

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 141 028**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
21 N° d'enregistrement national : **22 10608**

51 Int Cl⁸ : **H 04 W 72/04 (2023.01), H 04 L 1/12, 5/00**

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** **A1**

22 Date de dépôt : 14.10.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 19.04.24 Bulletin 24/16.

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 :

Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : **ORANGE Société anonyme** — FR.

72 Inventeur(s) : **AL KHANSA Ali et VISOZ Raphaël.**

73 Titulaire(s) : **ORANGE Société anonyme.**

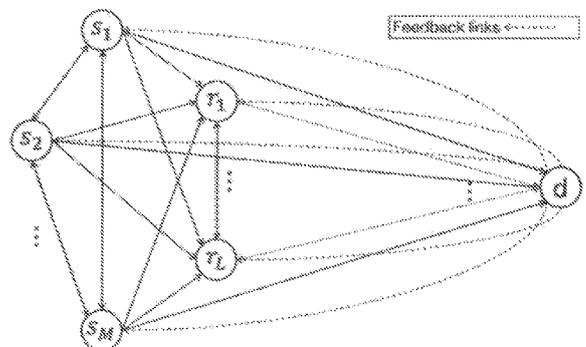
74 Mandataire(s) : **CABINET VIDON Brevets & Stratégie.**

54 Procédé de retransmission coopérative dans un système OMAMRC avec allocation de ressources et
sélections des sources à aider conjointes.

57 Procédé de retransmission coopérative dans un sys-
tème OMAMRC avec allocation de ressources et sélections
des sources à aider conjointes

La présente invention se rapporte à un procédé de
transmission destiné à un système de télécommunication
OMAMRC à sources (s_1, s_2, \dots, s_M), éventuellement relais et une
destination, d . Dans une telle solution, l'allocation de débits
de transmission et la sélection des sources à aider sont ef-
fectuées par trame, une telle implémentation est dite FLA
pour « Fast Link Adaptation » ou adaptation de lien (ou can-
nal dans la suite du Document) rapide. L'état du canal pou-
vant être différent d'une trame à l'autre, l'allocation de
débits en transmission dynamique par trame offre les meil-
leures performances. La mise en œuvre d'une telle solution
suppose la connaissance, par la destination, des données
CSI pour l'ensemble des canaux du système, c'est-à-dire
les canaux entre les sources, entre les relais, et entre les re-
lais et les sources.

FIGURE 1



FR 3 141 028 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de retransmission coopérative dans un système OMAMRC avec allocation de ressources et sélections des sources à aider conjointes

Domaine de l'invention

- [0001] La présente invention se rapporte au domaine des communications numériques. Au sein de ce domaine, l'invention se rapporte plus particulièrement à la transmission de données codées entre au moins deux sources et une destination avec relayage par des nœuds pouvant être des relais ou des sources.
- [0002] Il est entendu qu'un relais n'a pas de message à transmettre. Un relais est un nœud dédié au relayage des messages des sources tandis qu'une source à son propre message à transmettre et peut en outre dans certain cas relayer les messages des autres sources i.e. la source est dite coopérative dans ce cas.
- [0003] Il existe de nombreuses techniques de relayage connues sous leur appellation anglo-saxonne : « *amplify and forward* », « *decode and forward* », « *compress-and-forward* », « *non-orthogonal amplify and forward* », « *dynamic decode and forward* », etc.
- [0004] L'invention s'applique notamment, mais non exclusivement, à la transmission de données via des réseaux mobiles, par exemple pour des applications temps réel, ou via par exemple des réseaux de capteurs.
- [0005] Un tel réseau de capteurs est un réseau multi-utilisateurs, constitué de plusieurs sources, plusieurs relais et un destinataire pouvant utiliser un schéma d'accès multiple orthogonal du canal de transmission entre les sources et la destination, noté OMAMRC (« *Orthogonal Multiple-Access Multiple-Relay Channel* » selon la terminologie anglo-saxonne).
- [0006] Selon ce schéma, l'orthogonalité entre les transmissions des sources et des relais est obtenue par un multiplexage en temps sous forme d'intervalles de temps disjoints.

Art antérieur et ses inconvénients

- [0007] Un système de télécommunication OMAMRC a M sources, éventuellement L relais et une destination, $M \geq 2$, $L \geq 0$ avec une mise en œuvre d'un schéma d'accès multiple orthogonal en temps du canal de transmission qui s'applique entre les nœuds pris parmi les M sources et les L relais. Le nombre maximum d'intervalles de temps par trame transmise est de $M + T_{max}$ avec M intervalles alloués pendant une première phase à la transmission successive des M sources et $T_{used} \leq T_{max}$ intervalles pour une ou plusieurs transmissions coopératives alloués pendant une deuxième phase à un ou plusieurs nœuds sélectionnés par la destination selon une stratégie de sélection.
- [0008] Le système de transmission OMAMRC connu comprend au moins deux sources

chacune de ces sources pouvant fonctionner à des instants différents soit exclusivement comme une source, soit comme un nœud de relayage. Le système peut éventuellement comprendre en outre des relais. La terminologie nœud couvre aussi bien un relais qu'une source agissant comme un nœud de relayage ou comme une source. Le système considéré est tel que les sources peuvent elle-même être des relais. Un relais se distingue d'une source car il n'a pas de message à transmettre qui lui soit propre *i.e.* il ne fait que retransmettre des messages provenant d'autres nœuds.

- [0009] Les canaux entre les différents nœuds du système sont sujets à des évanouissements lents (*slow fading*) et à du bruit blanc Gaussien. La connaissance de tous les canaux du système (*CSI : Channel State Information*) par la destination n'est pas toujours disponible. En effet, les canaux entre les sources, entre les relais, entre les relais et les sources ne sont pas directement observables par la destination et leur connaissance par la destination nécessite un échange d'information très important entre les sources, les relais et la destination. Pour limiter le coût de la surcharge de la voie de retour (*feedback overhead*), le plus souvent seule une information sur la distribution/statistique des canaux (*CDI : Channel Distribution Information*) de tous les canaux, e.g. qualité moyenne (par exemple SNR moyen, SINR moyen) de tous les canaux, est supposée connue par la destination dans le but de déterminer les débits alloués aux sources.
- [0010] Un procédé de transmission mis en œuvre dans un tel système OMAMRC distingue trois phases, une phase initiale et, pour chaque trame à transmettre, une 1^{ère} phase et une 2^{nde} phase. La transmission d'une trame se déroule en deux phases qui sont éventuellement précédées d'une phase additionnelle dite initiale.
- [0011] Dans une première variante, lors de la phase d'initialisation, la destination détermine un débit initial pour chaque source en prenant en compte la qualité (par exemple SNR) moyenne de chacun des canaux du système.
- [0012] La destination estime la qualité (par exemple SNR) des canaux directs : source vers destination et relais vers destination selon des techniques connues basées sur l'exploitation de signaux de référence. La qualité des canaux source – source, relais – relais et source – relais est estimée par les sources et les relais en exploitant par exemple les signaux de référence. Les sources et les relais transmettent à la destination les qualités moyennes des canaux. Cette transmission intervient avant la phase d'initialisation. Seule la valeur moyenne de la qualité d'un canal étant prise en compte, son rafraîchissement intervient à une échelle de temps longue c'est-à-dire sur un temps qui permet de moyenniser les variations rapides (*fast fading*) du canal. Ce temps est de l'ordre du temps nécessaire pour parcourir plusieurs dizaines de longueur d'onde de la fréquence du signal transmis pour une vitesse donnée. La phase d'initialisation intervient par exemple toutes les 200 à 1000 trames. La destination remonte aux sources via une voie de retour les débits initiaux qu'elle a déterminés. Les débits initiaux

restent constants entre deux occurrences de la phase d'initialisation.

- [0013] Lors de la première phase, les M sources transmettent successivement leur message pendant les M intervalles de temps (*time-slots*) en utilisant respectivement des schémas de modulation et de codage déterminés à partir des débits initiaux. Pendant cette phase, le nombre N_1 d'utilisations du canal (*channel use i.e. ressource element* selon la terminologie du 3GPP) est fixe et identique pour chacune des sources.
- [0014] Lors de la deuxième phase, les messages des sources sont transmis de façon coopérative par les relais et/ou par les sources. Cette phase dure au maximum T_{max} intervalles de temps (*time-slots*). Pendant cette phase, le nombre N_2 d'utilisations du canal (*channel use*) est fixe et identique pour chacun des nœuds (sources et relais) sélectionnés.
- [0015] Les sources indépendantes entre elles diffusent pendant la première phase leurs messages sous forme de séquences d'informations codées à l'attention d'un seul destinataire. Chaque source diffuse ses messages avec le débit initial. La destination communique à chaque source son débit initial via des canaux de contrôle à débit très limité. Ainsi, pendant la première phase, les sources transmettent chacune à leur tour leur message respectif pendant des intervalles de temps « time-slot » dédiés chacun à une source.
- [0016] Les sources autres que celle qui émet et éventuellement les relais, de type « *Half Duplex* » reçoivent les messages successifs des sources, les décodent et, s'ils sont sélectionnés, génèrent un message uniquement à partir des messages des sources décodés sans erreur.
- [0017] Les nœuds sélectionnés accèdent ensuite au canal de manière orthogonale en temps entre eux pendant la seconde phase pour transmettre leur message généré vers la destination.
- [0018] La destination peut choisir quel nœud doit transmettre à un instant donné.
- [0019] Dans une deuxième variante, lors de la phase d'initialisation, un débit initial est affecté à chaque source i avec $i \in \{1, \dots, M\}$.
- [0020] Pour chaque source i , la destination calcule les différentes possibilités d'affectation d'un débits en supposant que les débits affectés aux autres sources j avec $j \neq i$ sont fixes. Le débit affecté à la source i est celui qui maximise l'efficacité spectrale du système compte tenu des débits affectés aux autres sources j du système. Ces étapes sont répétées jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de changement dans la valeur du débit affecté à la source i .
- [0021] Lors de la première phase, les M sources transmettent successivement leur message pendant les M intervalles de temps (*time-slots*) en utilisant respectivement des schémas de modulation et de codage déterminés à partir des débits qui leurs sont affectés au cours de la phase d'initialisation. Pendant cette phase, le nombre N_1 d'utilisations du

canal (*channel use i.e. ressource element* selon la terminologie du 3GPP) est fixe et identique pour chacune des sources.

