

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①1 N° de publication : **3 080 969**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②1 N° d'enregistrement national : **18 00424**

⑤1 Int Cl⁸ : **H 04 W 74/08** (2018.01), H 04 L 12/70, H 04 L 29/06

⑫

BREVET D'INVENTION

B1

⑤4 PROCÉDE ET SYSTÈME DE TRANSMISSION DE PAQUETS DE DONNÉES A TRAVERS UN CANAL DE TRANSMISSION (RA) A ACCÈS ALÉATOIRE.

②2 Date de dépôt : 03.05.18.

③0 Priorité :

④3 Date de mise à la disposition du public de la demande : 08.11.19 Bulletin 19/45.

④5 Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 02.12.22 Bulletin 22/48.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦1 Demandeur(s) : THALES —FR, CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES FR, INSTITUT SUPERIEUR DE L'AERONAUTIQUE ET DE L'ESPACE FR, INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE FR et CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE —FR.

⑦2 Inventeur(s) : ZAMOUM SELMA, GINESTE MATHIEU, LACAN JEROME, BOUCHERET MARIE LAURE et DUPE JEAN BAPTISTE.

⑦3 Titulaire(s) : THALES, INSTITUT SUPERIEUR DE L'AERONAUTIQUE ET DE L'ESPACE, INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE TOULOUSE, CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

⑦4 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE Société en nom collectif.

FR 3 080 969 - B1



Description

Titre de l'invention : Procédé et système de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire

- [0001] La présente invention concerne un procédé et un système de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission aléatoire RA (en anglais Random Access), partagé par une pluralité d'utilisateurs et utilisant un protocole de type ALOHA ou ses dérivés.
- [0002] En particulier, l'invention vise à résoudre en large partie les conflits d'accès qui se vérifient lorsque deux terminaux utilisateurs ou plus cherchent à transmettre simultanément à travers ledit canal aléatoire RA.
- [0003] L'invention s'inscrit par exemple dans le contexte d'une voie retour par satellite d'un système à accès multiple, i.e. multiutilisateurs, défini dans le standard DVB-RCS2 (en anglais Digital Video Broadcasting - Return Chanel via Satellite). La bande de fréquence utilisée sur cette voie retour est divisée en deux parties, une première partie pour un accès dédié et une deuxième partie pour un accès aléatoire. De manière générale, il peut être supposé qu'à chaque passerelle d'une pluralité de passerelles ou plateformes d'accès GW (en anglais GateWays), formant l'interface entre le réseau terrestre et le réseau satellitaire, sont rattachés un nombre N_U d'abonnés ou de terminaux utilisateurs qui émettent sur une même fréquence. Ce nombre N_U dépend de la capacité allouée à chaque passerelle GW et de la capacité de terminaux utilisateurs en service dans le système de communication qui est distribuée sur les passerelles GW, et ce nombre N_U varie selon l'application utilisée.
- [0004] Par la suite, les traitements du procédé décrits ci-dessous se rapportent à un seul canal de transmission à accès aléatoire (RA) sur une seule fréquence et peuvent s'adresser à deux modes d'accès aléatoires différents, un premier mode d'accès synchrone ou un deuxième mode d'accès asynchrone.
- [0005] Dans le premier mode d'accès synchrone qui est le mode d'accès préféré, les transmissions effectuées par les terminaux utilisateurs rattachés à une même passerelle sont faites sur des trames divisées chacune en N_S tranches temporelles, également désignées par segments temporels ou « time slots » en anglais. Chaque terminal utilisateur va envoyer dans le système de transmission un nombre prédéterminé N_R , supérieur ou égal à 2, de fois le même paquet sur une même trame ayant un nombre N_S prédéterminé de tranches temporelles sous la forme de N_R répliques contenues dans N_R tranches temporelles différentes, et doit attendre la prochaine trame pour transmettre un autre paquet. Les terminaux utilisateurs sont synchronisés entre eux et reçoivent au fur et à mesure des tables de synchronisation.

- [0006] De manière différente, dans le deuxième mode d'accès asynchrone, à chaque terminal utilisateur lui est allouée une trame virtuelle sur laquelle ledit terminal transmet les N_R répliques du même paquet à la station de réception sans aucune synchronisation entre les différentes trames virtuelles.
- [0007] Dans les deux modes d'accès synchrone et asynchrone, la station de réception qui peut être le satellite ou la passerelle d'accès GW au réseau terrestre met en œuvre un processus de suppression successive des interférences SIC (en anglais « Successive Interference Cancellation ») qui permet de supprimer toutes les répliques du paquet de la trame une fois qu'au moins une des N_R répliques a été démodulée et décodée correctement.
- [0008] Un des problèmes à résoudre dans l'utilisation d'un procédé de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission aléatoire RA, partagé par une pluralité d'utilisateurs et utilisant un protocole de type « ALOHA » ou ses dérivés, est de pouvoir, au niveau d'un récepteur, recevoir une pluralité de signaux arrivant simultanément et provenant de plusieurs sources différentes. En effet, cette pluralité de signaux arrivant simultanément est, du point de vue de chaque signal, source d'interférences qui peuvent entraîner la perte de certaines ou de toutes les données transportées. Ces pertes de données sont les principales causes de la réduction des débits qui peut être observée dans ce type de canal de transmission.
- [0009] Pour résoudre ce problème, un protocole d'accès aléatoire sur un canal de type ALOHA à segmentation temporelle avec diversité et résolution des conflits d'accès CRDSA (en anglais Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA), a été proposé et décrit dans le brevet EP 1 686 746 B1.
- [0010] Ce protocole CRDSA qui utilise un mode d'accès synchrone intègre l'envoi de plusieurs répliques d'un même paquet de données avec la suppression successive des interférences SIC afin que chaque paquet ait une plus grande probabilité d'être décodé dans le mode synchrone.
- [0011] Plus précisément, le protocole CRDSA consiste à transmettre dans différentes tranches temporelles, plusieurs répliques d'un même paquet de données de façon aléatoire sur le canal de transmission aléatoire. Chacune des répliques contient une information de signalisation indiquant la position respective de la ou des autres répliques du même paquet. A la réception du signal correspondant, un décodeur parcourt toute la trame pour essayer de décoder une ou plusieurs répliques d'un paquet donné. Une réplique est décodable selon le protocole CRDSA si et seulement si elle n'est pas en collision avec d'autres répliques dans une même tranche temporelle. Dès qu'une réplique est décodée, le signal correspondant est généré. Puis, grâce à l'utilisation de l'information de signalisation contenue dans le signal généré, il est possible de déterminer la position des autres répliques du même paquet dans la trame.

- [0012] Ensuite, la réplique décodée permet de régénérer un signal qui peut être soustrait du signal reçu dans les tranches temporelles des répliques interférées correspondant au même paquet de manière à libérer le signal global des effets des interférences correspondant aux répliques interférées. Ce processus est itératif jusqu'à ce que le récepteur arrive à décoder un paquet en cours de traitement, ou bien arrive à une situation de blocage dans laquelle plus aucun autre décodage n'est possible, auquel cas le processus s'arrête sur un échec.
- [0013] Indépendamment du codage et de la modulation utilisés, cette situation de blocage met en évidence la faiblesse de ce procédé CRDSA classique ou d'un protocole en mode asynchrone ACRDA classique correspondant vis-à-vis du processus de décodage mis en œuvre. Cette faiblesse réside dans le fait que le décodage n'est possible que si et seulement si une réplique d'un paquet n'est pas en collision avec d'autres répliques dans une tranche temporelle. Or, il peut arriver des situations où l'ensemble des tranches temporelles de la trame comporte une ou plusieurs collisions rendant ainsi inopérant le procédé de décodage de ce protocole CRDSA classique.
- [0014] Afin de pallier cette faiblesse, un procédé de réception et de décodage améliorant le procédé de décodage du protocole CRDSA a été proposé et décrit dans le brevet EP 3 028 396 B1. Ce protocole de réception et de décodage utilise un algorithme connu sous l'acronyme MARSALA (en anglais « Multi-replicA decoding using corRelation baSed locALizAtion »). Suivant le brevet EP 3 028 396 B1 et de manière connue, le procédé de réception et de décodage qui utilise l'algorithme MARSALA vient débloquent le procédé de réception et de décodage classique du protocole CRDSA lorsqu'aucun décodage n'est possible. Cette étape de réception et de décodage de type MARSALA comporte une étape de localisation des répliques dans les tranches temporelles d'une même trame en calculant des corrélations entre les signaux respectifs en bande de base contenus dans des tranches temporelles différentes sur toute la trame. Puis, une fois les répliques localisées, les paramètres du canal de transmission tels que le décalage en temps, en fréquence ou en phase, sont corrigés pour ensuite combiner les répliques du paquet entre elles d'une façon cohérente. C'est cette combinaison qui permet d'avoir un rapport signal sur bruit plus élevé que celui observé dans le cas d'une utilisation limitée au procédé de réception et de décodage suivant le seul protocole CRDSA et obtenir ainsi une plus grande probabilité de décodage. Par exemple, la combinaison ou sommation des répliques permet de quadrupler la puissance du paquet d'intérêt dans le cas d'un protocole CRDSA à deux répliques pour une plus haute probabilité de décodage.
- [0015] Il est ainsi possible en utilisant l'algorithme MARSALA de diminuer le taux de perte de paquets qui transitent sur un canal de transmission aléatoire RA à segmentation temporelle, ce qui permet d'augmenter la performance en termes de débit du système

de communication.

