval, qui est identique à celui de la figure 6, permet d'isoler dans le signal reçu 54 le signal utile 511 que l'on veut amplifier.

Le module 51 d'amplification correspond également à celui de la figure 6. Sa puissance est déterminée de façon qu'elle soit suffisante pour que le canal unique une fois réémis puisse être reçu dans une ou plusieurs pièces d'une habitation.

Le signal amplifié 512 est ensuite à nouveau filtré par le module 52 de filtrage amont (identique à celui de la figure 5), qui supprime les termes inutiles apparus lors de l'amplification, par exemple du fait de l'intermodulation. Enfin, le signal 55 amplifié et filtré est réémis à l'aide de l'antenne 56.

Dans le cas où les modules de filtrage 52 et 53 sont ajustables, le dispositif comprend préférentiellement un module unique 58 de contrôle du filtrage unique, pilotant simultanément les deux modules de filtrage. Avantageusement, ces deux modules 52 et 53 sont identiques (au moins en ce qui concerne le réglage de leur accord). Ainsi, le module 58 de contrôle du filtrage génère une commande 59 unique, dirigée simultanément vers les deux modules de filtrage.

Par ailleurs, l'invention n'est pas limitée à la diffusion de signaux de télévision. Elle peut également être utilisée pour la diffusion de signaux de sons ou de données.

De même, elle peut trouver des applications dans la diffusion locale autre que domestique. Par exemple, elle peut être mise en oeuvre dans les salles de conférence, lorsque celles-ci sont équipées de nombreux écrans de télévision.

REVENDICATIONS

1. Dispositif de réamplification (44), du type comprenant des moyens (50) de réception d'un signal d'entrée (54), des moyens (51) de réamplification et des moyens (56) de réémission d'un signal de sortie réamplifié (55) vers au moins un récepteur (49_1, 49_2),

ledit signal d'entrée (54) étant constitué d'au moins deux canaux distincts, chacun desdits canaux correspondant à une bande de fréquence distincte (111_1 à 111_7),

dispositif caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (52, 53) de filtrage, lesdits moyens (52, 53) de filtrage présentant une bande passante (112_1, 112_5, 112_6) correspondant sensiblement à au moins une desdites bandes de fréquence du signal (111_1, 111_5, 111_6) d'entrée (54), de façon que ledit signal de sortie (55) soit constitué d'au moins un canal extrait parmi lesdits canaux constituant ledit signal d'entrée (54).

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comprend des moyens (58) de contrôle de ladite bande passante desdits moyens (52, 53) de filtrage.

3. Dispositif selon la revendication 2, caractérisé en ce que lesdits moyens (58) de contrôle comprennent des moyens (91) de programmation de la bande passante desdits moyens (52, 53) de filtrage, de façon que ladite bande passante correspondent sensiblement à au moins une desdites bandes de fréquence du signal d'entrée (54).

4. Dispositif selon la revendication 3, caractérisé en ce que lesdits moyens (91) de programmation comprennent des moyens (96) de stockage d'au moins deux bandes passantes distinctes, et en ce que lesdits moyens (58) de contrôle comprennent des moyens (92) de sélection d'au moins une des bandes passantes stockées, lesdits moyens (92) de sélection agissant en fonction d'une commande (510 ; 94) de sélection extérieure.

5. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que lesdits moyens (52, 53) de filtrage comprennent au moins un filtre accordable, l'accord dudit filtre accordable étant contrôlé par lesdits moyens (58)

de contrôle.

6. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que ladite commande (510 ; 94) de sélection extérieure est générée par des moyens (82, 86) de télécommande.

7. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens (82) de télécommande génère une commande de sélection (83_A, 83_B) contrôlant simultanément ledit dispositif de réamplification (44) et au moins un récepteur (49_1).

8. Dispositif selon la revendication 6, caractérisé en ce que lesdits moyens (86) de télécommande sont intégrés dans un desdits récepteurs (49_1), de façon que ledit récepteur (49_1) contrôle ledit dispositif de réamplification (44) en fonction d'une sélection (83_A) de canal préalable effectuée par un utilisateur.

9. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que lesdits moyens (52, 53) de filtrage comprennent des moyens (101_1 à 101_M) pour filtrer sélectivement au moins deux canaux distincts parmi lesdits canaux constituant ledit signal d'entrée (54).

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits moyens de (52, 53) filtrage comprennent au moins deux filtres (101_1 à 101_M), chacun desdits filtres (101_1 à 101_M) assurant le filtrage d'un canal distinct.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que chacun desdits filtres (101_1 à 101_M) est sélectivement actionnable, en fonction de ladite commande de sélection (95).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, caractérisé en ce que lesdits moyens (52, 53) de filtrage comprennent des moyens (52) de filtrage aval, insérés entre lesdits moyens (51) de réamplification et lesdits moyens (56) de réémission.

13. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que lesdits moyens (52, 53) de filtrage comprennent des moyens (53) de filtrage amont, insérés entre lesdits moyens (50) de réception et lesdits moyens (51) de réamplification.

14. Dispositif selon les revendications 12 et 13, caractérisé en ce que lesdits moyens (53) de filtrage aval et lesdits moyens (52) de filtrage amont sont identiques et sont contrôlés par un signal de contrôle (59) unique délivré par lesdits moyens (58) de contrôle.

15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, caractérisé en ce que lesdits moyens (51) de réamplification présente un gain d'amplification de l'ordre de 20 à 50 dB .

16. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 15, caractérisé en ce que lesdits moyens (50) de réception d'un signal d'entrée (54) sont connectés à au moins un des moyens appartenant au groupe comprenant :

- un réseau câblé de diffusion ;
- une antenne extérieure (41) ;
- une antenne intégrée.

17. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'au moins un desdits canaux porte un signal constitué d'une pluralité de fréquences porteuses orthogonales (21), chacune desdites fréquences porteuses étant sélectivement modulée par une série distincte d'éléments de données extraits dans une séquence d'éléments de données représentative d'un signal numérique source.

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce qu'au moins un desdits canaux porte un signal COFDM.

19. Système de réception d'un signal numérique, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un dispositif de réamplification (44) selon l'une quelconque des revendications 1 à 18 et au moins un récepteur (49_1, 49_2) alimenté par ledit signal de sortie (46, 55) réémis par ledit dispositif de réamplification (44).

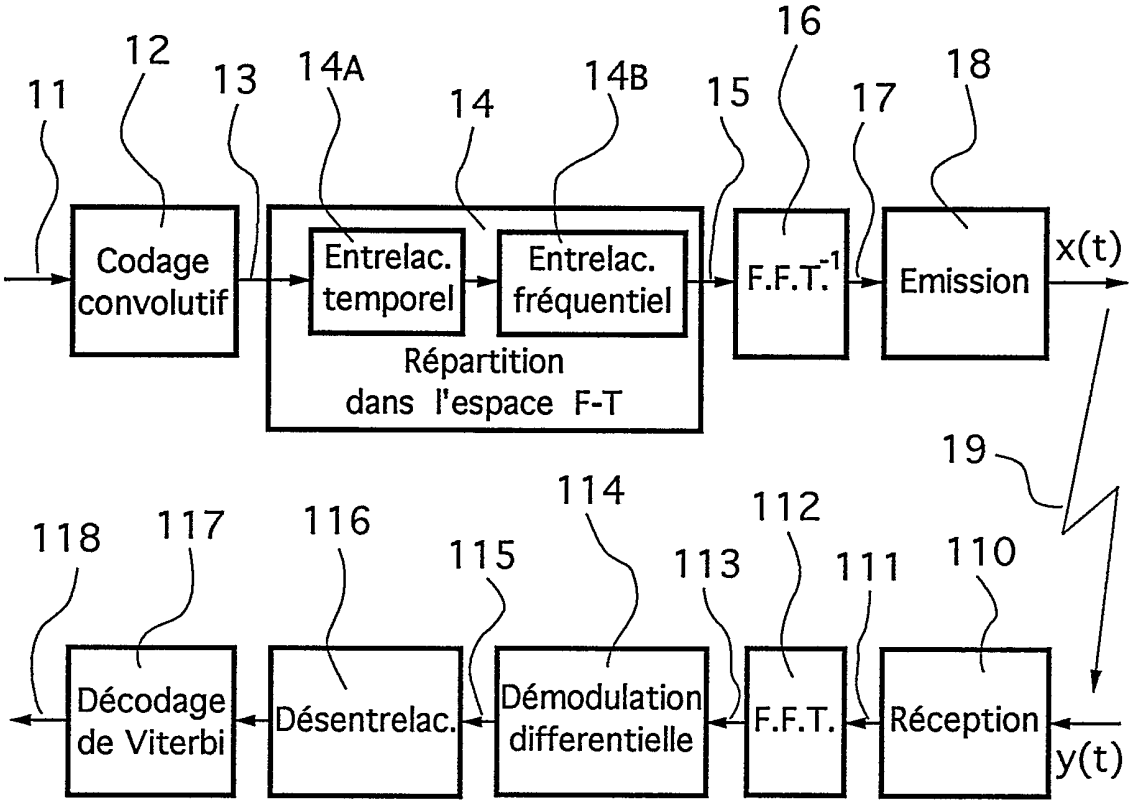

11
12
13
14A
14
14B
15
16
17
18
Codage convolutif
Entrelac. temporel
Entrelac. fréquentiel
Répartition dans l'espace F-T
F.F.T.-1
Emission
x(t)
19
118
117
116
115
114
113
112
111
110
Décodage de Viterbi
Désentrelac.
Démodulation differentielle
F.F.T.
Réception
y(t)