- [0022] Lors de la deuxième phase, les messages des sources sont transmis de façon coopérative par les relais et/ou par les sources. Cette phase dure au maximum T_{max} intervalles de temps (*time-slots*). Pendant cette phase, le nombre N_2 d'utilisations du canal (*channel use*) est fixe et identique pour chacun des nœuds (sources et relais) participant.
- [0023] Les sources indépendantes entre elles diffusent pendant la première phase leurs messages sous forme de séquences d'informations codées à l'attention d'un seul destinataire. Chaque source diffuse ses messages avec le débit initial. La destination communique à chaque source son débit initial via des canaux de contrôle à débit très limité. Ainsi, pendant la première phase, les sources transmettent chacune à leur tour leur message respectif pendant des intervalles de temps « time-slot » dédiés chacun à une source.
- [0024] Les sources autres que celle qui émet et éventuellement les relais, de type « *Half Duplex* » reçoivent les messages successifs des sources, les décodent et génèrent un message uniquement à partir des messages des sources décodés sans erreur.
- [0025] Les nœuds ayant décodé sans erreur le message d'une source identifiée par la destination accèdent ensuite au canal de manière orthogonale en temps entre eux pendant la seconde phase pour transmettre leur message généré vers la destination.
- [0026] Bien que de telles solutions permette d'améliorer l'efficacité spectrale moyenne (métrique d'utilité) au sein du système considéré sous-contrainte de respecter une qualité de service individuelle (QoS) par source, il est souhaitable d'essayer d'améliorer d'avantage les performances d'un tel système.
- [0027] La présente invention répond à cet objectif.

Exposé de l'invention

- [0028] L'invention répond à ce besoin en proposant un procédé de transmission de messages successifs formant une trame destiné à un système de télécommunication OMAMRC à N nœuds et une destination (D), les N nœuds comprenant M sources i , $i \in \{1, \dots, M\}$ et L relais (r_1, \dots, r_L) avec $M \geq 2$, $L \geq 0$, une trame comprenant M intervalles de temps alloués à la transmission successive d'un message par les M sources et T_{used} intervalles de temps alloués à au moins une retransmission coopérative d'une redondance d'un message transmis par au moins une source dans l'un desdits M intervalles de temps.
- [0029] Un tel procédé est particulier en ce qu'il comprend les étapes suivantes mises en œuvre par la destination (D) pour une trame courante :
- sélection, parmi une pluralité de jeux ordonnés d'identifiants de sources A , d'un jeu

ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ comprenant T_{used} identifiants de sources pour lesquelles une retransmission coopérative est prévue par tous les nœuds connaissant cette source, un identifiant de source étant associé à un intervalle temporel correspondant parmi les T_{used} intervalles temporels alloués à la retransmission coopérative ,

- transmission, à destination des N nœuds et préalablement à la transmission successive d'un message par les M sources, d'une information relatives à une allocation de débits en transmission par source $R(\hat{\mathbf{A}})$ déterminée pour le jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné,

- transmission, à destination des N nœuds et préalablement à la retransmission coopérative d'une redondance d'un message, d'une information représentant le jeu de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné.

[0030] Un tel procédé permet, pour une trame donnée, de sélectionner les sources dont les messages feront l'objet d'une retransmission et d'allouer des débits de transmission à l'ensemble des sources conjointement contrairement à ce qu'il se fait dans l'état de l'art. En effet, dans les solutions de l'état de l'art, soit l'allocation de débits en transmission est déterminée en présupposant que certains nœuds du système retransmettront une redondance d'un message émis par une source; soit la destination choisit, suite à la phase de transmission, au moins une source dont le message doit faire l'objet d'une retransmission et demande à l'ensemble des nœuds ayant décodé ce message de retransmettre une redondance de ce message.

[0031] En procédant conjointement à la sélection des sources dont les messages feront l'objet d'une retransmission et à l'allocation des débits de transmission à l'ensemble des sources, on améliore l'efficacité spectrale du système par rapport aux solutions de l'état de l'art.

[0032] Dans la présente solution, la destination dispose des données CSI pour l'ensemble des canaux du système, c'est-à-dire les canaux entre les sources, entre les relais, et entre les relais et les sources. Ceci permet de déterminer le jeu ordonné de sources et l'allocation de débits en transmission correspondant qui permettent de maximiser l'efficacité spectrale du système.

[0033] Selon un aspect du procédé de transmission, l'allocation de débits en transmission $R(\hat{\mathbf{A}})$ est transmise à destination des N nœuds préalablement à la transmission successive d'un message par les M sources.

[0034] Ainsi, l'ensemble des nœuds du système dispose d'informations relatives à l'allocation des débits de transmission préalablement à toute transmission de messages par les sources.

[0035] Plus particulièrement, et afin de réduire la complexité du processus de sélection de $\hat{\mathbf{A}}$, une stratégie séquentielle peut être utilisée. Dans une telle stratégie séquentielle, la dé-

termination des jeux ordonnés d'identifiants de sources \mathbf{A} comprend les étapes suivantes :

- a) initialisation d'un jeu ordonné $\mathbf{A}_0 = \emptyset$,
- b) génération d'un jeu ordonné de sources courant \mathbf{A}_{j+1} par ajout, au jeu ordonné de sources \mathbf{A}_j précédent, d'une source i pour laquelle une retransmission coopérative est prévue au cours d'un intervalle de temps correspondant parmi les T_{max} intervalles de temps, tel que $\mathbf{A}_{j+1} = (\mathbf{A}_j, i)$, ladite source i étant sélectionnée parmi les M sources du système en fonction du jeu ordonné de sources \mathbf{A}_j ,
- c) répétition de l'étape b) jusqu'à l'obtention de T_{max} jeux ordonnés d'identifiants de sources \mathbf{A} .

[0036] Une telle méthode itérative permet de déterminer les jeux ordonnés de sources pour chaque $T_{used} \in \{1, \dots, T_{max}\}$ ou itération qui présentent une allocation de débit en transmission la plus efficace selon un critère donné et en fonction du résultat des itérations précédentes. Le cas $T_{used} = 0$ est évident et correspond à un jeu de source vide $\mathbf{A}_0 = \emptyset$.

[0037] Plus particulièrement, la source i sélectionnée parmi les M sources du système en fonction du jeu ordonné de sources \mathbf{A}_j est la source qui maximise l'efficacité spectrale $\eta^{frame}(\mathbf{R}(\mathbf{A}_{j+1}), \mathbf{A}_{j+1})$.

[0038] Pour un jeu ordonné de sources \mathbf{A} donné, l'allocation de débits en transmission $R_i(\mathbf{A})$ est effectuée de la manière suivante :

- pour une source i dont l'identifiant n'est pas inclus dans \mathbf{A} , alors $R_i(\mathbf{A}) = I_{iD}$ où I_{iD} représente l'information mutuelle entre la source i et la destination (D),

- pour une source i dont l'identifiant est inclus dans \mathbf{A} , alors

$$R_i(\mathbf{A}) = \underset{I_{iD} + \alpha n_i I_{iD} \leq R_i \leq I_{iD} + \alpha n_i J_{iD}^*}{\operatorname{argmax}} R_i \quad \text{sachant que } \mathbf{O}_{i, T_{used}}(\mathbf{A}) = 0$$

où R_i est le débit de transmission initial de la source i , n_i représente le nombre de retransmissions coopératives de la source i dans \mathbf{A} , la borne inférieure $I_{iD} + \alpha \cdot n_i \cdot I_{iD}$ correspond à une situation dans laquelle aucun autre nœud que la source i connaît le message transmis par la source i , la borne supérieure $I_{iD} + \alpha \cdot n_i \cdot J_{iD}^*$ correspond à une situation dans laquelle tous les nœuds connaissent le message transmis par la source i avec J_{iD}^* l'information mutuelle équivalente entre la source i et la destination (D) lorsque tous les nœuds connaissent le message transmis par la source i , et où $\mathbf{O}_{i, T_{used}}(\mathbf{A})$ représente un événement de coupure valant 0 quand la destination ne peut décoder le message émis par la source i dans la trame courante et valant 1 quand la

destination décode le message émis par la source i dans la trame courante.

[0039] Les valeurs possibles des débits en transmission sont bornées en fonction des données de décodages des différents nœuds du système. Ceci permet de converger plus rapidement vers la valeur du débit en transmission remplissant les conditions d'allocation.