[0016] Toutefois, cet algorithme requiert un nombre considérable de corrélations inter-tranches en bande de base de localisation des répliques, et en conséquence un ajout de complexité de traitement, lié au calcul de ce grand nombre de corrélations qui servent à localiser les répliques de ces paquets et corriger les paramètres du canal afin de les combiner avant de tenter le décodage.

[0017] Un premier problème technique que résout l'invention est de proposer un procédé et un système de transmission de paquets de données à plusieurs répliques sur un canal de transmission aléatoire RA dans lesquels un procédé de traitement et de décodage du signal reçu, consécutif à un blocage du procédé classique de décodage du protocole CRDSA, permet le décodage d'un ou plusieurs paquets de données collisionnés, par une combinaison pertinente de certaines répliques d'un même paquet et la suppression de ces répliques du signal reçu dans les tranches temporelles correspondantes, et permet une diminution de la complexité dudit traitement en termes du nombre de corrélations de localisation en bande de base des répliques entre le signal contenu dans une tranche temporelle de référence et les signaux contenus dans des tranches temporelles différentes de la même trame.

[0018] Le deuxième problème technique que résout l'invention est de proposer un procédé et un système de transmission qui résout le premier problème technique, et qui augmente l'efficacité de résolution des conflits de répliques entre des paquets différents, i.e. diminue également le taux de perte de paquets dans le canal de transmission RA.

[0019] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux utilisateurs, le procédé de transmission étant mis en œuvre par un système de communications comprenant : une station de réception ; et une pluralité d'au moins deux terminaux utilisateurs activement connectés à la station de réception, et un canal de transmission à accès aléatoire (RA) depuis la pluralité des terminaux utilisateurs jusqu'à la station de réception, utilisant un protocole d'accès aléatoire à diversité temporelle avec résolution de conflit inter-paquets. Le procédé de transmission est caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant en ce que :

[0020] .- dans une première étape préalable, une fonction F d'attribution et de distribution de ressources de transmission $F(u)$ partagées par la pluralité (8) des terminaux utilisateurs \underline{u} connectés à la station de réception, définie par un graphe $\{(u, F(u))\}$ dans lequel \underline{u} désigne un indice d'identification et de parcours des terminaux utilisateurs de la pluralité et la ressource de transmission $F(u)$ associé à un terminal utilisateur \underline{u} inclut des positions d'un nombre entier N_R , supérieur ou égal à 2, de répliques d'un paquet à émettre par le terminal u , prise parmi des rangs de tranches temporelles d'une trame

temporelle d'émission, et une séquence d'acquisition à insérer dans chacune des N_R répliques, prise dans une famille de séquences binaire pseudo-aléatoires quasi-orthogonales, est déterminée ; puis à chaque terminal utilisateur u connecté de la pluralité est fournie la composante associée du graphe $\{(u, F(u))\}$ tandis que la totalité du graphe est rendu disponible à bord de la station de réception ; puis

- [0021] .- dans une deuxième étape, chaque terminal utilisateur u de la pluralité génère de manière aléatoire N_R répliques d'un paquet à transmettre dans les tranches temporelles de la trame émission ayant les positions temporelles attribuées par la composante de graphe dudit terminal et dans lesquelles est insérée la séquence binaire d'acquisition attribuée par la composante de graphe dudit terminal ; et
- [0022] .- dans une troisième étape de décodage des paquets reçus, le graphe $\{(u, F(u))\}$ de la fonction d'attribution et de distribution est exploité par la station de réception pour combiner les signaux ayant un même signal d'acquisition dans les N_R positions possibles de répliques d'un même paquet, et pour minimiser, voire annuler, le nombre de corrélations de localisation de répliques, requises entre des signaux complexes bande de base de données de tranches temporelles différentes, lors de la résolution de conflits d'interférences entre paquets non résolubles par le processus de décodage classique du protocole d'accès aléatoire diversité temporelle avec résolution de conflit inter-paquets.
- [0023] Suivant des modes particuliers de réalisation, le procédé de transmission comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou en combinaison :
- [0024] .- la famille de séquences binaires pseudo-aléatoires quasi-orthogonales est choisie parmi les codes utilisés par les systèmes à accès multiples par répartition de code, tels que les codes de Gold et les codes de Gold étendus en longueur ; et/ou la séquence binaire d'acquisition est située en tête comme préambule ou à l'intérieur ou en queue de chaque réplique ; et/ou chaque réplique transmise comporte un ou plusieurs symboles de garde définissant un intervalle de garde ;
- [0025] .- la deuxième étape comporte une sous-étape de codage de la réplique par un contrôle de redondance et/ou un codage de corrections des erreurs FEC, ladite sous-étape de codage étant effectuée avant l'insertion d'une séquence binaire d'acquisition ;
- [0026] .- la deuxième étape comporte une sous-étape d'insertion d'information de signalisation, exécutée avant la sous-étape de codage de la réplique ;
- [0027] .- le canal de transmission aléatoire, partagé par les terminaux utilisateurs, est un canal de transmission de voie retour sans fil et la station de réception est un satellite ou une passerelle de connexion à un réseau terrestre de communications ou une station d'un réseau terrestre de communications ;
- [0028] .- la troisième étape de décodage comprend : une quatrième étape de récupération et de décodage de paquets utilisant un protocole de décodage classique CRDSA ou une

cinquième étape de récupération et décodage de paquets utilisant un protocole ACRDA, la quatrième ou la cinquième étape étant exécutée après les première et deuxième étapes respectivement sur une trame physique actuelle de réception ou sur une fenêtre glissante englobant un certain nombre de trames virtuelles propres aux terminaux utilisateurs; et une sixième étape d'analyse et de traitement complémentaires pour décoder des paquets interférés non résolus par la quatrième ou la cinquième étape, la sixième étape étant déclenchée lorsqu'il existe au moins un paquet interféré de la trame non résolu lors de l'exécution de la quatrième ou cinquième étape ;

[0029] .- la quatrième étape de récupération et de décodage utilisant un protocole de décodage classique CRDSA comprend un deuxième ensemble de sous-étapes consistant à : identifier à l'intérieur d'un signal reçu, des répliques qui ne sont pas affectées par des collisions destructives avec des répliques d'autres paquets ; puis extraire de l'information contenue dans les répliques identifiées ; localiser temporellement la ou les autres répliques du même paquet en utilisant les informations des positions temporels des répliques fournis par les composantes du graphe $\{(u, R(u))\}$ et/ou une information de signalisation extraite des répliques décodées et identifiées ; effacer en bande de base complexe ladite ou desdites autres répliques par un algorithme d'effacement d'interférence, lorsqu'elle ou elles sont affectées par des collisions destructives avec des répliques d'autres paquets ; et identifier d'autres paquets qui, après ladite sous-étape d'effacement, ne sont plus affectés par des collisions destructives et extraire de l'information qui y est contenue ;

[0030] .- la fonction F , désignée par F_{PSR} suivant un premier mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe pseudo-aléatoire des vecteurs de positions des N_R répliques des paquets au sein de la trame temporelle et des séquences d'acquisition associées aux paquets et chacune de leurs répliques qui dépendent des terminaux utilisateurs de la pluralité (8) via une graine d'entrée de la fonction F_{PSR} qui dépend de manière représentative de l'identifiant de chaque terminal, la distribution des vecteurs des positions des N_R répliques et des séquences d'acquisition de la fonction de distribution F_{PSR} ayant un profil de distribution sensiblement uniforme sur l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques et de toutes les séquences d'acquisition possibles lorsque le nombre de terminaux utilisateur est suffisamment grand ;

[0031] .- pour chaque terminal utilisateur u , la graine $x(u)$ associée au terminal utilisateur u est fixe temporellement et représente l'identifiant $\text{HID}(u)$ du terminal u ; ou pour chaque terminal u , la graine $x(u)$ associée au terminal utilisateur u est dynamique et varie à chaque trame, en utilisant notamment un algorithme représentatif des variations du produit de l'identifiant HID du terminal u et un identifiant FID de la trame représentatif de son rang temporel dans un ordre séquentiel de défilement de trames ;