Fig. 1

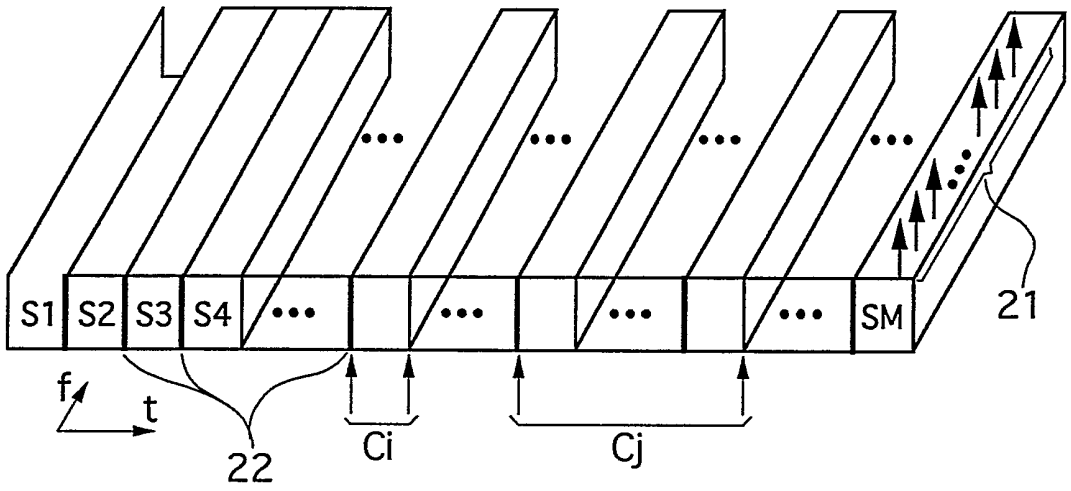

S1
S2
S3
S4
SM
21
f
t
22
Ci
Cj

Fig. 2

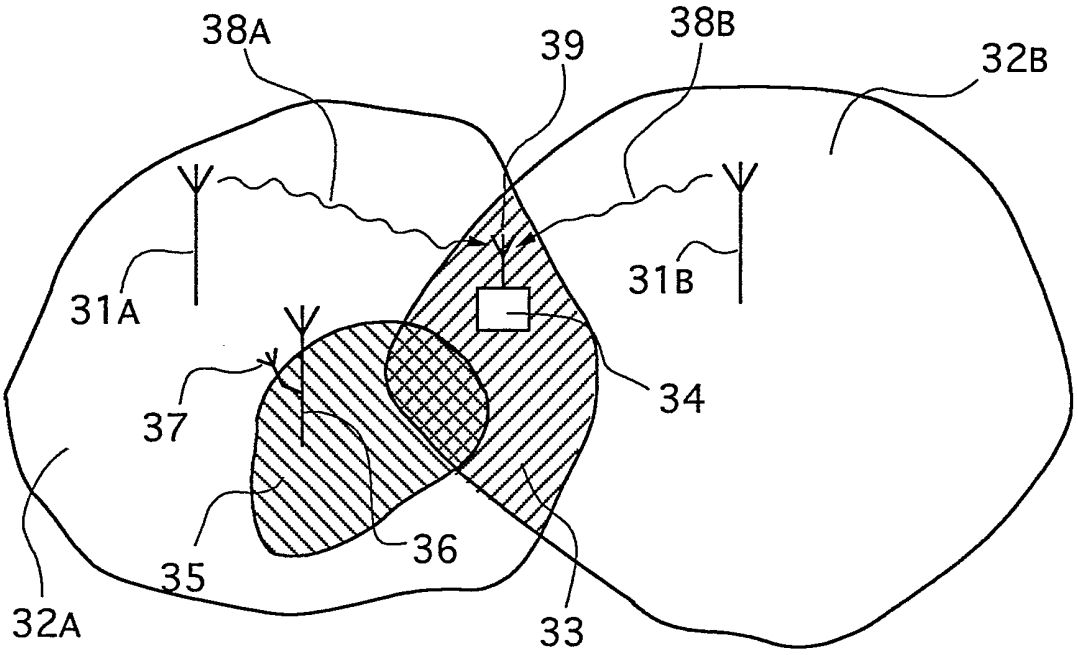

38A
39
38B
32B
31A
31B
34
37
36
35
32A
33

Fig. 3

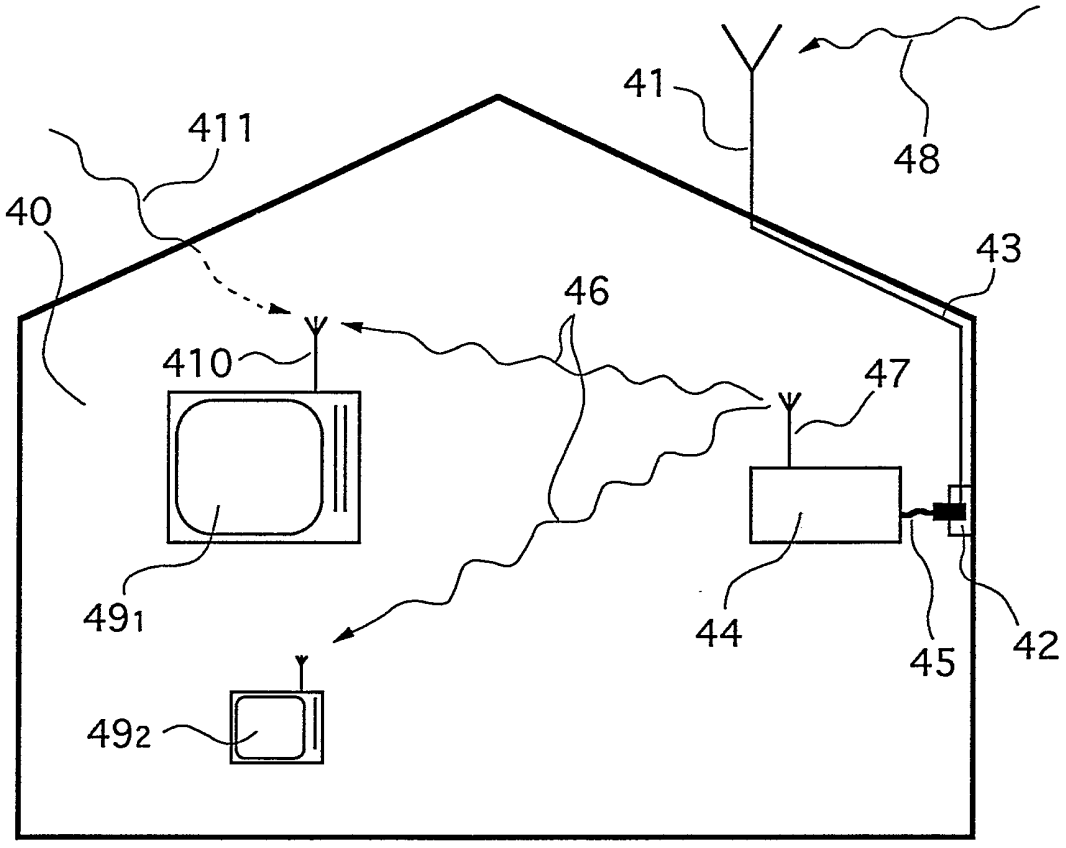

41
48
411
40
43
46
410
47
491
44
45
42
492

Fig. 4

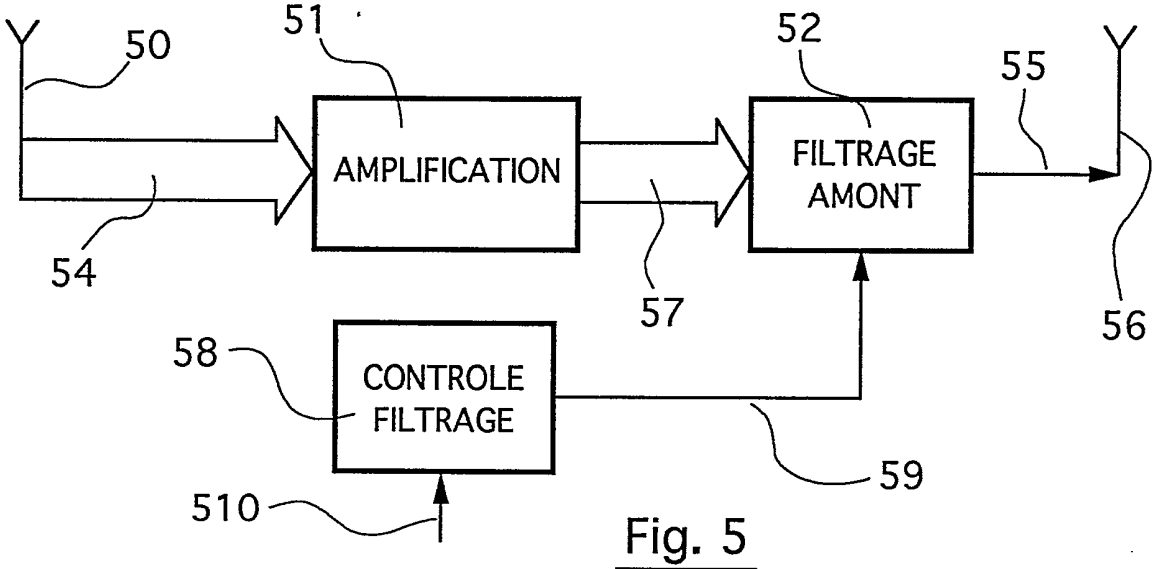


Fig. 5