[0040] Plus particulièrement, l'allocation de débits en transmission $R_i(\mathbf{A})$ est obtenue en fixant une valeur initiale de $R_{i,0}$ définie comme étant $\frac{(I_{i,D} + \alpha n_i J_{i,D}^*)(I_{i,D} + \alpha n_i I_{i,D})}{2}$, si pour

$R_{i,0}, \mathbf{O}_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne inférieure prend pour valeur $R_{i,0}$, si pour $R_{i,0}$,

$\mathbf{O}_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure prend pour valeur $R_{i,0}$,

l'itération suivante est ensuite mise en œuvre jusqu'à ce que la différence entre une valeur courante de la borne supérieure et une valeur courante de la borne inférieure soit inférieure à seuil :

$R_{i,a} = \frac{\text{borne supérieure}_{(i)} - \text{borne inférieure}_{(i)}}{2}$ si pour $R_{i,a}, \mathbf{O}_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne inférieure prend pour valeur $R_{i,a}$, si pour $R_{i,a}, \mathbf{O}_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure prend pour valeur $R_{i,a}$.

[0041] Une telle approche est d'implémentation simple et converge rapidement.

[0042] Selon une autre caractéristique du procédé de transmission, la sélection du jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ destiné à être transmis aux N nœuds s'effectue de la manière suivante :

$$\hat{\mathbf{A}} = \underset{\mathbf{A} \in \mathcal{B}}{\operatorname{argmax}} \eta^{frame}(\mathbf{R}(\mathbf{A}), \mathbf{A}) \text{ où } \eta^{frame} = \frac{\sum_{i=1}^M R_i(1 - \mathbf{O}_{i,T_{used}})}{M + \alpha T_{used}}$$

$$= \underset{\mathbf{A} \in \mathcal{B}}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^M \frac{R_i(\mathbf{A})}{M + \alpha T_{used}},$$

spectrale de la trame courante et où α représente un rapport entre le nombre de canaux de transmission disponibles dans les T_{used} intervalles de temps et le nombre de canaux de transmission disponibles dans les M intervalles de temps et où \mathcal{B} représente l'ensemble des jeux ordonnés de sources \mathbf{A} .

[0043] Ainsi, $\mathcal{B} = \{A_1, \dots, A_{T_{max}}\}$. Plus particulièrement, \mathcal{B} représente l'ensemble des jeux ordonnés de sources \mathbf{A} pour T_{used} intervalles de temps tel que

$$[0044] \quad \mathcal{B} = \left\{ \mathbf{A} \in \{1, \dots, M\}^{T_{used}} : T_{used} \in \{0, \dots, T_{max}\} \right\}.$$

[0045] L'information relative au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné transmise aux différents nœuds du système préalablement à la phase de retransmission comprend, dans un exemple, un premier tuple de dimension T_{used} (i.e., T_{used} -tuple) identifiant les sources appartenant au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionnée et au moins un deuxième

M-tuple $\hat{n} = (n_1, \dots, n_M)$ représentant le nombre de fois n_i qu'une source i est destinée à être retransmise au cours des T_{used} intervalles de temps (si la source i n'appartient pas à \hat{A} alors $n_i = 0$).

- [0046] L'information relative au jeu ordonné de sources \hat{A} sélectionné transmise aux différents nœuds du système préalablement à la phase de retransmission comprend, dans un autre exemple, au moins un nombre entier représentant à la fois les sources appartenant au jeu ordonné de sources \hat{A} sélectionnée et le nombre de fois qu'une source identifiée dans le jeu ordonné de sources \hat{A} est destinée à être retransmise au cours des T_{used} intervalles de temps.
- [0047] L'information transmise n'est pas lourde à transmettre et n'induit pas de charge supplémentaire dans le système.
- [0048] L'invention concerne en outre un système de télécommunication OMAMRC à N nœuds et une destination (D), les N nœuds comprenant M sources i , $i \in \{1, \dots, M\}$ et L relais (r_1, \dots, r_L) avec $M \geq 2$, $L \geq 0$, adapté pour mettre en œuvre le procédé de transmission objet de l'invention.
- [0049] L'invention concerne enfin un produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre d'un procédé tel que décrit précédemment, lorsqu'il est exécuté par un processeur.
- [0050] L'invention vise également un support d'enregistrement lisible par un ordinateur sur lequel est enregistré un programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour l'exécution des étapes du procédé selon l'invention tel que décrit ci-dessus.
- [0051] Un tel support d'enregistrement peut être n'importe quelle entité ou dispositif capable de stocker le programme. Par exemple, le support peut comporter un moyen de stockage, tel qu'une ROM, par exemple un CD ROM ou une ROM de circuit micro-électronique, ou encore un moyen d'enregistrement magnétique, par exemple une clé USB ou un disque dur.
- [0052] D'autre part, un tel support d'enregistrement peut être un support transmissible tel qu'un signal électrique ou optique, qui peut être acheminé via un câble électrique ou optique, par radio ou par d'autres moyens, de sorte que le programme d'ordinateur qu'il contient est exécutable à distance. Le programme selon l'invention peut être en particulier téléchargé sur un réseau par exemple le réseau Internet.
- [0053] Alternativement, le support d'enregistrement peut être un circuit intégré dans lequel le programme est incorporé, le circuit étant adapté pour exécuter ou pour être utilisé dans l'exécution du procédé objet de l'invention précité.

Liste des figures

- [0054] D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront plus clairement

à la lecture de la description suivante, donnée à titre de simple exemple illustratif, et non limitatif, en relation avec les figures, parmi lesquelles :

- [0055] [Fig.1] : cette figure représente un mode de réalisation de l'invention décrit dans le contexte d'un système OMAMRC,
- [0056] [Fig.2] : cette figure représente un cycle de transmission d'une trame,
- [0057] [Fig.3] : cette figure représente les différentes étapes du procédé de transmission objet de l'invention mises en œuvre par le système de la [Fig.1] chaque trame transmises au sein du système,
- [0058] [Fig.4] : cette figure représente une destination appartenant à un système de télécommunication OMAMRC a M sources, éventuellement L relais et une destination, $M \geq 2$, $L \geq 0$ selon un mode de réalisation de l'invention. Une telle destination est apte à mettre en œuvre le procédé de transmission selon la [Fig.3].
- [0059] **Description détaillée de modes de réalisation de l'invention**
- [0060] Le principe général de l'invention repose sur une méthode permettant de sélectionner les sources dont les messages feront l'objet d'une retransmission et d'allouer des débits de transmission à l'ensemble des sources conjointement. En procédant conjointement à la sélection des sources dont les messages feront l'objet d'une retransmission, ou sources aidées, et à l'allocation des débits de transmission à l'ensemble des sources, l'efficacité spectrale du système est améliorée. Plus particulièrement, dans la présente solution l'allocation de débits de transmission et la sélection des sources à aider sont effectuées par trame, une telle implémentation est dite FLA pour « *Fast Link Adaptation* » ou adaptation de lien (ou canal dans la suite du Document) rapide. L'état du canal pouvant être différent d'une trame à l'autre, l'allocation de débits en transmission dynamique par trame offre les meilleures performances. La mise en œuvre d'une telle solution suppose la connaissance, par la destination, des données CSI pour l'ensemble des canaux du système, c'est-à-dire les canaux entre les sources, entre les relais, et entre les relais et les sources.
- [0061] On présente désormais, en relation avec la [Fig.1] un mode de réalisation de l'invention décrit dans le contexte d'un système OMAMRC à l'appui du schéma de la [Fig.2] qui illustre un cycle de transmission d'une trame.
- [0062] Ce système comprend M sources qui appartiennent au jeu de sources $\mathbf{S} = \{s_1, \dots, s_M\}$, L relais qui appartiennent au jeu de relais $\mathbf{R} = \{r_1, \dots, r_L\}$ et une destination D . Par convention, il est considéré que $s_i = i \forall i \in \{1, \dots, M\}$ et $r_k = M + k \forall k \in \{1, \dots, L\}$.
- [0063] Chaque source i du jeu \mathbf{S} communique avec l'unique destination avec l'aide des autres sources (*user cooperation*) et des relais qui coopèrent.
- [0064] A titre de simplification de la description, les suppositions suivantes sont faites par la

suite sur le système OMAMRC :

- les sources, les relais sont équipés d'une seule antenne d'émission ;
- les sources, les relais, et la destination sont équipés d'une seule antenne de réception ;
- les sources, les relais, et la destination sont parfaitement synchronisés ;
- les sources sont statistiquement indépendantes (il n'y a pas de corrélation entre elles) ;
- tous les nœuds émettent avec une même puissance ;
- il est fait usage d'un code CRC supposé inclus dans les K_s bits d'information de chaque source ³ pour déterminer si un message est correctement décodé ou pas ;
- les liens entre les différents nœuds souffrent de bruit additif et d'évanouissement. Les gains d'évanouissement sont fixes pendant la transmission d'une trame effectuée pendant une durée maximale $M + T_{max}$ intervalles de temps, mais peuvent changer indépendamment d'une trame à une autre. $T_{max} \geq 1$ est un paramètre du système ;
- une trame comprend M intervalles de temps alloués à la transmission successive d'un message par les M sources et $T_{used} \leq T_{max}$ intervalles de temps alloués à au moins une retransmission coopérative d'une redondance d'un message transmis par au moins une source dans l'un desdits M intervalles de temps, les M intervalles de temps définissent une phase de transmission et les T_{used} intervalles de temps définissent une phase de retransmission,
- la qualité instantanée du canal/liens direct en réception (*CSIR Channel State Information at Receiver*) est disponible à la destination, aux sources et aux relais ;
- les retours sont sans erreur (pas d'erreur sur les signaux de contrôle).

[0065] Les nœuds comprennent les relais et les sources qui peuvent se comporter comme un relais quand elles n'émettent pas leur propre message.

[0066] Les nœuds, M sources et L relais, accèdent au canal de transmission selon un schéma d'accès multiple orthogonal en temps, ou en fréquence, qui leur permet d'écouter sans interférence les transmissions des autres nœuds. Les nœuds fonctionnent selon un mode « half-duplex ».