- [0032] .- la fonction F_{PSR} de distribution déterministe pseudo-aléatoire est paramétrée par le nombre total N_s de tranches temporelles par trame et le nombre total N_p de séquences d'acquisition ;
- [0033] .- la sixième étape comprend un troisième ensemble de sous-étapes consistant à : sélectionner de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé une tranche temporelle de référence dans la trame en cours de traitement parmi les tranches temporelles pour lesquelles un conflit non résolu de paquets a été détecté ; puis choisir de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé dans la tranche temporelle de référence sélectionnée une séquence d'acquisition détectée et choisie parmi une ou plusieurs séquences d'acquisition détectées dans ladite tranche temporelle de référence ; puis déterminer les positions dans la trame en cours de traitement des répliques possibles d'un même paquet associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie à partir de toutes les positions des tranches temporelles de la trame dans lesquelles la séquence d'acquisition détectée et choisie a été détecté par corrélation courte et à partir du graphe $\{u ; F_{\text{PSR}}(u)\}$; puis calculer les corrélations de localisation de répliques possibles entre le signal bande base reçu dans la tranche temporelle de référence et les signaux bande des tranches temporelles ayant les positions déterminées dans la sous-étape de détermination des positions des répliques possibles ; puis déterminer les tranches temporelles des répliques du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie comme les tranches temporelles ayant une valeur de corrélation de localisation supérieur à une valeur de corrélation de localisation prédéterminée ; puis dans une sous-étape de combinaison, calculer la somme des signaux en bande de base des répliques localisées du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie ; puis démoduler et décoder la somme calculée lorsque la somme comprend un niveau de bruit situé au-dessous d'un seuil de bruit déterminé ; puis soustraire en bande de base du signal en cours de traitement le signal démodulé et décodé des répliques localisées du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie ;
- [0034] .- la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant des valeurs de pics de corrélations courtes en bande base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues et le signal contenu dans la tranche temporelle de référence sélectionnée, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisitions pour chacune desquelles un pic de corrélation présente une valeur, supérieure ou égale à un premier seuil de corrélation courte prédéterminé, ou la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant une pluralité de valeurs de corrélations courtes en bande de base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues dans la tranche

temporelle de référence et les signaux contenus dans les tranches temporelles pour lesquelles l'utilisation des motifs de référence, attendus dans la tranche temporelle de référence, est possible en vertu du graphe $\{u ; F_{\text{PSR}}(u)\}$, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisition pour chacune desquelles la somme des carrés des modules des valeurs de corrélation correspondant à un même motif de référence présente une valeur, supérieure ou égale à un deuxième seuil de corrélation courte prédéterminé ;

- [0035] .- la détection par corrélation courte de la ou des séquences d'acquisition dans la tranche temporelle de référence est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes de la sélection d'une tranche temporelle de référence et de choix d'une séquence d'acquisition détectée et choisie ; et la détection par corrélation courte de la séquence détectée et choisie dans les tranches temporelles restantes de la trame temporelle en cours de traitement est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes entre les sous-étapes de la sélection d'une tranche temporelle de référence et de choix d'une séquence d'acquisition détectée et choisie ;
- [0036] .- le procédé de transmission comprend en outre une sous-étape d'estimation des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de chaque réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base, la sous-étape d'estimation étant exécutée après la sous-étape de localisation des répliques ;
- [0037] .- la fonction F d'attribution et de distribution de ressources, désignée par F_{SMART} suivant un deuxième mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe « intelligente » des vecteurs de positions des N_R répliques au sein de chaque trame parmi l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques dans l'ensemble des tranches temporelles de la trame et des séquences d'acquisition associées aux différentes répliques émises parmi toutes les séquences d'acquisition possibles, déterminée de sorte à minimiser, voire annuler, le nombre de boucles de données possibles dans lesquelles les terminaux utilisateurs connectés de la pluralité utilisent les mêmes positions de répliques ;
- [0038] .- le graphe $\{(u, F_{\text{SMART}}(u))\}$ étant déterminé de sorte à faire correspondre à chaque séquence d'acquisition g_j utilisée de l'ensemble des séquences d'acquisition $\{g_j\}$, un ensemble T_j de terminaux utilisateurs U_{jk} et une pluralité de vecteurs $V_{jk}(P_{gj}(1), \dots, P_{gj}(N_R))$ de positions de N_R répliques différents entre eux par au moins une position ;
- [0039] .- le nombre de répliques N_R transmises par paquet est égal à deux, et le nombre de

tranches temporelles par trame est un nombre pair, et le nombre N_P de séquences d'acquisition g_j de l'ensemble des séquences d'acquisitions $\{g_j\}$ est égal à la moitié du nombre N_S de tranches temporelles par trame, j désignant un indice d'identification de la séquence d'acquisition variant de 0 à $N_P - 1$; et le cardinal N_U de la pluralité (8) des terminaux utilisateurs est égal au nombre maximum de terminaux utilisateurs n'utilisant que des détections basés sur les séquences d'acquisition suivant la relation :

[0040] $N_U = N_S * N_S / 4$

[0041] .- le nombre de répliques N_R transmises par paquet est égal à deux, et

[0042] le nombre de tranches temporelle N_S pour chaque trame est une puissance de 2 qui s'écrit : $N_S = 2^{N_L}$, N_L désignant le nombre de niveaux pour des décalages circulaires, et le nombre N_P de séquences d'acquisition g_j de l'ensemble des séquences d'acquisitions $\{g_j\}$ est égal à la moitié du nombre N_S de tranches temporelles par trame, j désignant un indice d'identification de la séquence d'acquisition variant de 0 à $N_P - 1$; et le cardinal N_U de la pluralité (8) des terminaux utilisateurs est égal au nombre maximum de terminaux utilisateurs n'utilisant que des détections basés sur les séquences d'acquisition suivant la relation :

[0043] $N_U = N_S * (N_S - 1) / 2$

[0044] .- la sixième étape comprend un quatrième ensemble de sous-étapes consistant à : sélectionner de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé une tranche temporelle de référence dans la trame en cours de traitement parmi les tranches temporelles pour lesquelles un conflit non résolu de paquets a été détecté ; puis choisir de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé dans la tranche temporelle de référence sélectionnée une séquence d'acquisition détectée et choisie parmi une ou plusieurs séquences d'acquisition détectées dans ladite tranche temporelle de référence ; puis déterminer les positions dans la trame en cours de traitement des répliques possibles d'un même paquet associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie à partir de toutes les positions des tranches temporelles de la trame dans lesquelles la séquence d'acquisition détectée et choisie a été détecté par corrélation courte et à partir du graphe $\{u ; F_{SMART}(u)\}$; puis parmi les tranches temporelles des répliques possibles d'un même paquet ayant la même séquence d'acquisition détectée et choisie, identifier une tranche temporelle n'ayant qu'une seule réplique associée à la séquence d'acquisition choisie, le terminal associé et les autres répliques associé correspondant au même paquet à l'aide du graphe $\{u ; F_{SMART}(u)\}$; puis dans une sous-étape de combinaison, calculer la somme des signaux en bande de base des répliques du terminal utilisateur identifié dont le paquet à décoder utilise la séquence d'acquisition détectée et choisie ; puis démoduler et décoder la somme calculée lorsque

la somme comprend un niveau de bruit situé au-dessous d'un seuil de bruit déterminé ; puis soustraire en bande de base le signal démodulé et décodé des répliques de la somme du signal en cours de traitement dans les tranches temporelles associées respectivement aux répliques de la somme ;

[0045] .- la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant des valeurs de pics de corrélations courtes en bande base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues et le signal contenu dans la tranche temporelle de référence sélectionnée, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisitions pour chacune desquelles un pic de corrélation présente une valeur, supérieure ou égale à un premier seuil de corrélation courte prédéterminé, ou la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant une pluralité de valeurs de pics de corrélations courtes en bande de base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues dans la tranche temporelle de référence et les signaux contenus dans les tranches temporelles pour lesquelles l'utilisation des motifs de référence, attendus dans la tranche temporelle de référence, est possible en vertu du graphe $\{u ; F_{\text{SMART}}(u)\}$, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisition pour chacune desquelles la somme des carrés des modules des valeurs de corrélation correspondant à un même motif de référence présente une valeur, supérieure ou égale à un deuxième seuil de corrélation courte prédéterminé ;

[0046] .- la détection par corrélation courte de la ou des séquences d'acquisition dans la tranche temporelle de référence est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes de sélection d'une tranche temporelle de référence et de choix d'une séquence d'acquisition détectée et choisie dans la tranche temporelle de référence sélectionnée ; et la détection par corrélation courte de la séquence détectée et choisie dans les tranches temporelles restantes de la trame temporelle en cours de traitement est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes de sélection d'une tranche temporelle de référence et de choix d'une séquence d'acquisition détectée et choisie dans la tranche temporelle de référence sélectionnée ;

[0047] .- la sixième étape comprend en outre une sous-étape d'estimation des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de chaque réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base, la sous-étape d'estimation étant exécutée après la sous-étape d'identification d'une tranche temporelle n'ayant qu'une seule réplique associée à la séquence d'acquisition choisie.