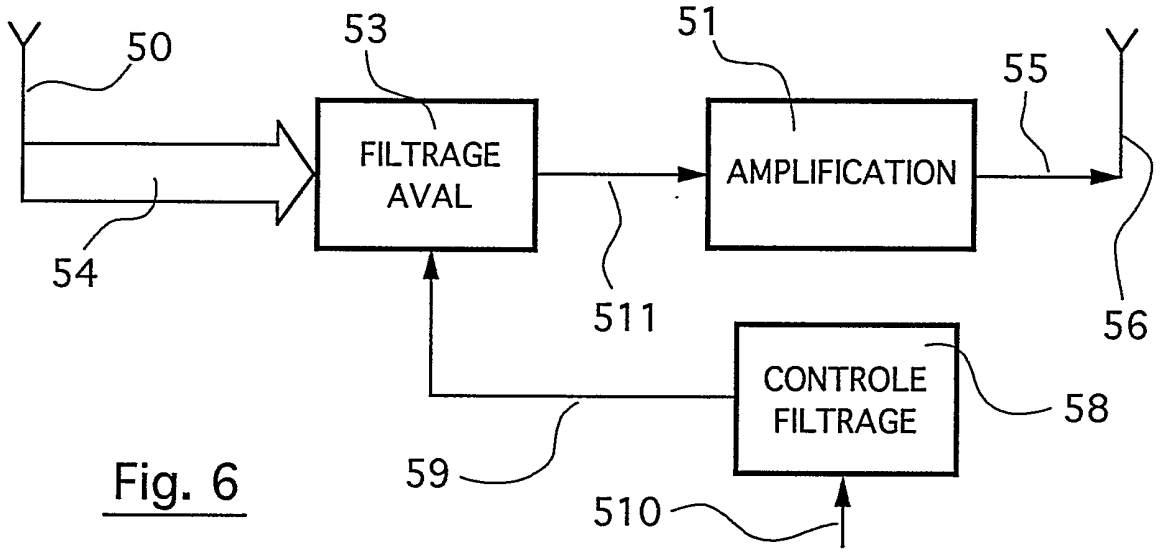


Fig. 6

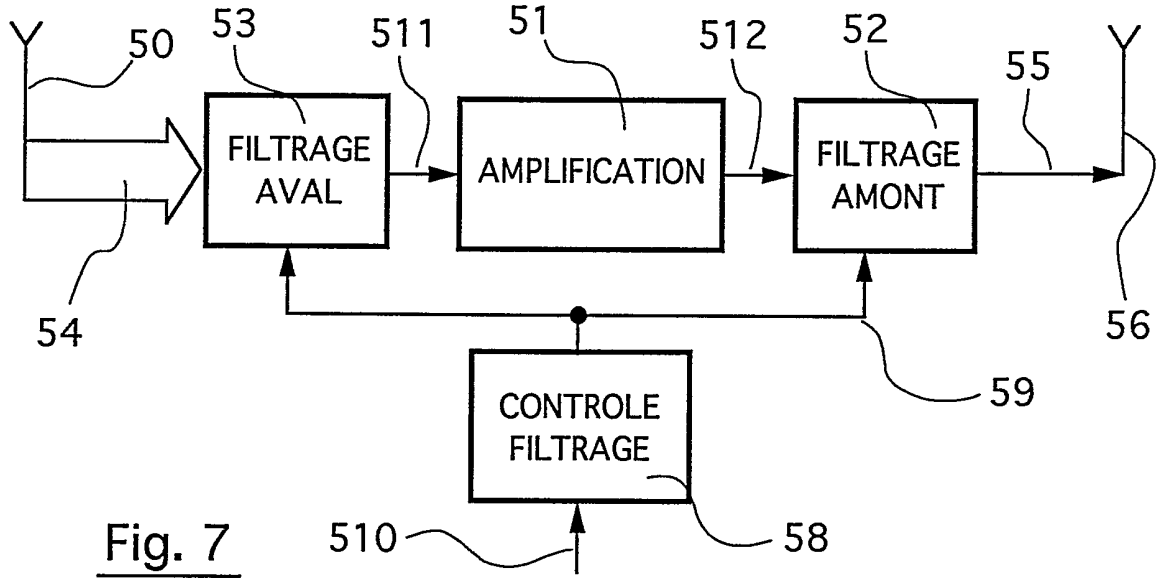


Fig. 7

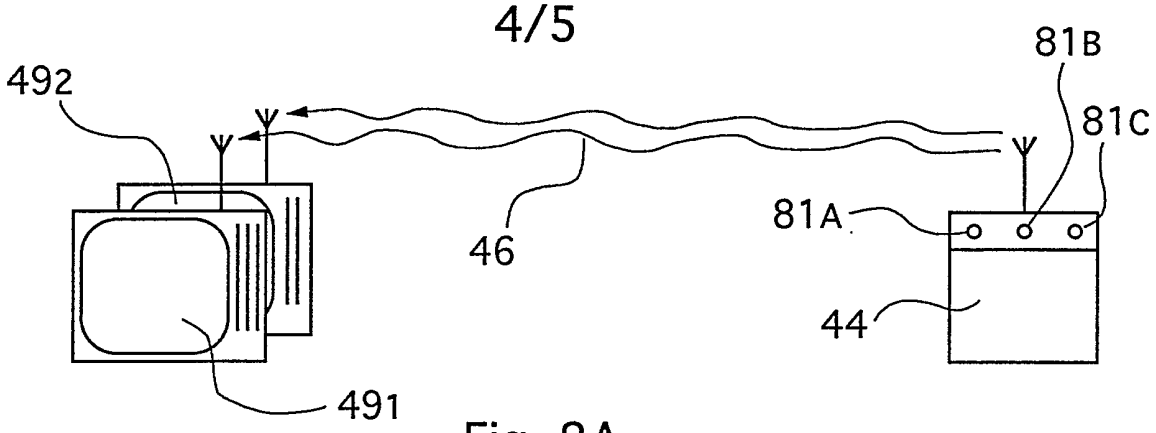


Fig. 8A

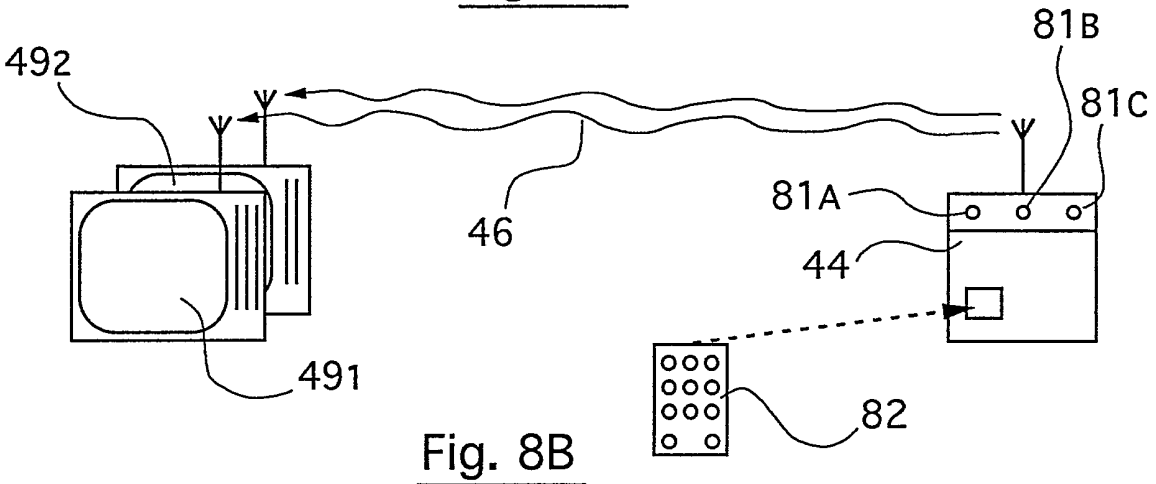


Fig. 8B

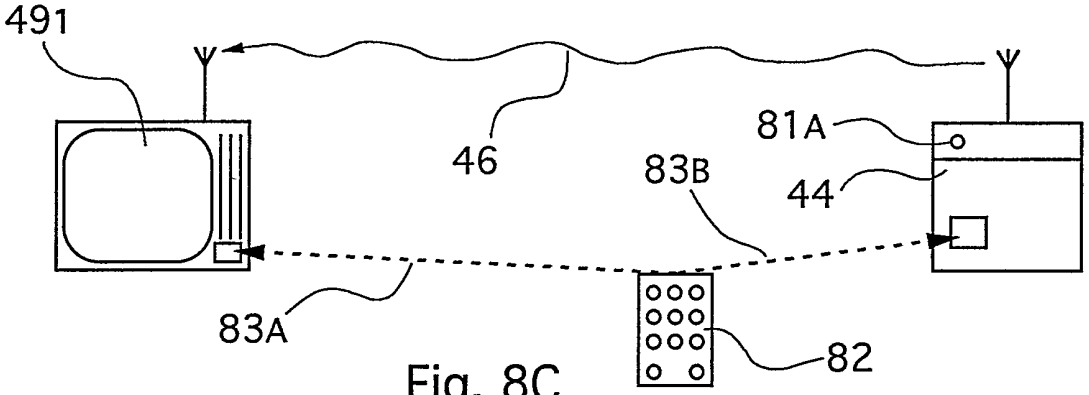


Fig. 8C

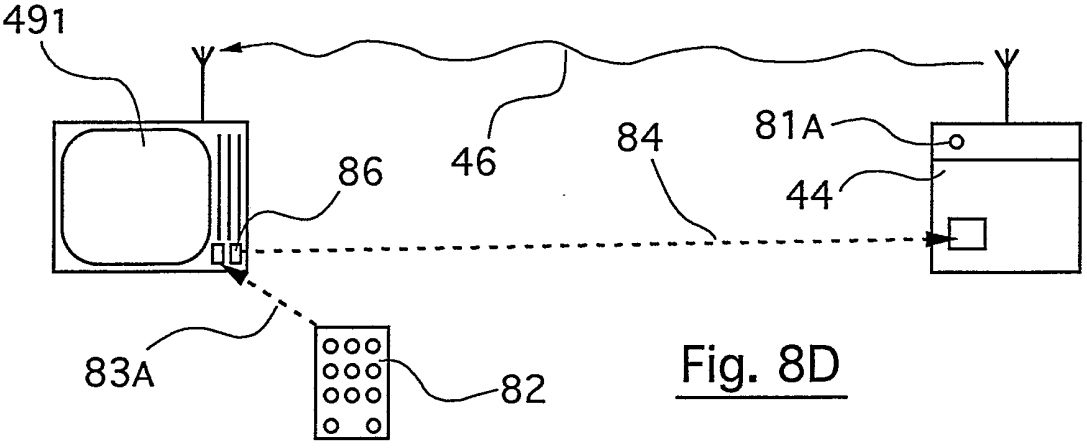


Fig. 8D

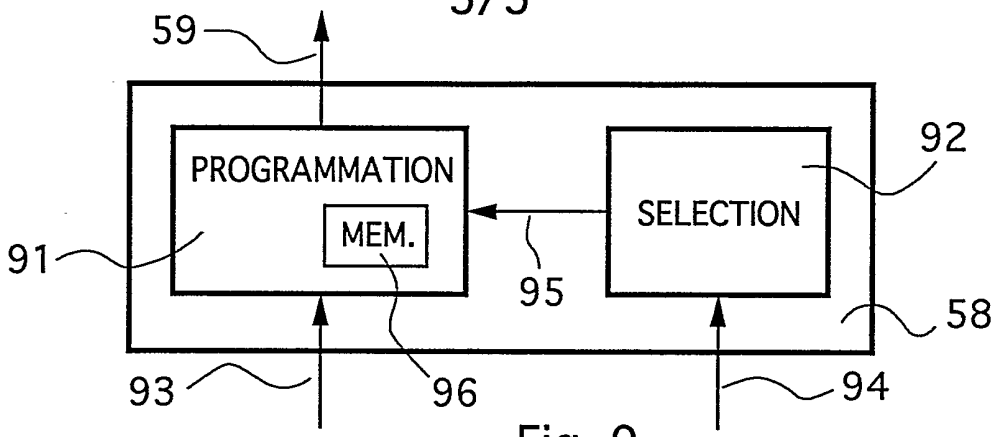