[0067] La [Fig.3] représente les différentes étapes du procédé de transmission objet de l'invention mises en œuvre par le système décrit ci-dessus. Les étapes décrites ci-dessous sont mises en œuvre pour chaque trame transmises au sein du système considéré.

[0068] Sachant qu'au cours de la phase de retransmission, à chaque intervalle de temps, une

seule source est aidée par une pluralité de nœuds et sachant que la phase de re-transmission à un nombre maximal d'intervalles temporels T_{max} , L'hypothèse suivante est posée : au cours d'une phase de retransmission, il y a un nombre fini de sélections de sources à aider possibles.

- [0069] Dans une étape E1, la destination D détermine une pluralité de jeux ordonnés de sources \mathbf{A} à aider dans chaque intervalle de temps parmi les T_{max} intervalles de temps possibles.
- [0070] Pour cela, la destination D génère pour un premier intervalle de temps T_0 , un premier jeu ordonné de sources \mathbf{A}_0 n'identifiant aucune source à aider. Un tel jeu ordonné de sources \mathbf{A}_0 est donc un scalaire de valeur nulle.
- [0071] Ensuite, pour un deuxième intervalle de temps T_1 , la destination détermine une première source i parmi les M sources du système et génère un deuxième jeu ordonné de sources \mathbf{A}_1 de dimension 2 comprenant la coordonnée du jeu ordonné de sources \mathbf{A}_0 déterminée pour l'intervalle de temps T_0 et la coordonnée s_i déterminée pour le deuxième intervalle de temps T_1 tel que $\mathbf{A}_1 = (0, s_1)$.
- [0072] Afin de déterminer la source i destinée à être aidée au cours de l'intervalle de temps T_1 , la destination (D) détermine, dans une étape E2, une allocation de débit en transmission $R(\mathbf{A})$ la plus efficace possible pour le jeu ordonné de sources \mathbf{A} considéré. Ainsi, la destination D calcule pour une source i un événement d'indisponibilité $O_{i, T_{used}}(\mathbf{A})$. Un tel événement d'indisponibilité pour la source i s'exprime de la manière suivante :
- [0073]
$$O_{i, T_{used}}(\mathbf{A}) = \left\{ R_i > I_{i,D} + \alpha \sum_{l=1}^{n_i} J_{i,D}(l) \right\}$$
- [0074] Où $I_{i,D}$ représente l'information mutuelle entre la source i et la destination (D), et $J_{i,D}(l)$ représente l'information mutuelle entre le message émis par la source i et la destination (D) à travers le canal équivalent prenant en compte l'ensemble des nœuds relais actifs vers la destination (D) après la $l^{ième}$ sélection de la source i avec $l \in \{1, \dots, n_i\}$ et où n_i représente le nombre de sélection de la source i . En effet, l'information mutuelle équivalente $J_{i,D}(l)$ ne dépend que du nombre l de fois qu'une source i donnée a été aidée autrement dit, l'indice l fait référence au nombre de retransmissions d'une source i donnée.
- [0075] L'information mutuelle équivalente $J_{i,D}(l)$ est obtenue en identifiant l'ensemble des nœuds relais qui ont aidé la source i , c'est-à-dire qui ont décodé le message émis par la source i à la fin de la $l-1^{ième}$ retransmission. Pour savoir si un nœud relais j a aidé la source i à l'issue de la $l^{ième}$ retransmission, un événement d'indisponibilité est effectué en prenant le nœud j comme destination est calculé, c'est-à-dire que l'ensemble des nœuds relais ayant aidé la source i à la fin de la $l-1^{ième}$ retransmission

transmet le message émis par la source i définissant ainsi un canal équivalent vers le nœud j ayant pour information mutuelle $\bar{J}_{i,j}(l)$. Le nœud j ne peut pas aider la source i à l'issue d'une $n^{\text{ième}}$ retransmission si et seulement si $\left\{ R_i > I_{i,j} + \alpha \sum_{l=1}^n \bar{J}_{i,j}(l) \right\}$.

[0076] L'allocation de débits en transmission optimale $R_i(\mathbf{A})$ pour un jeu ordonné de sources \mathbf{A} donné est l'allocation de débits en transmission garantissant qu'un événement d'indisponibilité $\mathbf{O}_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A})$ n'est pas déclaré, c'est-à-dire,

$$[0077] \quad R_i(\mathbf{A}) = \operatorname{argmax}_{R_i \in \mathbb{R}} R_i$$

[0078] sachant que $\mathbf{O}_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 0$.

[0079] Deux situations apparaissent alors :

[0080] une première situation dans laquelle $n_i = 0$, dans ce cas $R_i(\mathbf{A}) = I_{i,D}$,

[0081] une deuxième situation dans laquelle $n_i \neq 0$, dans ce cas

$$R_i(\mathbf{A}) = \operatorname{argmax}_{I_{i,D} + \alpha n_i I_{i,D} \leq R_i \leq I_{i,D} + \alpha n_i \bar{J}_{i,D}^*} R_i$$

[0082] En effet, l'ensemble des messages connus soit par décodage, soit par définition (ou « *decoding set* » en langue anglaise) par un nœud relais donné dépend de l'état du canal et du débit en transmission alloué à la source i . En conséquence, l'information mutuelle équivalente $\bar{J}_{i,j}(l)$ dépend du débit en transmission R_i alloué.

[0083] Il apparaît que la valeur de débit de transmission R_i pour une source i donnée peut être limitée en fonction des « *decoding sets* » des différents nœuds relais. Plus précisément, la valeur du débit R_i pour une source i donnée dans le cas où $n_i \neq 0$ est limitée entre une valeur minimale $I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot I_{i,D}$ et une valeur maximale

$$I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot \bar{J}_{i,D}^*$$

[0084] La valeur minimale $I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot I_{i,D}$ correspond à une situation dans laquelle aucun nœud relai n'aide la source i lors de la phase de retransmission.

[0085] La valeur maximale $I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot \bar{J}_{i,D}^*$ correspond à une situation dans laquelle l'ensemble des nœuds relais aident la source i lors de la phase de retransmission et où $\bar{J}_{i,D}^*$ représente l'information mutuelle équivalente entre la source i et la destination (D) lorsque l'ensemble des nœuds relai aident la source i .

[0086] Dans une première implémentation, l'allocation de débits en transmission $R_i(\mathbf{A})$ est obtenue en appliquant un algorithme de recherche binaire. Un tel algorithme est représenté en annexe 1.

[0087] Ainsi, une valeur initiale de $R_{i,0}$ est définie comme étant $\frac{(I_{i,D} + \alpha n_i \bar{J}_{i,D}^*)(I_{i,D} + \alpha n_i I_{i,D})}{2}$. Si

pour $R_{i,0}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne inférieure (left dans l'algorithme) prend pour valeur $R_{i,0}$, si pour $R_{i,0}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure (right dans l'algorithme) prend pour valeur $R_{i,0}$.

[0088] L'itération a suivante est ensuite mise en œuvre jusqu'à ce que la différence entre une valeur courante de la borne supérieure et une valeur courante de la borne inférieure soit inférieure à seuil ε :

$R_{i,a} = \frac{\text{borne supérieure}_{a-1} - \text{borne inférieure}_{a-1}}{2}$ si pour $R_{i,a}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne inférieure prend pour valeur $R_{i,a}$, si pour $R_{i,a}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne supérieure prend pour valeur $R_{i,a}$.

[0089] Autrement dit, lorsque la fenêtre de recherche est suffisamment petite, l'algorithme se termine.

[0090] Dans une deuxième implémentation, l'allocation de débits en transmission $R_i(\mathbf{A})$ est également obtenue en appliquant un algorithme de recherche binaire. Cependant, les valeurs des débits en transmission sont choisies parmi un ensemble fini de valeurs $\tilde{R} = \{\tilde{R}_0 = 0, \tilde{R}_1, \dots, \tilde{R}_{\text{MCS}}\}$ avec $\tilde{R}_0 < \tilde{R}_1 < \dots < \tilde{R}_{\text{MCS}}$. Un tel algorithme est représenté en annexe 2.

[0091] En pratique, il existe toujours une famille de schémas de modulation et de codage où des valeurs de débit en transmission possibles sont prédéfinies. En d'autres termes, bien que dans la présente solution les débits en transmission ne dépendent pas d'un ensemble prédéfini de débits en transmission, la présente solution peut néanmoins être mise en œuvre dans des scénarii réalistes où un ensemble prédéfini de débits en transmission est adapté. Ici, il n'est pas nécessaire de chercher parmi toutes les valeurs des débits en transmission pour déterminer la valeur de débit en transmission optimale. Pour cela, l'algorithme de recherche binaire peut être adapté pour parcourir l'ensemble des valeurs de débits en transmission possibles.

[0092] Dans une phase d'initialisation, la valeur de ε est fixée à $\varepsilon = \min_{i \in \{0, \dots, \text{MCS}-1\}} (\tilde{R}_{i+1} - \tilde{R}_i)$.

[0093] Ensuite, une valeur initiale de $R_{i,0}$ est définie comme étant

$$\frac{\min(\tilde{R}_{\text{MCS}} J_{iD} + \alpha n_i J_{iD}^*) - \min(\tilde{R}_{\text{MCS}} J_{iD} + \alpha n_i J_{iD})}{2}$$

si pour $R_{i,0}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne inférieure (left dans l'algorithme) prend pour valeur $R_{i,0}$, si pour $R_{i,0}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure (right dans l'algorithme) prend pour valeur $R_{i,0}$.