- [0048] L'invention a également pour objet un système de communications pour transmettre des paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux utilisateurs, et des paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux, comprenant : une station de réception ; et une pluralité d'au moins deux terminaux utilisateurs activement connectés à la station de réception, et un canal de transmission à accès aléatoire (RA) depuis la pluralité des terminaux utilisateurs jusqu'à la station de réception, utilisant un protocole d'accès aléatoire à diversité temporelle avec résolution de conflit inter-paquets. Le système de communication étant caractérisé en ce que :
- [0049] .- la station de réception est configurée pour déterminer et/ou enregistrer, dans une première étape préalable, une fonction F d'attribution et de distribution de ressources de transmission $F(u)$ partagées par la pluralité de terminaux utilisateurs \underline{u} , connectés à la station de réception), définie par un graphe $\{(u, F(u))\}$ dans lequel \underline{u} désigne un indice d'identification et de parcours des terminaux utilisateurs de la pluralité et la ressource de transmission $F(u)$ associé à un terminal utilisateur u inclut des positions temporelles d'un nombre entier N_R , supérieur ou égal à 2, de répliques d'un paquet à émettre par le terminal u , prise parmi des rangs de tranches temporelles d'une trame temporelle d'émission, et une séquence d'acquisition à insérer dans chacune des N_R répliques, prise dans une famille de séquences pseudo-aléatoires quasi-orthogonales ; et
- [0050] .- chaque terminal utilisateur u connecté est configuré pour, dans une première étape, recevoir ou générer, la composante associée du graphe $\{(u, F(u))\}$; puis dans une deuxième étape, générer de manière aléatoire N_R répliques d'un paquet à transmettre dans les tranches temporelles de la trame émission ayant les positions temporelles attribuées par la composante de graphe dudit terminal et dans lesquelles est insérée la séquence binaire d'acquisition attribuée par la composante de graphe dudit terminal ; et
- [0051] .- la station de réception est configurée pour, dans une troisième étape de décodage des paquets reçus, exploiter le graphe $\{(u, F(u))\}$ de la fonction d'attribution et de distribution pour combiner les signaux ayant un même signal d'acquisition dans les N_R positions possibles de répliques d'un même paquet, et pour minimiser, voire annuler, le nombre de corrélations de localisation de répliques, requises entre des signaux complexes bande de base de données de tranches temporelles différentes, lors de la résolution de conflits d'interférences entre paquets non résolubles par le processus de décodage classique du protocole d'accès aléatoire à diversité temporelle avec résolution de conflit inter-paquets.
- [0052] Suivant des modes particuliers de réalisation, le système de communications comprend l'une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou en combinaison :

- [0053] .- la fonction F , désignée par F_{PSR} suivant un premier mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe pseudo-aléatoire des vecteurs de positions des N_R répliques des paquets au sein de la trame temporelle et des séquences d'acquisition associées aux paquets et chacune de leurs répliques qui dépendent des terminaux utilisateurs de la pluralité (8) via une graine d'entrée de la fonction F_{PSR} qui dépend de manière représentative de l'identifiant de chaque terminal, la distribution des vecteurs des positions des N_R répliques et des séquences d'acquisition de la fonction de distribution F_{PSR} ayant un profil de distribution sensiblement uniforme sur l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques et de toutes les séquences d'acquisition possibles lorsque le nombre de terminaux utilisateur est suffisamment grand ;
- [0054] .- la fonction F d'attribution et de distribution de ressources, désignée par F_{SMART} suivant un deuxième mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe « intelligente » des vecteurs de positions des N_R répliques au sein de chaque trame parmi l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques dans l'ensemble des tranches temporelles de la trame et des séquences d'acquisition associées aux différentes répliques émises parmi toutes les séquences d'acquisition possibles, déterminée de sorte à minimiser, voire annuler, le nombre de boucles de données possibles dans lesquelles les terminaux utilisateurs connectés de la pluralité utilisent les mêmes positions de répliques.
- [0055] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description de plusieurs formes de réalisation qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins sur lesquels :
- [0056] .- la [Fig.1] est une vue d'un exemple selon l'invention de système de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux, ici un système spatial avec un canal de transmission aléatoire de voie retour ;
- [0057] .- la [Fig.2] est une vue de la structure générale d'une trame temporelle CRDSA utilisée par le protocole de transmission CRDSA classique ainsi par des système et procédé de transmission selon l'invention ;
- [0058] .- la [Fig.3] est un ordinogramme général d'un procédé selon l'invention de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission de voie retour à accès aléatoire (RA) , partagé par une pluralité de terminaux utilisateurs mis en œuvre notamment par le système de communications de la [Fig.1] ;
- [0059] .- la [Fig.4] est un ordinogramme détaillée de l'étape de réception et de décodage du procédé général de transmission selon l'invention décrit à la [Fig.3] ;
- [0060] .- les Figures 5A et 5B sont les vues respectives au niveau émission et au niveau réception des moyens de mise en œuvre du partage de la connaissance du graphe $\{u, F$

$F_{PSR}(u)$ d'un premier mode de réalisation de la fonction de distribution des ressources, notée F_{PSR} d'un premier mode de réalisation particulier du procédé de transmission selon l'invention de la [Fig.2] ;

- [0061] .- la [Fig.6] est un ordinogramme de l'étape de traitement et de décodage de paquets collisionnés d'une trame temporelle, ladite étape de traitement succédant à un échec ou blocage de l'algorithme de décodage suivant le protocole CRDSA classique et correspondant à la première forme de réalisation de la fonction de distribution F_{PSR} dont un exemple est décrit dans les Figures 5A et 5B ;
- [0062] .- la [Fig.7A] est un exemple illustrant la mise en œuvre de l'étape préalable de réception et décodage de paquets de données par l'algorithme classique de décodage suivant le protocole CRDSA classique jusqu'au blocage dudit algorithme CRDSA ;
- [0063] .- la [Fig.7B] est un exemple illustrant la mise en œuvre de l'étape de traitement de la [Fig.6] correspondant au procédé SPoTIT « aléatoire », mettant en œuvre un nombre réduit, ici deux, de corrélations de localisation, et succédant au blocage de l'étape préalable de décodage classique CRDSA illustrée dans la [Fig.7A] ;
- [0064] .- la [Fig.7C] est l'illustration de l'application de l'algorithme de décodage du protocole classique MARSALA à la suite de l'étape préalable de décodage classique CRDSA de la [Fig.7A], mettant en œuvre un nombre N_S-1 , ici sept, de corrélations de localisation, et fournie à titre de comparaison de l'application de l'algorithme de décodage du protocole SPoTIT « aléatoire » décrite à la [Fig.7B] ;
- [0065] .- la [Fig.8] est une vue comparative de l'évolution du nombre de corrélations de localisation en fonction du nombre de paquets potentiels en collision sur la trame temporelle entre le cas de l'utilisation d'un algorithme de décodage MARSALA et le cas d'un algorithme de décodage SPoTIT « aléatoire » correspondant au premier mode de réalisation du procédé de transmission selon l'invention ;
- [0066] .- les [Fig.9A], 9B et 9C sont les illustrations d'un exemple de construction de groupes respectifs de terminaux utilisateurs suivant un premier, un deuxième, et un troisième niveau de décalage cyclique, et de la correspondance auxdits terminaux utilisateurs de ressources de transmission en termes de séquences d'acquisition, de positions des première et deuxième répliques des paquets associés attribués suivant des règles de construction d'un graphe d'un deuxième mode de réalisation d'une fonction de d'attribution F_{SMART} qui évitent les boucles de données entre les terminaux utilisateurs, dans lesquelles deux terminaux ou plus utilisent les mêmes positions de répliques ;
- [0067] .- les Figures 10A, 10B, 10C sont les illustrations mettant en évidence la capacité de décodage sans boucle des paquets de données transmis par les terminaux utilisateurs, regroupés suivant les groupes $G_{i,j}$ décrits dans les Figures 9A, 9B et 9C et la fonction de distribution des ressources F_{SMART} correspondante ;