Fig. 9

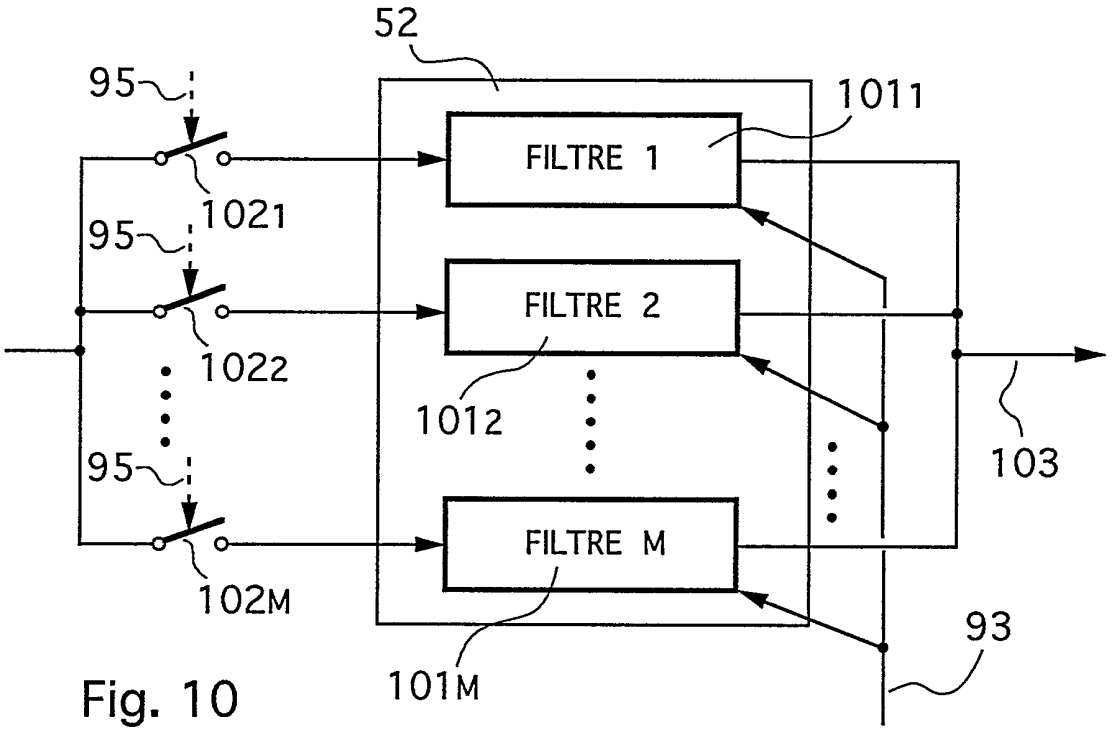


Fig. 10

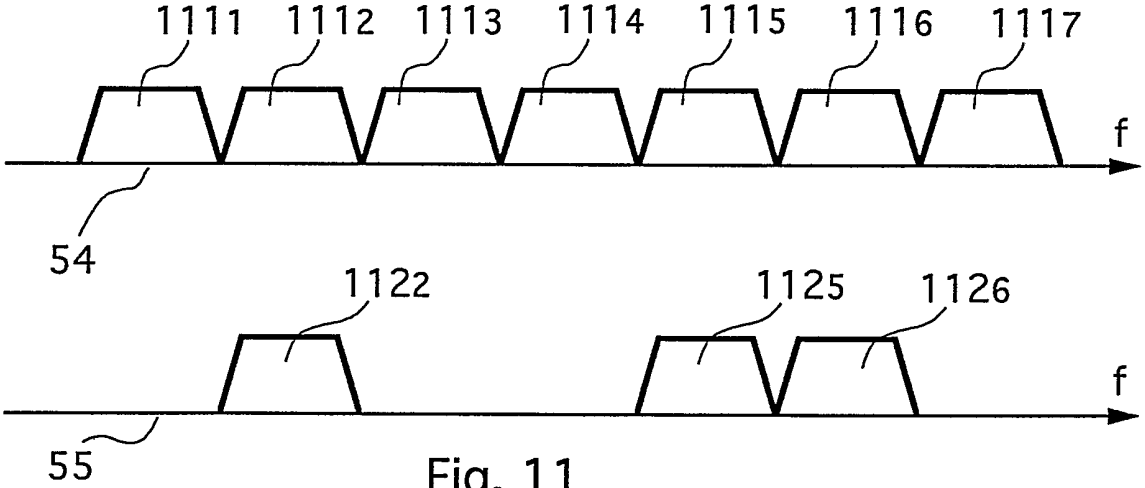


Fig. 11

REPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications déposées avant le commencement de la recherche

2697699

N° d'enregistrement national

FR 9213511
FA 480866

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée	
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	EP-A-0 342 858 (SHIMUZU CONSTRUCTION CO., LTD.) * page 3, colonne 3, ligne 28 - colonne 4, ligne 14; figures 1,2 *	1,2,9, 12,19	
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 013, no. 147 (E-741)11 Avril 1989 & JP-A-63 308 421 (HITACHI LTD ET AL.) * abrégé *	1,16	
D,A	EBU REVIEW- TECHNICAL. no. 241, Juin 1990, BRUSSELS BE pages 82 - 94 P.A. RATLIFF 'The convergence of satellite and terrestrial system approaches to digital audio broadcasting with mobile and portable receivers' * le document en entier *	17,18,19	
D,A	EBU REVIEW- TECHNICAL. no. 224, Août 1987, BRUSSELS BE pages 168 - 190 M. ALARD ET R. LASSALLE 'Principles of modulation and channel coding for digital broadcasting for mobile receivers' * le document en entier *	17,18	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5) H04H H04B H04L

Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
30 JUILLET 1993	GASTALDI G.L.

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P0413)