[0094] L'itération a suivante est ensuite mise en œuvre jusqu'à ce que la différence entre une valeur courante de la borne supérieure et une valeur courante de la borne inférieure soit inférieure à seuil ε :

$$R_{i,a} = \frac{\text{borne supérieure}_{a-1} - \text{borne inférieure}_{a-1}}{2}$$

si pour $R_{i,a}$, $O_{i,T_{\text{used}}}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne in-

férieure prend pour valeur $R_{i,a}$, si pour $R_{i,a}$, $O_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure prend pour valeur $R_{i,a}$.

[0095] L'allocation de débits en transmission $R_i(\mathbf{A})$ sélectionnée pour le jeu ordonné de sources \mathbf{A} est

$$[0096] \quad R_i(\mathbf{A}) = \underset{\tilde{r} \in \mathbb{R} \text{ tel que } \tilde{r} \leq \text{borne inférieure}_{\text{dernière itération}}}{\operatorname{argmin}} \left(\text{borne inférieure}_{\text{dernière itération}} - \tilde{r} \right)$$

[0097] Ce processus est répété une nouvelle fois pour un troisième intervalle de temps T_2 , la destination détermine une troisième source s_f parmi les M sources du système et génère un troisième jeu ordonné de sources \mathbf{A}_2 de dimension 3 comprenant la coordonnée du jeu ordonné de sources \mathbf{A}_0 déterminée pour l'intervalle de temps T_0 et la coordonnée s_i déterminée pour le deuxième intervalle de temps T_1 et la coordonnée s_f tel que $\mathbf{A}_2 = (0, s_i, s_f)$.

[0098] Ce jeu ordonné de sources \mathbf{A}_2 est obtenu en déterminant l'allocation de débits en transmission optimale $R_i(\mathbf{A}_2)$ telle que :

$$[0099] \quad R_i(\mathbf{A}_2) = \underset{R_i \in \mathbb{R}}{\operatorname{argmax}} R_i$$

[0100] sachant que : $O_{i,T_{used}}(\mathbf{A}_2) = 0$.

[0101] Le processus est réalisé autant de fois que nécessaire jusqu'à l'obtention de T_{max} jeu ordonné de sources \mathbf{A} , tels que \mathbf{A}_{j+1} où $j \in 1 \leq j \leq T_{max} = (\mathbf{A}_j, s_i)$ où \mathbf{A}_j est le jeu ordonné de sources et \mathbf{A}_{j-1} le jeu ordonné de sources précédent.

[0102] Ainsi, dans un exemple où $T_{max} = 2$, et que le système comprend deux sources s_1 et s_2 , alors, les jeux ordonnés de sources \mathbf{A} à aider possibles sont :

[0103] pour $T_{used} = 0$ (aucune source n'est aidée), le jeu ordonné de sources \mathbf{A}_0 est alors un scalaire de valeur nulle tel que $\mathbf{A}_0 = \emptyset$,

[0104] pour $T_{used} = 1$, soit la source s_1 est sélectionnée pour être aidée soit la source s_2 , le jeu ordonné de sources \mathbf{A}_1 est alors un jeu ordonné de taille 2 tel que

$$\mathbf{A}_1 = (\emptyset, s_1) = (s_1), \text{ ou } \mathbf{A}_1 = (\emptyset, s_2) = (s_2),$$

[0105] pour $T_{used} = 2$, soit la source s_1 est sélectionnée deux fois pour être aidée, soit la source s_2 est sélectionnée deux fois pour être aidée, soit la source s_1 et la source s_2 sont sélectionnées une fois chacune, le jeu ordonné sources \mathbf{A}_2 est alors un jeu ordonné de taille 3 tel que $\mathbf{A}_2 = (s_1, s_1)$, $\mathbf{A}_2 = (s_2, s_2)$, ou $\mathbf{A}_2 = (s_1, s_2) = (s_2, s_1)$.

[0106] En effet, dans le cas où la destination D choisit d'aider la source s_1 et la source s_2 au cours d'une même phase de retransmission, il importe peu de savoir laquelle est aidée en premier. En d'autres termes, la destination D choisit d'aider la source s_1 au cours du premier intervalle de temps constitutif de la phase de retransmission puis la source s_2 au cours du deuxième intervalle de temps constitutif de la phase de retransmission, cela

n'impacte pas performances du système. L'ordre dans lequel les différentes sources sont retransmises ne revêt donc pas d'importance car c'est le nombre d'intervalles de temps alloués à une même source i parmi les T_{max} intervalles de temps possibles qui importe.

[0107] Une fois que l'ensemble des jeux ordonnés de sources \mathbf{A} ont été déterminés par la destination au cours des différentes itérations des étapes E1 et E2, à destination (D) sélectionne, dans une étape E3, le jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ qui offre l'efficacité spectrale la plus élevée possible pour le système considéré. Ainsi le jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné est le jeu ordonné de sources qui satisfait :

$$\begin{aligned}
 [0108] \quad \hat{\mathbf{A}} &= \underset{\substack{\mathbf{A} \in \{1, \dots, M\}^{T_{used}} \\ T_{used} \in \{0, \dots, T_{max}\}}}{\text{argmax}} \eta^{frame}(\mathbf{R}(\mathbf{A}), \mathbf{A}) \text{ où } \eta^{frame} = \frac{\sum_{i=1}^M R_i(1 - \alpha_i T_{used})}{M + \alpha T_{used}} \text{ représente} \\
 &= \underset{\substack{\mathbf{A} \in \{1, \dots, M\}^{T_{used}} \\ T_{used} \in \{0, \dots, T_{max}\}}}{\text{argmax}} \sum_{i=1}^M \frac{R_i(\mathbf{A})}{M + \alpha T_{used}},
 \end{aligned}$$

l'efficacité spectrale de la trame considérée.

[0109] Le nombre d'intervalles de temps T_{used} constituant la phase de retransmission est donné par la taille du jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné au cours de l'étape E3.

[0110] Un exemple d'un algorithme de sélection du jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ qui offre l'efficacité spectrale la plus élevée possible pour le système considéré est représenté en annexe 3.

[0111] Dans ce troisième algorithme, T_{used} est initialisé à $T_{used} = 0$ \mathbf{A} est initialisé à $\mathbf{A} = \emptyset$, et $n_i = 0 \forall i \in \{1, \dots, M\}$. Dans ce cas $R_i(\emptyset)$ est le débit en transmission appartenant à la famille MCS qui est inférieur et le plus proche de $I_{i,D}$. On note l'efficacité spectrale associée est exprimée comme étant :

$$[0112] \quad \eta^{frame}(\mathbf{R}(\emptyset), \emptyset) = \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M R_i(\emptyset)$$

[0113] De même, pour $n_i = 0$, $R_i(\mathbf{A})$ est le débit en transmission appartenant à la famille MCS le plus faible et le plus proche de $I_{i,D}$.

[0114] L'algorithme proposé est alors confronté à un problème de complexité suite au nombre exponentiel d'allocations possibles $\in \mathcal{S}^{T_{used}}$. Pour une valeur de T_{used} donné, le nombre de jeux ordonnés de sources possibles \mathbf{A} est T_{used}^M . Sachant que l'ordre des sources n'a pas d'importance, et que seul compte le nombre de retransmissions pour chaque source, le nombre de jeux ordonnés possibles \mathbf{A} est réduit à

$$\mathcal{C}_{T_{used}}^{M+T_{used}-1} = \frac{(M+T_{used}-1)!}{T_{used}!(M-1)!}$$

[0115] Bien qu'une telle réduction est intéressante, elle peut être la source de problèmes d'implémentation de l'algorithme présenté en annexe 3.

- [0116] Par la suite, le $t^{\text{ème}}$ élément du T_{used} -tuple $\mathbf{A} = (s_1, \dots, s_t, \dots, s_{T_{used}})$ est dénoté $[\mathbf{A}]_t = a_t = s_t$. Dans ce contexte un T_{used} -tuple dont tous les éléments appartiennent au même ensemble $\{1, \dots, M\}$ peut aussi être considéré comme un vecteur.
- [0117] Pour éviter ces problèmes d'implémentation, une stratégie d'allocation séquentielle peut être mise en œuvre. Ainsi, lors de l'allocation du T_{used} -tuple \mathbf{A} , les sources a_t sont alloués séquentiellement ce qui conduit à une allocation pratique où il n'est pas besoin d'une recherche exponentielle sur les T_{used} -tuples \mathbf{A} . Dans un tel cas de figure, et lorsque l'on calcule le débit optimal correspondant à l'ensemble \mathbf{A} , un seul débit est alors mis à jour ; celui de la source $[\mathbf{A}]_t : R_{i=[\mathbf{A}]_t}$.
- [0118] Un exemple d'un algorithme d'allocation séquentielle est représenté en annexe 4.
- [0119] Dans une étape E4 préalable à la phase de transmission, la destination (D) transmet à destination des N nœuds du système une information relative à l'allocation de débits en transmission $R(\hat{\mathbf{A}})$ correspondant au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné.
- [0120] Une telle information peut consister en un index représentatif du débit alloué issu d'un jeu de schémas de modulation et de codage MCS.
- [0121] Ainsi, si les débits possibles sont $\tilde{R} = \{\tilde{R}_0 = 0, \tilde{R}_1, \dots, \tilde{R}_{MCS}\}$, et le débit alloué à la source i est $R_i(\hat{\mathbf{A}}) = \tilde{R}_k$ pour $k \in \{0, \dots, MCS\}$, alors, il est suffisant de transmettre l'index k identifiant ce débit.
- [0122] Dans une étape E5 mise en œuvre durant la phase de transmission, la destination (D) reçoit des messages émis par les M sources.
- [0123] Dans une étape E6 préalable à la phase de retransmission, la destination (D) transmet à destination des N nœuds du système une information relative au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné indiquant ainsi à chaque nœuds du système le nombre d'intervalles de temps T_{used} constituant la phase de retransmission et l'identité des sources à aider.
- [0124] Une telle information peut consister, dans un premier exemple, en un premier T_{used} -tuple identifiant les sources appartenant au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné.
- [0125] Ainsi, pour $T_{used} = T_{max} = 2$, et toujours avec deux sources à aider, la source 1 et la source 2, s'il est décidé d'aider la source 1 deux fois, alors $\hat{\mathbf{A}} = (1, 1)$ et $\hat{\mathbf{n}} = (2, 0)$, s'il est décidé d'aider deux fois la source 2 alors, $\hat{\mathbf{A}} = (2, 2)$ et $\hat{\mathbf{n}} = (0, 2)$ et enfin s'il est décidé d'aider une fois la source 1 et une fois la source 2 alors $\hat{\mathbf{A}} = (1, 2)$ et $\hat{\mathbf{n}} = (1, 1)$.
- [0126] Une telle information peut consister, dans un deuxième exemple, en la transmission d'un nombre entier identifiant les sources à aider et indiquant le nombre de retransmission par source.