- [0068] .- la [Fig.11] est un ordinogramme de l'étape de traitement et de décodage de paquets collisionnés d'une trame temporelle, ladite étape de traitement succédant à un échec ou blocage de l'algorithme de décodage suivant le protocole CRDSA classique et correspondant à la deuxième forme de réalisation de la fonction de distribution FSMART dont un exemple est décrit dans les Figures 9A, 9B et 9C ;
- [0069] .- la [Fig.12] est une vue comparative de quatre courbes d'évolution du taux de perte en paquets PLR (en anglais Packet loss rate) en fonction de la charge du réseau G, exprimée en bits/symbole, dans les cas d'utilisation des procédés de transmission classique CRDSA et MARSALA, et dans les cas d'utilisation des deux variantes du procédé de transmission selon l'invention, SPoTIT « aléatoire » et SPoTIT « intelligent » ;
- [0070] .- la [Fig.13] est une vue comparative de quatre courbes d'évolution du nombre moyen de corrélations de localisation par paquet en fonction de la charge du réseau G, exprimée en bits/symbole, une première paire desdites courbes correspondant à un procédé de transmission utilisant un protocole MARSALA classique et une deuxième paire desdites courbes utilisant un protocole SPoTIT « aléatoire » selon l'invention.
- [0071] De manière générale, le principe de l'invention est fondé sur le partage préalable par les terminaux utilisateurs connectés et par la station de réception de la connaissance concernant, pour chaque paquet potentiellement transmis dans la trame temporelle reçue, les positions des répliques du paquet dans la trame et de la séquence d'acquisition insérée dans les répliques dudit paquet, et fondé sur la manière par laquelle les répliques et les séquences d'acquisition des paquets potentiellement transmis par les terminaux utilisateurs connectés sont réparties, de sorte que la localisation desdites répliques requiert une complexité de traitement à la réception réduite en termes de diminution, voire d'annulation du nombre de corrélations inter-tranches de localisation des répliques nécessaires, lorsque des conflits de collisions entre paquets, non résolubles par l'utilisation du protocole CRDSA classique ont lieu.
- [0072] Suivant la [Fig.1], de manière schématique et selon l'invention, un système de communications 2 pour transmettre des paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux, comprend une station de réception 6, une pluralité 8 d'un nombre entier N_U , supérieur ou égal à 2, de terminaux utilisateurs 10, 12, 14, activement connectés à la station de réception 6, et un canal de transmission 4 depuis la pluralité 8 des terminaux utilisateurs 10, 12, 14 jusqu'à la station de réception 6, à accès aléatoire (RA).
- [0073] Ici de manière préférée, le canal de transmission 4 à accès aléatoire utilise un protocole ALOHA synchrone à segmentation et diversité temporelle avec résolution de conflits inter-paquets, dénommé CRDSA.
- [0074] En variante, le canal de transmission aléatoire RA pourrait utiliser un protocole

d'accès aléatoire asynchrone à diversité temporelle avec résolution de conflits inter-paquets, dénommée ACRDA.

- [0075] Ici, pour simplifier la lecture de la [Fig.1], seuls trois terminaux 10, 12 et 14 sont illustrés. Chaque terminal utilisateur connecté 10, 12 et 14 de la pluralité 8 peut établir une liaison bidirectionnelle sans fil avec la station de réception 6, telle qu'une passerelle GW (en anglais « GateWay »), par l'intermédiaire d'un satellite 24 SAT, ladite passerelle 6 GW étant reliée à un réseau terrestre 28, par exemple l'Internet. Les terminaux utilisateurs 10, 12, 14 sont par exemple des terminaux « domestiques » qui ne desservent chacun qu'un seul utilisateur. Par exemple, il peut d'agir de terminaux de petite taille, chacun équipant une habitation particulière, et utilisé pour assurer une connexion à l'Internet 28 et/ou à un service de télévision numérique avec canal de voie retour.
- [0076] Ici, les terminaux utilisateurs 10, 12, 14 utilisent la liaison ascendante 20 comme canal de communication de voie retour à accès aléatoire 4 (RA), supposé ici unique, pour transmettre des paquets de données de petites dimensions suivant un profil de trafic sporadique.
- [0077] Le mode d'accès aléatoire des terminaux rattachés à une même station d'accès est supposé ici synchrone et utilise un procédé d'accès aléatoire de type CRDSA. Dans le mode d'accès synchrone, les transmissions effectuées par les abonnés d'une même passerelle sont faites sur des trames divisées en N_S tranches temporelles ou « time slots ». Chaque utilisateur va envoyer un nombre entier N_R , supérieur ou égal à 2, de fois le même paquet sur une trame sous forme de N_R répliques sur N_R tranches temporelles différentes et doit attendre la prochaine trame pour transmettre un autre paquet. Les utilisateurs sont synchronisés entre eux et reçoivent au fur et à mesure des tables de synchronisation.
- [0078] De manière générale, la station de réception 6 est configurée pour déterminer et/ou enregistrer, dans une première étape préalable, une fonction F d'attribution et de distribution de ressources de transmission $F(u)$ partagées par la pluralité 8 de terminaux \underline{u} connectés à la station de réception dans le système de communications 2.
- [0079] La fonction d'attribution et de distribution F est caractérisée par un graphe $\{(u, F(u))\}$, u parcourant l'ensemble des terminaux connectés 10, 12, 14 de la pluralité 8, le graphe étant déterminé directement à l'aide par exemple d'un tableau ou indirectement à l'aide d'un algorithme. A chaque terminal utilisateur \underline{u} connecté de la pluralité 8 est attribuée une ressource de transmission $F(u)$ déterminée incluant des positions temporelles respectives des N_R répliques d'un paquet à émettre par le terminal 10, 12, 14, parmi des rangs de tranches temporelles d'une même trame temporelle, et un identifiant d'une séquence binaire d'acquisition à insérer dans les N_R répliques du paquet, prise dans une famille de séquences pseudo-aléatoires quasi-orthogonales.

- [0080] Chaque terminal utilisateur u connecté, 10, 12, 14 de la pluralité 8 est configuré pour, dans la même première étape préalable, recevoir ou générer, lorsqu'il s'est connecté à la station de réception 6, la composante associée du graphe $\{(u, F(u))\}$, puis dans une deuxième étape générer et émettre N_R répliques d'un paquet à transmettre dans les tranches temporelles d'une trame émission ayant les positions temporelles attribuées par la composante de graphe dudit terminal et dans lesquelles est insérée la séquence d'acquisition dudit terminal, la trame temporelle reçue correspondant à un mode de réception synchrone.
- [0081] La station de réception 6 est configurée pour exploiter le graphe $\{(u, F(u))\}$ de la fonction F lors du décodage des paquets pour combiner les signaux ayant un même signal d'acquisition dans les N_R positions possibles de répliques d'un même paquet, et pour minimiser le nombre de corrélations requises entre des signaux complexes en bande de base de données de tranches temporelles différentes lors de la résolution de conflits d'interférences entre paquets non résolubles par le décodage classique du protocole CRDSA.
- [0082] En variante, la station de réception est configurée pour exploiter le graphe $\{(u, F(u))\}$ de la fonction F lors du décodage des paquets pour combiner les signaux ayant un même signal d'acquisition dans les N_R positions possibles de répliques d'un même paquet, et pour minimiser le nombre de corrélations requises entre des signaux complexes en bande de base de données de tranches temporelles différentes lors de la résolution de conflits d'interférences entre paquets non résolubles par le décodage classique du protocole ACRDA.
- [0083] Suivant la Figure 2, une trame CRDSA 32, désignée par Fr , est typiquement composée de N_S tranches temporelles 42 ou segments temporels successifs d'une durée T_S , identifiées par un indice entier de position dans la trame variant séquentiellement de 0 à $N_S - 1$.
- [0084] Chacune de ces tranches temporelles 42 ou « Time Slots » comporte un nombre entier fixe N_{sym} de symboles décomposé comme suite :
- [0085] .- N_{guard} symboles de garde destinées à éviter la perte d'information en cas de synchronisation imparfaite entre les différents utilisateurs,
- [0086] .- N_{pay} symbole de « données utiles » (« payload » en langue anglaise),,
- [0087] .- $N_{seq-acquisition}$ symboles de séquence d'acquisition (ou simplement « préambule » lorsque la séquence d'acquisition est située avant les données utiles.
- [0088] Chaque symbole a une durée T_{sym} .
- [0089] Il s'ensuit que $T_S = N_{sym} * T_{sym}$.
- [0090] Un contrôle de redondance de code CRC (en anglais Code Redundancy Check) ou un code de correction d'erreur FEC (en anglais Forward Error Correction) permet de vérifier que les données utiles ont été effectivement décodées sans erreurs.