- [0127] Ainsi, pour $T_{used} = T_{max} = 2$, et toujours avec deux sources à aider, la source 0 et la source 1, s'il est décidé d'aider la source 0 deux fois, $\hat{\mathbf{A}} = (0,0)$, dans ce cas, le nombre entier représentant cette situation est $0 + 0 = 0$.
- [0128] S'il est décidé d'aider la source 1 dans un premier intervalle de temps, puis la source 0 dans un second intervalle de temps, alors $\hat{\mathbf{A}} = (1,0)$, dans ce cas, le nombre entier représentant cette situation est $1 + 0 = 1$.
- [0129] S'il est décidé d'aider la source 0 dans un premier intervalle de temps, puis la source 1 dans un second intervalle de temps, alors $\hat{\mathbf{A}} = (1,0)$, dans ce cas, le nombre entier représentant cette situation est $0 + 2 = 2$.
- [0130] Enfin, s'il est décidé d'aider la source 1 deux fois, $\hat{\mathbf{A}} = (1,1)$, dans ce cas, le nombre entier représentant cette situation est $1 + 2 = 3$.
- [0131] Plus généralement, le nombre entier identifiant les sources à aider et indiquant le nombre de retransmission par source est Q tel que $Q = q_0 + q_1 M + \dots + q_{T_{used}-1} M^{T_{used}-1}$ où $q_i + 1 (i \in \{0, \dots, T_{used} - 1\})$ est l'identifiant d'une source prenant sa valeur dans l'ensemble $\{1, \dots, M\}$ associé au $i^{ème} + 1$ intervalle de temps de retransmission prenant sa valeur dans l'ensemble $\{1, \dots, T_{used}\}$.
- [0132] Dans une implémentation particulière de l'étape E6, le jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné et transmis avec système l'allocation de débits en transmission $R(\hat{\mathbf{A}})$ correspondante préalablement à la phase de transmission.
- [0133] Enfin dans une étape E7 mise en œuvre durant la phase de retransmission, la destination (D) reçoit au moins une redondance des messages émis par les T_{used} sources aidées.
- [0134] La connaissance des données CSI pour l'ensemble des canaux du système est importante dans la présente solution qui détermine pour chaque jeu ordonné de sources possible, une allocation de débits en transmission optimale. Cette dernière est basée sur la connaissance des événements d'indisponibilité de chaque source constitutive d'un jeu ordonné de sources. Et comme la solution repose sur une retransmission parallèle où tous les nœuds relais qui ont décodé une source donnée sont activés pour aider la source en question, la connaissance données CSI pour l'ensemble des canaux du système permet de déterminer les « *decoding sets* » des nœuds relais afin de savoir quels nœuds relais sont activés et quel est le canal équivalent pour un jeu ordonné de sources donné.
- [0135] En d'autres termes, pour chaque jeu ordonné de sources, un canal équivalent différent est obtenu pour chaque créneau temporel de retransmission. Ces canaux équivalents permettent de calculer l'information mutuelle équivalente et par conséquent les

événements d'indisponibilité.

[0136] Par exemple, dans un (2, 2, 1)-OMAMRC, ensemble des sources est $S = \{1, 2\}$, et l'ensemble des relais est $R = \{3, 4\}$ et la destination est D . Après la phase de transmission, les « *decoding sets* » des nœuds relais et de la destination sont :

[0137] $S_{1,0} = \{1\}$, $S_{2,0} = \{1\}$, $S_{3,0} = \{1\}$, $S_{4,0} = \{2\}$, $S_{D,0} = \phi$

[0138] Si la destination choisit d'aider la source 1 au cours du premier intervalle temporel de la phase de retransmission, on voit que les trois premiers nœuds relai vont être activés. Le canal équivalent correspondant à ces nœuds relai se traduit par une information mutuelle équivalente exprimée de la manière suivante :

$$J_{1,D}(1) = \log_2 \left(1 + \sum_{i=1}^3 |h_{i,D}|^2 \right)$$

[0139] où $h_{i,D}$ représente le gain du canal dans la liaison entre le nœud relai i et la destination D . La destination a utilisé les « *decoding sets* » des nœuds relais pour calculer $J_{1,D}(1)$ afin d'identifier quels nœuds relais inclure dans la sommation due au canal équivalent.

[0140] Afin d'identifier quels nœuds relai sont actifs dans la première retransmission, la destination détermine les « *decoding sets* » de chaque nœud relai après la phase de transmission au moyen des équations $\{R_1 > I_{1,j}\}$. La destination calcule alors $I_{1,j}$ en fonction du gain du canal de la liaison indirecte $h_{1,j}$ entre la source 1 et le nœud relai j . Pour cela la destination utilise les données CSI relatives aux canaux indirects. Une procédure similaire est mise en œuvre pour les T_{used} intervalles de temps de la phase de retransmission.

[0141] La [Fig.4] représente une destination appartenant à un système de télécommunication OMAMRC à M sources, éventuellement L relais et une destination, $M \geq 2$, $L \geq 0$ selon un mode de réalisation de l'invention. Une telle destination est apte à mettre en œuvre le procédé de transmission selon la [Fig.3].

[0142] Une destination peut comprendre au moins un processeur matériel 41, une unité de stockage 42, et au moins une interface de réseau 43 qui sont connectés entre eux au travers d'un bus 44. Bien entendu, les éléments constitutifs de la destination peuvent être connectés au moyen d'une connexion autre qu'un bus.

[0143] Le processeur 41 commande les opérations de la destination. L'unité de stockage 42 stocke au moins un programme pour la mise en œuvre du procédé selon un mode de réalisation de l'invention à exécuter par le processeur 41, et diverses données, telles que des paramètres utilisés pour des calculs effectués par le processeur 41, des données intermédiaires de calculs effectués par le processeur 41, etc. Le processeur 41 peut être formé par tout matériel ou logiciel connu et approprié, ou par une combinaison de matériel et de logiciel. Par exemple, le processeur 41 peut être formé par un matériel

dédié tel qu'un circuit de traitement, ou par une unité de traitement programmable telle qu'une unité centrale de traitement (*Central Processing Unit*) qui exécute un programme stocké dans une mémoire de celui-ci.

[0144] L'unité de stockage 42 peut être formée par n'importe quel moyen approprié capable de stocker le programme ou les programmes et des données d'une manière lisible par un ordinateur. Des exemples d'unité de stockage 42 comprennent des supports de stockage non transitoires lisibles par ordinateur tels que des dispositifs de mémoire à semi-conducteurs, et des supports d'enregistrement magnétiques, optiques ou magnéto-optiques chargés dans une unité de lecture et d'écriture.

[0145] L'interface réseau 43 fournit une connexion entre la destination et l'ensemble des nœuds du système.

[0146] Annexe 1

| | | |
|-----|--|--|
| 1. | Fix ε , $\text{Left} \leftarrow I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot I_{i,D}$, $\text{Right} \leftarrow I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot \bar{J}_{i,D}$ | Initialize the boundaries |
| 2. | while ($\text{right} - \text{left} > \varepsilon$) | While the window size $> \varepsilon$ |
| 3. | $R_i \leftarrow (\text{Right} - \text{Left})/2$ | Set the candidate choice |
| 4. | if ($O_{i,T_{\text{used}}}(A) = 0$) do | If no outage |
| 5. | $\text{Left} \leftarrow R_i$ | Shift the lower bound |
| 6. | else | If there is outage |
| 7. | $\text{Right} \leftarrow R_i$ | Shift the upper bound |
| 8. | end if | |
| 9. | end while | |
| 10. | $R_i(A) \leftarrow \text{Left}$ | Select $R_i(A)$ as lower bound to ensure its correctly decoded |