- [0091] De manière préférée, la séquence d'acquisition est un préambule d'acquisition situé avant les données utiles des répliques d'un paquet.
- [0092] Le préambule d'acquisition qui est le même pour les N_R répliques de chaque paquet, est constitué par une séquence binaire pseudo-aléatoire de longueur M_{pre-a} , choisie d'une manière aléatoire à l'intérieur d'une famille SPR de séquences dont la taille (nombre de séquences) est de l'ordre de M_{pre-a} . La famille SPR doit présenter des bonnes propriétés d'auto corrélation croisée, c'est-à-dire que les séquences doivent être presque orthogonales entre elles et présenter un pic d'auto corrélation étroit. Des familles appropriées sont par exemple constituées par les codes de Gold et les codes de Gold étendus en longueur.
- [0093] Un même préambule d'acquisition ou des préambules d'acquisition différents peuvent être utilisés pour les paquets émis.
- [0094] Un préambule d'acquisition permet d'une manière classique d'identifier le début de chaque paquet et éventuellement d'effectuer une estimation de la phase, de la temporelisation et du décalage en fréquence de la porteuse (« estimation du canal »), qui est utilisée pour la démodulation des données utiles.
- [0095] Suivant la [Fig.3], un procédé 102 selon l'invention de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission (RA) de voie retour à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux est mis en œuvre par exemple par le système de communications 2 de la [Fig.1].
- [0096] Le procédé de transmission 102 comprend un premier ensemble 104 d'étapes.
- [0097] Dans une première étape 106 préalable, une fonction F d'attribution et de distribution de ressources $F(u)$ à la pluralité 8 de terminaux, identifiés chacun par un indice entier u , connectés à la station de réception 6, est déterminée par un ou plusieurs calculateur électroniques. La fonction d'attribution F est définie par un graphe $\{(u, F(u))\}$, u étant un indice d'identification parcourant l'ensemble des terminaux de la pluralité 8, et à chaque terminal utilisateur u est associée une ressource de transmission $F(u)$ incluant des positions temporelles respectives d'un nombre entier N_R , supérieur ou égal à 2, de répliques d'un paquet à émettre par le terminal, parmi des rangs des tranches temporelles d'une même trame temporelle d'émission, et un identifiant d'une séquence binaire d'acquisition à insérer dans les N_R répliques du paquet, prise dans une famille de séquences pseudo-aléatoires quasi-orthogonales.
- [0098] Puis dans la même première étape 106, à chaque terminal de la pluralité 8, connecté à la station de réception 6, est fournie la composante associée du graphe $\{(u, F(u))\}$ tandis que la totalité du graphe est rendue disponible et fournie à bord de la station de réception.
- [0099] La fourniture de la totalité du graphe $\{(u, F(u))\}$ à la station de réception peut être réalisée de différentes manières. Par exemple, un calculateur électronique faisant partie

de la station de réception est configuré pour calculer et déterminer le graphe de la fonction F . En variante, le graphe de la fonction F peut être déterminé par calcul par un calculateur électronique distant de la station réception 6 et transmis à la station de réception 6 sous la forme d'une table, ladite table étant enregistrée à bord de la station de réception.

- [0100] La fourniture à chaque terminal utilisateur u de sa composante de graphe $F(u)$ peut être réalisée de différentes manières. Par exemple, un calculateur électronique faisant partie du terminal est configuré pour calculer et déterminer la composante de graphe $F(u)$ à l'aide d'algorithme définissant l'image de u par la fonction F . En variante la composante $F(u)$ de graphe associée respectivement à chaque terminal utilisateur peut être transmise à par la station de réception 6 qui dispose déjà de la connaissance de cette composante $F(u)$.
- [0101] Puis dans une deuxième étape 108, chaque terminal utilisateur u génère dans une première sous-étape 110 N_R répliques d'un paquet à transmettre dans les tranches temporelles d'une trame émission ayant les positions temporelles attribuée par la composante $F(u)$ de graphe dudit terminal, et dans une deuxième sous-étape 112 insère dans lesdites N_R répliques la séquence binaire d'acquisition qui lui est attribuée par la composante $F(u)$ de graphe dudit terminal, la trame émission étant de préférence synchrone mais pouvant être asynchrone en variante.
- [0102] Le procédé de transmission 102 selon l'invention est caractérisé en ce que la fonction d'attribution et de répartition F , et par conséquent son graphe $\{(u, F(u))\}$, sont choisis de sorte à minimiser voire annuler le nombre de boucles entre des terminaux utilisateurs connectés de la pluralité dans chacune desquelles au moins deux terminaux connectés de la pluralité utilisent des mêmes N_R positions de répliques indépendamment de leur ordre et une même séquence d'acquisition.
- [0103] La famille de séquences binaires pseudo-aléatoires quasi-orthogonales est choisie parmi les codes utilisés par les systèmes à accès multiples par répartition de code, tels que les codes de Gold et les codes de Gold étendus en longueur. La séquence binaire d'acquisition insérée dans chaque réplique peut être un préambule, disposée avant les données utiles et chaque réplique transmise peut comporter un ou plusieurs symboles de garde définissant un intervalle de garde.
- [0104] La deuxième étape 108 comporte également une troisième sous-étape de codage 114 des répliques par un contrôle de redondance CRC ou un codage de correction des erreurs FEC (en anglais Forward Error Correction), ladite troisième sous-étape de codage 114 étant effectuée avant l'insertion 112 d'une séquence binaire d'acquisition.
- [0105] La deuxième étape 108 comporte une quatrième sous-étape 116 optionnelle d'insertion d'information de signalisation concernant le positionnement relatif des répliques d'un même paquet, exécutée avant la troisième sous-étape de codage des N_R

répliques.

- [0106] Les première, deuxième, troisième et quatrième sous-étapes 110, 112, 114, 116 forment un premier ensemble 118 de sous-étapes.
- [0107] Le procédé de transmission 102 selon l'invention est caractérisé en ce que la fonction d'attribution et de répartition F est choisie de sorte que l'exploitation de son graphe $\{(u, F(u))\}$ par la station de réception 6 permette, lors d'une troisième étape 122 de décodage des répliques, de minimiser voire d'annuler le nombre nécessaire de corrélations inter-tranches de localisation de réplique d'un paquet, lorsque lesdites corrélations de localisation des répliques, effectuées en bande de base, sont requises pour combiner les répliques et décoder le paquet, lorsque le processus de décodage classique du protocole CRDSA a échoué.
- [0108] Suivant les Figures 3 et 4, la troisième étape 122 de décodage du procédé de transmission 102 selon l'invention comprend en outre une quatrième étape 124 de récupération et de décodage de paquets utilisant un protocole de décodage CRDSA, ladite quatrième étape 124 étant exécutée pour chaque trame en réception, reçue après les première et deuxième étapes, 106, 108.
- [0109] En variante, la troisième étape 122 comporte une cinquième étape de récupération et décodage de paquets utilisant un protocole de décodage ACRDA, ladite cinquième étape étant exécutée en réception après les première et deuxième étapes, 106, 108 sur une fenêtre glissante englobant un certain nombre de trames virtuelles propres aux utilisateurs.
- [0110] Suivant les Figures 3 et 4, la troisième étape 122 de décodage du procédé de transmission selon l'invention comprend une sixième étape 126 d'analyse et de traitement complémentaires pour décoder des paquets interférés non résolus par la quatrième étape 124 ou la cinquième étape. La sixième étape 126 est déclenchée par conséquent lorsqu'il existe au moins un paquet interféré de la trame en cours de traitement non résolu lors de l'exécution de la quatrième étape 124 ou la cinquième étape.
- [0111] Suivant la [Fig.3], la quatrième étape 124 de récupération et de décodage utilisant un protocole de CRDSA comprend un deuxième ensemble 130 de sous-étapes consistant à :
- [0112] .- dans une première sous-étape 132, identifier à l'intérieur d'un signal reçu, des répliques qui ne sont pas affectées par des collisions destructives avec des répliques d'autres paquets ; puis
- [0113] .- dans une deuxième sous-étape 134, extraire de l'information contenue dans les répliques identifiées ; puis
- [0114] .- dans une troisième sous-étape 136, localiser temporellement la ou les autres répliques du même paquet en utilisant les informations des positions temporels des

répliques fournis par les composantes du graphe $\{(u, R(u))\}$ et/ou une information de signalisation de positionnement relatif extraite des répliques identifiées lorsqu'elle existe ; puis

[0115] .- dans une quatrième étape 138, effacer en bande de base complexe ladite ou desdites autres répliques par un algorithme d'effacement d'interférence, lorsqu'elle ou elles sont affectées par des collisions destructives avec des répliques d'autres paquets ; puis

[0116] .- dans une cinquième sous-étape 140, identifier d'autres paquets qui, après ladite sous-étape d'effacement, ne sont plus affectés par des collisions destructives et extraire de l'information qui y est contenue.

[0117] Suivant les Figures 3 et 4, les première, deuxième, troisième, quatrième et cinquième sous-étapes 132, 134, 136, 138, 140 sont répétées jusqu'à ce que tous les paquets dans la trame traitée soient décodés ou le décodage utilisant le protocole CRDSA devienne bloqué.

[0118] Le procédé de transmission 102 des paquets de données selon l'invention, dénommé « Technique de positionnement partagé pour des émissions interférées de manière aléatoire » SPoTIT (en anglais « Shared Position Technique for Interfered random Transmissions ») est donc fondé sur le principe de partage d'une connaissance sur les positions des répliques et les préambules d'acquisition de chaque abonné ou terminal utilisateur connecté à la station de réception 6.

[0119] Suivant un premier mode de réalisation particulier du procédé de transmission 102 selon l'invention, désigné par SPoTIT « aléatoire », (« random » en anglais) et correspondant à un premier mode de réalisation de la fonction F , désignée par F_{PSR} , la fonction F_{PSR} est une fonction de distribution déterministe pseudo-aléatoire des vecteurs possibles de positions de N_R répliques en termes de rang des tranches temporelles ou « times slots » utilisées au sein de la trame et des séquences d'acquisition associées aux différentes répliques émises des paquets qui dépendent des terminaux utilisateurs de la pluralité via une graine $Gr(u)$ d'entrée de la fonction F_{PSR} qui à son tour dépend de manière représentative de l'identifiant u de chaque terminal, la distribution des vecteurs de positions de N_R répliques et des séquences d'acquisition de la fonction de distribution F_{PSR} ayant un profil de distribution sensiblement uniforme sur l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques et de toutes les séquences d'acquisition possibles lorsque le nombre de terminaux utilisateur est suffisamment grand.

[0120] Un vecteur de positions de N_R répliques au sein des N_S tranches temporelle est un vecteur booléen à N_S composantes ordonnées correspondant aux tranches temporelles ordonnées suivant la séquence $S_0, S_1, S_2, \dots, S_N$, une composante étant mise à 1 lorsque la tranche temporelle est utilisée ou occupée par une des N_R répliques d'un

paquet et à 0 sinon. Les vecteurs possibles de N_R répliques au sein des N_S tranches temporelles sont tous les vecteurs à N_S composantes ayant N_R composantes mises à 1, les $N_S - N_R$ composantes restantes mises à 0.

- [0121] La fonction F_{PSR} est réalisée par exemple à l'aide d'un ou plusieurs générateurs pseudo-aléatoires PSR (en anglais PSeudo-Random) ayant comme graine des informations d'identification connues par l'émetteur et le récepteur.
- [0122] Suivant les Figures 5A et 5B et un exemple de mise en œuvre de la fonction F_{PSR} à l'émission et à la réception dans le cas particulier où le nombre N_R de répliques par paquet est égal à 2, un générateur 154, 156 déterministe de même conception et de même structure engendrant en sortie un vecteur $F_{PSR}(u)$, formé par des première et deuxième positions $Ps1(u)$, $Ps2(u)$ dans la trame, et un préambule d'acquisition $P(u)$, dépendant de l'indice d'identification u associé au terminal, utilise un unique générateur pseudo aléatoire (non représenté), alimenté par une graine $Gr(u)$ représentative de l'indice u du terminal utilisateur.
- [0123] Suivant la [Fig.5A], chaque terminal utilisateur au niveau émission peut limiter l'utilisation de son générateur 154 de vecteurs de sortie à la fourniture du vecteur de sortie $F_{PSR}(u)$ associé à son indice d'identification u , i.e. à une seule composante du graphe $\{u, F_{PSR}(u)\}$.
- [0124] Suivant la [Fig.5B], la station de réception au niveau réception exploite l'ensemble du graphe $\{u, F_{PSR}(u)\}$ généré par son générateur 156 de vecteurs de sortie, représenté sous la forme d'un tableau 108 sur la [Fig.5B].
- [0125] Dans une première forme de réalisation, pour chaque terminal utilisateur u , connecté à la station de réception 6, la graine $Gr(u)$ associée au terminal utilisateur u est fixe temporellement et représente l'identifiant HID (en anglais Hardware IDentifier) au travers d'une fonction $u(HID)$, avec $GR(u)=Gr(u(HID))$.
- [0126] Certains cas de blocage existent dans lesquels plusieurs terminaux utilisateurs génèrent les mêmes positions de répliques dans la même trame, transmettent leurs paquets dans les mêmes tranches temporelles, et créent une boucle de collisions non résoluble. Aucun paquet de donné ne pourra être décodé provoquant ainsi un échec continu et permanent.
- [0127] Pour remédier à ce blocage le système de communication est configuré pour introduire au niveau de l'émission des paquets un choix dynamique des tranches temporelles en faisant varier dynamiquement la graine $Gr(u)$ du générateur pseudo-aléatoire pour chaque terminal à chaque trame.
- [0128] Dans une deuxième forme de réalisation, pour chaque terminal u , connecté u , connecté à la station de réception 6, la graine $Gr(u)$ associée au terminal utilisateur u est dynamique et varie à chaque trame, en utilisant notamment un algorithme $Gr(u(HID*FID))$, représentatif des variations du produit $HID*FID$ de l'identifiant HID

du terminal u et un identifiant FID de la trame représentatif de son rang temporel dans un ordre séquentiel de défilement de trames.

[0129] Un autre identifiant connu au préalable ou toute autre combinaison dynamique peut être envisagée.

[0130] Cela permet de changer la graine $Gr(u)$ à chaque transmission pour chaque terminal et d'éviter ainsi une boucle continue de collisions en cas d'émissions successives.

[0131] Suivant les Figures 5A et 5B, la fonction de distribution déterministe pseudo-aléatoire F_{PSR} est paramétré par le nombre total de tranches temporelles N_S d'une trame et le nombre total de séquence d'acquisition N_P .

[0132] Suivant la [Fig.6], le procédé de transmission « SPoTIT aléatoire », ici désigné par 202, comprend une première étape 206 et une deuxième étape 208 comme mode particulier de réalisation des première et deuxième étapes 106, 108 de la [Fig.3], dans le cas particulier où la fonction de distribution F est égale à une fonction F_{PSR} de distribution déterministe pseudo-aléatoire.

[0133] Le procédé de transmission 202 « SPoTIT aléatoire » comporte ici à l'instar du procédé de transmission 102 de la [Fig.3], une première forme de réalisation 222 de la troisième étape 122 de la [Fig.3] comportant une quatrième étape 224 de récupération et de décodage de paquets utilisant un protocole de décodage CRDSA et identique à la quatrième étape 124 de la [Fig.1], et une première forme de réalisation 226 de la sixième étape 126 de la [Fig.1], comportant un troisième ensemble 240 de sous-étapes.

[0134] La sixième étape 226 d'analyse et de traitement complémentaires est configurée pour décoder des paquets interférés non résolus par la quatrième étape 224, et déclenchée lorsqu'il existe au moins un paquet interféré de la trame non résolu lors de l'exécution de la quatrième étape 224.

[0135] Les sous-étapes du troisième sous-ensemble 240 consiste à :

[0136] .- dans une première sous-étape 242, sélectionner de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé une tranche temporelle de référence dans la trame en cours de traitement parmi les tranches temporelles pour lesquelles un conflit non résolu de paquets a été détecté ; puis

[0137] .- dans une deuxième sous-étape 244, choisir de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé dans la tranche temporelle de référence sélectionnée une séquence d'acquisition détectée et choisie parmi une ou plusieurs séquences d'acquisition détectées dans ladite tranche temporelle de référence ; puis

[0138] .- dans une troisième sous-étape 246, déterminer les positions dans la trame en cours de traitement des répliques possibles d'un même paquet associé à la séquence d'acquisition détectée et choisie à partir de toutes les positions des tranches temporelles de la trame dans lesquelles la séquence d'acquisition détectée et choisie a été détecté par corrélation courte et à partir du graphe $\{u ; F_{PSR}(u)\}$; puis

- [0139] .- dans une quatrième sous-étape 248, calculer les corrélations de localisation des répliques du paquet entre le signal bande base reçu dans la tranche temporelle de référence et les signaux en bande de base des tranches temporelles ayant les positions déterminées dans la troisième sous-étape 246 ; puis
- [0140] .- dans une cinquième sous-étape 250, sélectionner les tranches temporelles des répliques du paquet de la tranche temporelle de référence dont la séquence d'acquisition a été détectée et choisie comme les tranches temporelles présentant des valeurs de corrélation de localisation supérieures à une valeur de corrélation de localisation prédéterminée ; puis
- [0141] .- dans une sixième sous-étape 252 de combinaison, calculer la somme des signaux en bande de base des répliques localisées et sélectionnées dans la cinquième étape du paquet de la tranche temporelle de référence dont la séquence d'acquisition a été détectée et choisie ; puis
- [0142] .- dans une septième sous-étape 254, démoduler et décoder la somme calculée lorsque la somme comprend un niveau de bruit situé au-dessous d'un seuil de bruit déterminé ; puis
- [0143] .- dans une huitième sous-étape 256, soustraire en bande de base du signal en cours de traitement le signal démodulé et décodé des répliques localisées du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie.
- [0144] Par exemple, un critère de choix de la séquence d'acquisition détecté peut être fondé sur un critère d'ordonnement des rapports signal à bruit des séquences d'acquisition détectées.
- [0145] La ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant des valeurs de pics de corrélations courtes en bande base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues et le signal contenu dans la tranche temporelle de référence sélectionnée, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisitions pour chacune desquelles un pic d'acquisition présente une valeur, supérieure ou égale à un premier seuil de corrélation courte prédéterminé.
- [0146] La ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant une pluralité de valeurs de corrélations courtes en bande de base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues dans la tranche temporelle de référence et les signaux contenus dans les tranches temporelles pour lesquelles l'utilisation des motifs de référence, attendus dans la tranche temporelle de référence, est possible en vertu du graphe $\{u ; F_{PSR}(u)\}$, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisition pour chacune desquelles la somme des carrés des modules des valeurs de corrélation correspondant à un même motif de référence présente une valeur, supérieure ou égale à un deuxième seuil de corrélation

courte prédéterminé.