[0147] Annexe 2

| | | |
|-----|---|---|
| 1. | $\varepsilon \leftarrow \min_{i \in \{0, \dots, \text{MCS}-1\}} (\bar{R}_{i+1} - \bar{R}_i)$, $\text{Left} \leftarrow \min(\bar{R}_{\text{MCS}}, I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot I_{i,D})$, $\text{right} \leftarrow \min(\bar{R}_{\text{MCS}}, I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot \bar{J}_{i,D})$ | Initialize the boundaries |
| 2. | while ($\text{right} - \text{left} > \varepsilon$) | While the window size $> \varepsilon$ |
| 3. | $R_i \leftarrow (\text{Right} - \text{Left})/2$ | Set the candidate choice |
| 4. | if ($O_{i,T_{\text{used}}}(A) = 0$) do | If no outage |
| 5. | $\text{Left} \leftarrow R_i$ | Shift the lower bound |
| 6. | else | If there is outage |
| 7. | $\text{Right} \leftarrow R_i$ | Shift the upper bound |
| 8. | end if | |
| 9. | end while | |
| 10. | $R_i(A) \leftarrow \underset{\tilde{r} \in \bar{R} \text{ such that } \tilde{r} \leq \text{Left}}{\text{argmin}} (\text{Left} - \tilde{r})$ | Select R_i as the closest rate to left and in the set \bar{R} |

[0148] Annexe 3

| | |
|---|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. $\hat{\mathbf{A}} \leftarrow \phi, \text{MAX} \leftarrow \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\emptyset), \emptyset),$ $\mathbf{R}^{\text{selected}} \equiv \mathbf{R}(\emptyset)$ 2. for $T_{\text{used}} \equiv 1$ till $T_{\text{used}} \equiv T_{\text{max}}$ 3. for all \mathbf{A} such that: $\mathbf{A} \in S^{T_{\text{used}}}$ 4. Compute $R_i(\mathbf{A})$ for all $i \in S$ 5. if ($\text{MAX} < \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\mathbf{A}), \mathbf{A})$) 6. $\hat{\mathbf{A}} \leftarrow \mathbf{A}$ 7. $\mathbf{R}^{\text{selected}} \equiv \mathbf{R}(\mathbf{A})$ 8. $\text{MAX} \leftarrow \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\mathbf{A}), \mathbf{A})$ 9. end if 10. end for 11. end for 12. Outputs: $\hat{\mathbf{A}}, \mathbf{R}(\hat{\mathbf{A}}) \equiv \mathbf{R}^{\text{selected}}$. | <p>Initialize the MAX based on $T_{\text{used}} = 0$</p> <p>For all frame sizes with at least a retransmission</p> <p>For any Possible selection</p> <p>Compute the highest rate for the given \mathbf{A} using the Binary Search Algorithm</p> <p>If we encounter a better selection</p> <p>Update the chosen set</p> <p>Update MAX</p> <p>Outputs : $\hat{\mathbf{A}}, \mathbf{R}(\hat{\mathbf{A}})$</p> |
|---|---|

[0149] Annexe 4

| | |
|--|---|
| <ol style="list-style-type: none"> 1. $\hat{\mathbf{A}} \leftarrow \phi, \text{MAX} \leftarrow \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\emptyset), \emptyset),$ $\mathbf{R}^{\text{selected}} \equiv \mathbf{R}(\emptyset)$ 2. for $t = 1$ till $t = T_{\text{max}}$ 3. $\hat{b}_t = \underset{b_t \in S}{\text{argmax}} \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\hat{\mathbf{B}}), \hat{\mathbf{B}} = (\hat{b}_1, \dots, \hat{b}_{t-1}, b_t))$ 4. if ($\text{MAX} < \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\hat{\mathbf{B}}), \hat{\mathbf{B}})$) 5. $\hat{\mathbf{A}} \leftarrow \hat{\mathbf{B}}$ 6. $\mathbf{R}^{\text{selected}} \leftarrow \mathbf{R}(\hat{\mathbf{B}})$ 7. $\text{MAX} \leftarrow \eta^{\text{frame}}(\mathbf{R}(\hat{\mathbf{A}}), \hat{\mathbf{A}})$ 8. end if 9. end for 10. end for 11. Outputs $\hat{\mathbf{A}}, \mathbf{R}(\hat{\mathbf{A}}) = \mathbf{R}^{\text{selected}} (\hat{R}_i(\hat{\mathbf{A}}) \text{ for all } i \in S)$ | <p>Initialization</p> <p>For all frame sizes</p> <p>Select sequentially the t^{th} source (note that only one rate value is being updated in the vector $\hat{\mathbf{R}}(\hat{\mathbf{B}})$: $\hat{R}_{i=b_t}$)</p> <p>If we encounter a better selection</p> <p>Update the chosen set</p> <p>Update MAX</p> <p>Compute the highest rate for $\hat{\mathbf{A}}$</p> |
|--|---|

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de transmission de messages successifs formant une trame destiné à un système de télécommunication OMAMRC à N nœuds et une destination (D), les N nœuds comprenant M sources i , $i \in \{1, \dots, M\}$ et L relais (r_1, \dots, r_L) avec $M \geq 2$, $L \geq 0$, une trame comprenant M intervalles de temps alloués à la transmission successive d'un message par les M sources et $T_{used} \leq T_{Max}$ intervalles de temps alloués à au moins une retransmission coopérative d'une redondance d'un message transmis par au moins une source dans l'un desdits M intervalles de temps, ledit procédé comprenant les étapes suivantes mises en œuvre par la destination (D) pour une trame courante :

- sélection, parmi une pluralité de jeux ordonnés d'identifiants de sources A , d'un jeu ordonné de sources \hat{A} comprenant T_{used} identifiants de sources pour lesquelles une retransmission coopérative est prévue par tous les nœuds connaissant cette source, un identifiant de source étant associé à un intervalle temporel correspondant parmi les T_{used} intervalles temporels alloués à la retransmission coopérative ,
- transmission, à destination des N nœuds et préalablement à la transmission successive d'un message par les M sources, d'une information relatives à une allocation de débits en transmission par source $R_i(\hat{A})$ déterminée pour le jeu ordonné de sources \hat{A} sélectionné,
- transmission, à destination des N nœuds et préalablement à la retransmission coopérative d'une redondance d'un message, d'une information représentant le jeu de sources \hat{A} sélectionné.

[Revendication 2]

Procédé de transmission selon la revendication 1 dans lequel la détermination des jeux ordonnés d'identifiants de sources A comprend les étapes suivantes :

- a) initialisation d'un jeu ordonné $A_0 = \emptyset$,
- b) génération d'un jeu ordonné de sources courant A_{j+1} par ajout, au jeu ordonné de sources A_j précédent, d'une source i pour laquelle une retransmission coopérative est prévue au cours d'un intervalle de temps correspondant parmi les T_{max} intervalles de temps, tel que $A_{j+1} = (A_j, i)$, ladite source i étant sélectionnée parmi les M sources du système en fonction du jeu ordonné de sources A_j ,
- c) répétition de l'étape b) jusqu'à l'obtention de T_{max} jeux ordonnés d'identifiants de sources A .

[Revendication 3] Procédé de transmission selon la revendication 2 dans lequel la source i sélectionnée parmi les M sources du système en fonction du jeu ordonné de sources \mathbf{A}_j est la source qui maximise l'efficacité spectrale

$$\eta^{frame}(\mathbf{R}(\mathbf{A}_{j+1}), \mathbf{A}_{j+1})$$

[Revendication 4] Procédé de transmission selon l'une des revendications 1 ou 2, dans lequel, pour un jeu ordonné de sources \mathbf{A} donné, l'allocation de débits en transmission $R_i(\mathbf{A})$ est effectuée de la manière suivante :

- pour une source i dont l'identifiant n'est pas inclus dans \mathbf{A} , alors $R_i(\mathbf{A}) = I_{i,D}$ où $I_{i,D}$ représente l'information mutuelle entre la source i et la destination (D),

- pour une source i dont l'identifiant est inclus dans \mathbf{A} , alors

$$R_i(\mathbf{A}) = \underset{I_{i,D} + \alpha n_i I_{i,D} \leq R_i \leq I_{i,D} + \alpha n_i J_{i,D}^*}{\operatorname{argmax}} R_i \quad \text{sachant que } \mathbf{O}_{i, T_{\text{used}} \setminus i}(\mathbf{A}) = 0$$

où R_i est le débit de transmission initial de la source i , n_i représente le nombre de retransmissions coopératives de la source i dans \mathbf{A} , la borne inférieure $I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot I_{i,D}$ correspond à une situation dans laquelle aucun autre nœud que la source i connaît le message transmis par la source i , la borne supérieure $I_{i,D} + \alpha \cdot n_i \cdot J_{i,D}^*$ correspond à une situation dans laquelle tous les nœuds connaissent le message transmis par la source i avec $J_{i,D}^*$ l'information mutuelle équivalente entre la source i et la destination (D) lorsque tous les nœuds connaissent le message transmis par la source i , et où $\mathbf{O}_{i, T_{\text{used}} \setminus i}(\mathbf{A})$ représente un événement de coupure valant 0 quand la destination ne peut décoder le message émis par la source i dans la trame courante et valant 1 quand la destination décode le message émis par la source i dans la trame courante.

[Revendication 5] Procédé de transmission selon la revendication 4 dans lequel une valeur initiale de $R_{i,0}$ étant définie comme étant $\frac{(I_{i,D} + \alpha n_i J_{i,D}^*)(I_{i,D} + \alpha n_i I_{i,D})}{2}$, si pour

$R_{i,0}$, $\mathbf{O}_{i, T_{\text{used}} \setminus i}(\mathbf{A}) = 0$, alors la borne inférieure prend pour valeur $R_{i,0}$, si pour $R_{i,0}$, $\mathbf{O}_{i, T_{\text{used}} \setminus i}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure prend pour valeur $R_{i,0}$,

l'itération suivante est ensuite mise en œuvre jusqu'à ce que la différence entre une valeur courante de la borne supérieure et une valeur courante de la borne inférieure soit inférieure à seuil :

$R_{i,a} = \frac{\text{borne supérieure}_{a-1} - \text{borne inférieure}_{a-1}}{2}$ si pour $R_{i,a}$, $O_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 0$,

alors la borne inférieure prend pour valeur $R_{i,a}$, si pour $R_{i,a}$, $O_{i,T_{used}}(\mathbf{A}) = 1$, alors la borne supérieure prend pour valeur $R_{i,a}$.

[Revendication 6]

Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel la sélection du jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ destiné à être transmis aux N nœuds s'effectue de la manière suivante :

$$\hat{\mathbf{A}} = \underset{\mathbf{A} \in B}{\operatorname{argmax}} \eta^{frame}(\mathbf{R}(\mathbf{A}), \mathbf{A}) \text{ où } \eta^{frame} = \frac{\sum_{i=1}^M R_i(1 - O_{i,T_{used}})}{M + aT_{used}}$$

$$= \underset{\mathbf{A} \in B}{\operatorname{argmax}} \sum_{i=1}^M \frac{R_i(\mathbf{A})}{M + aT_{used}},$$

l'efficacité spectrale de la trame courante et où a représente un rapport entre le nombre de canaux de transmission disponibles dans les T_{used} intervalles de temps et le nombre de canaux de transmission disponibles dans les M intervalles de temps et où B représente l'ensemble des jeux ordonnés de sources \mathbf{A} .

[Revendication 7]

Procédé de transmission selon les revendications 2 et 6 dans lequel $B = \{A_1, \dots, A_{T_{max}}\}$.

[Revendication 8]

Procédé de transmission selon la revendication 7 dans lequel B représente l'ensemble des jeux ordonnés de sources \mathbf{A} pour T_{used} intervalles de temps tel que

$$B = \left\{ \mathbf{A} \in \{1, \dots, M\}^{T_{used}} : T_{used} \in \{0, \dots, T_{max}\} \right\}.$$

[Revendication 9]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel ladite information relative au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné comprend un premier T_{used} -tuple identifiant les sources appartenant au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionnée.

[Revendication 10]

Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8 dans lequel ladite information relative au jeu ordonné de sources $\hat{\mathbf{A}}$ sélectionné comprend au moins un nombre entier Q tel que

$$Q = q_0 + q_1 M + \dots + q_{T_{used}-1} M^{T_{used}-1} \text{ où } q_{i+1} (i \in \{0, \dots, T_{used}-1\})$$

est l'identifiant d'une source prenant sa valeur dans l'ensemble $\{1, \dots, M\}$ associé au $i^{\text{ème}} + 1$ intervalle de temps de retransmission prenant sa valeur dans l'ensemble $\{1, \dots, T_{used}\}$.

[Revendication 11]

Système de télécommunication OMAMRC à N nœuds et une destination (D), les N nœuds comprenant M sources i , $i \in \{1, \dots, M\}$ et L relais (r_1, \dots, r_L) avec $M \geq 2$, $L \geq 0$, adapté pour mettre en œuvre un procédé

de transmission selon l'une des revendications 1 à 10.

[Revendication 12] Produit programme d'ordinateur comprenant des instructions de code de programme pour la mise en œuvre d'un procédé de transmission selon la revendication 1, lorsqu'il est exécuté par un processeur.

[Fig. 1]

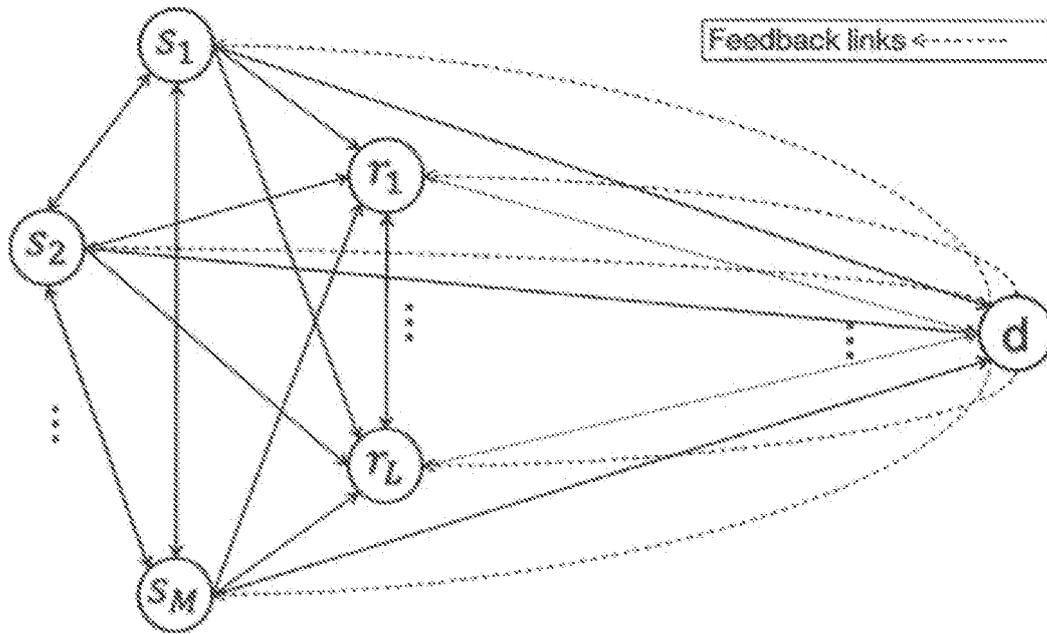
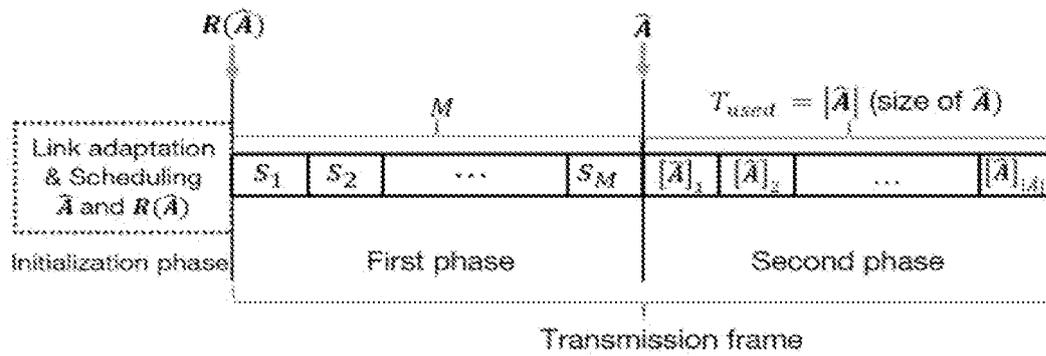


Fig. 1

[Fig. 2]



[Fig. 4]

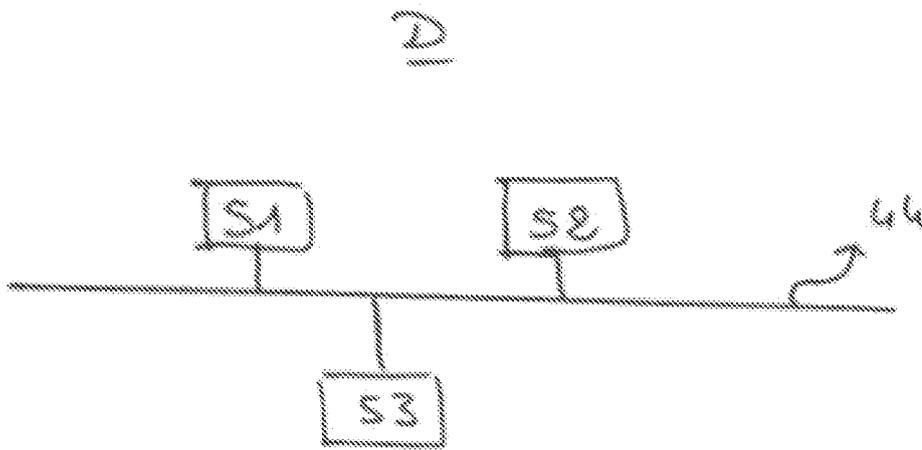


Fig. 4

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 911860
FR 2210608

| DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS | | Revendication(s) concernée(s) | Classement attribué à l'invention par l'INPI |
|---|--|--|---|
| Catégorie | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes | | |
| X | <p>KHANSA ALI AL ET AL: "Parallel Retransmissions in Orthogonal Multiple Access Multiple Relay Networks", 2022 20TH INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON MODELING AND OPTIMIZATION IN MOBILE, AD HOC, AND WIRELESS NETWORKS (WIOPT), IFIP, 19 septembre 2022 (2022-09-19), pages 345-350, XP034218649, DOI: 10.23919/WIOPT56218.2022.9930609 [extrait le 2022-11-01]</p> <p>* le document en entier *</p> <p>-----</p> | 1-12 | <p>H04W72/04 H04L1/12 H04L5/00</p> |
| | A | <p>AL KHANSA ALI ET AL: "Fast Link Adaptation with Partial Channel State Information for Orthogonal Multiple Access Multiple Relay Channel (OMAMRC)", 2021 IEEE 3RD INTERNATIONAL MULTIDISCIPLINARY CONFERENCE ON ENGINEERING TECHNOLOGY (IMCET), IEEE, 8 décembre 2021 (2021-12-08), pages 11-16, XP033999723, DOI: 10.1109/IMCET53404.2021.9665572 [extrait le 2021-12-29]</p> <p>* le document en entier *</p> <p>-----</p> | |
| Date d'achèvement de la recherche | | Examineur | |
| 21 avril 2023 | | El Hajj Shehadeh, Y | |
| <p>CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS</p> <p>X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire</p> <p>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</p> | | | |