- [0147] La détection par corrélation courte de la ou des séquences d'acquisition dans la tranche temporelle de référence est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre la première sous-étape 242 et la deuxième sous-étape 244 de la sixième étape 226.
- [0148] La détection par corrélation courte de la séquence détectée et choisie dans les tranches temporelles restantes de la trame temporelle en cours de traitement est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre la deuxième sous-étape 244 et la troisième sous-étape 246 de la sixième étape 226.
- [0149] Il est à remarquer que la sixième étape peut comprendre également une neuvième sous-étape d'estimation 258 des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude du canal à partir des corrélations de localisation des répliques du paquet, la neuvième sous-étape étant interposée entre la cinquième sous-étape 250 et la sixième sous-étape 252 de combinaison.
- [0150] Ainsi, la station de réception 6 ayant la connaissance des positions dans lesquelles se trouvent les répliques du paquet à décoder d'une tranche temporelle de référence, la station de réception n'a pas besoin d'effectuer les corrélations de localisation sur la totalité de la trame temporelle. En conséquence, le nombre de corrélations de localisation sera réduit et limité au nombre de paquets potentiellement en collision ayant le même préambule sur la tranche temporelle de référence en cours de traitement.
- [0151] Suivant les Figures 7A et 7B, un exemple de traitement d'une trame particulière pour le décodage des paquets est illustrée dans le cas où un protocole SPoTIT « aléatoire » est utilisé.
- [0152] Suivant la [Fig.7A], cinq paquets différents 262, 264, 266, 268, 270 sont transmis et reçus, ici de manière synchrone, sur une trame de réception 272, comportant ici huit tranches temporelles ($N_S = 8$) qui se suivent désignées respectivement par S0, S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7.
- [0153] Chaque paquet est illustré sur une ligne différente, numérotée de 1 à 5 en partant du haut sur chaque [Fig.7A] et 7B et par un motif de hachurage différent pour aider à les distinguer, comporte un nombre N_R de répliques égal à 3 et comporte un préambule différent.
- [0154] Suivant la [Fig.7A], le premier paquet 262 comporte trois répliques 262₁, 262₂, 262₃, disposées respectivement dans les tranches temporelles S1, S3, S5, et utilisant un même premier préambule d'acquisition.
- [0155] Le deuxième paquet 264 comporte trois répliques 264₁, 264₂, 264₃ disposées respec-

tivement dans les tranches temporelles S2, S4 et S6, et utilisant un même deuxième préambule d'acquisition.

- [0156] Le troisième paquet 266 comporte trois répliques 266₁, 266₂, 266₃ disposées respectivement dans les tranches temporelles S2, S3 et S5, et utilisant un même troisième préambule d'acquisition.
- [0157] Le quatrième paquet 268 comporte trois répliques 268₁, 268₂, 268₃, disposées respectivement dans les tranches temporelles S0, S4 et S6, et utilisant un même quatrième préambule d'acquisition.
- [0158] Le cinquième paquet 270 comporte trois répliques 270₁, 270₂, 270₃, disposées respectivement dans les tranches temporelles S0, S2 et S6, et utilisant un même cinquième préambule d'acquisition.
- [0159] Les premier, deuxième, troisième, quatrième, cinquième diffèrent entre eux pris deux à deux.
- [0160] Suivant l'étape 224 de décodage du protocole CRDSA la tranche temporelle S1 est choisie comme tranche temporelle de référence et la première réplique 262₁ du premier paquet 262 qu'elle contient est identifiée comme une réplique propre. Le premier paquet 262 est alors décodé à l'aide de cette première réplique et les positions des deuxième et troisième répliques du premier paquet sont déterminées. Puis le signal complexe en bande base du premier paquet est supprimé par SIC du signal reçu dans les tranches temporelles S1, S3 et S5 et un signal reçu mis à jour est obtenu.
- [0161] Le décodage CRDSA est réitéré en choisissant comme nouvelle tranche temporelle de référence la tranche temporelle S3. La deuxième réplique 266₂ du troisième paquet 266 qui est contenue dans la nouvelle tranche temporelle de référence S3 est identifiée comme une réplique propre. Le troisième paquet 266 est alors décodé à l'aide de cette deuxième réplique et les positions des première et troisième répliques du troisième paquet sont déterminées. Puis le signal complexe en bande base du troisième paquet est supprimé par SIC du signal reçu dans les tranches temporelles S2, S3 et S5 et un nouveau signal reçu mis à jour 274 est obtenu.
- [0162] Ce nouveau signal reçu mis à jour 274 va servir de signal d'entrée dans la [Fig.7B] pour les traitements de l'étape 226 concernant la résolution des conflits inter-paquet non résoluble par le protocole CRDSA et associé au protocole « SPoTIT aléatoire ».
- [0163] En effet, on peut constater que le nouveau signal reçu mis à jour rend inopérant le décodage classique du protocole CRDSA.
- [0164] Suivant la [Fig.7B], la première-sous étape 242 de la sixième étape 226 étant mise en œuvre, la tranche temporelle S0 est choisie comme tranche temporelle de référence. Les quatrième et cinquième préambules sont détectés dans la tranche temporelle de référence S0 par corrélation avec les préambules possibles, et le quatrième préambule est choisi de manière arbitraire.

- [0165] Puis, à l'aide de la connaissance du graphe $\{u, F_{\text{PSR}}(u)\}$, deux corrélations inter-tranche de localisation sont effectuées, l'une entre le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle S4, l'autre entre le signal en bande de base contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle S6, conduisant à un premier pic de corrélation de localisation 276 et un deuxième pic de corrélation de localisation 278.
- [0166] Les premier et deuxième pics de corrélation de localisation 276 et 278 permettent de valider les positions et la qualité de réception des deuxième et troisième répliques 268₂ et 268₃ du quatrième paquet 278, lorsqu'ils dépassent chacun une valeur de seuil prédéterminée.
- [0167] Les premier et deuxième pics de corrélation de localisation 276 et 278 permettent alors d'estimer des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de chaque réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base.
- [0168] La combinaison des signaux complexes en bande de base contenus dans les tranches temporelles S0, S4 et S6 est effectuée et la somme calculée des première, deuxième, troisième répliques 268₁, 268₂, 268₃, du quatrième paquet 268 est extraite, démodulée et décodée. Puis le signal complexe en bande base du quatrième paquet 268 décodé est supprimé par SIC du signal reçu 274 dans les tranches temporelles S0, S4 et S6 et un nouveau signal reçu mis à jour est obtenu.
- [0169] Le nouveau signal reçu mis à jour permet alors d'utiliser à nouveau un décodage classique du protocole CRDSA et de décoder successivement le cinquième paquet 270 et le deuxième paquet 264.
- [0170] Il est à remarquer qu'en variante, le cinquième préambule aurait pu être choisi dans la tranche temporelle de référence S0, ce qui aurait conduit alors au calcul de deux corrélations inter-tranches de localisation des deuxième et troisième répliques 270₂, 270₃ du cinquième paquet 270, l'une entre le signal contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal contenu dans la tranche temporelle S2, l'autre entre le signal contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal contenu dans la tranche temporelle S6.
- [0171] Suivant la [Fig.7C] et à titre de comparaison avec les traitements du protocole « SPoTIT aléatoire » selon l'invention de la [Fig.7B] utilisés après le blocage du décodage classique CRDSA, les traitements de décodage du protocole MARSALA sont utilisés après le blocage du décodage classique CRDSA.
- [0172] Suivant la première-sous étape 142 de la sixième étape 126, la tranche temporelle S0 est choisie comme tranche temporelle de référence. Les quatrième et cinquième préambules sont détectés dans la tranche temporelle S0 par corrélation avec tous les préambules possibles, et le quatrième préambule est choisi de manière arbitraire à

l'instar de ce qui a été fait pour le procédé SPoTIT « aléatoire » de la [Fig.7B].

- [0173] Dans le traitement MARSALA, la station de réception n'ayant aucune connaissance au préalable des positions possibles des répliques d'un ou plusieurs paquets ayant le même préambule, $N_S - 1$ corrélations inter-tranches temporelles de localisation devront toujours être effectuées.
- [0174] Ici, la tranche temporelle de référence considérée étant S0, sept corrélations de localisation de réplique sont calculées entre le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle en bande de base contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et chacun des signaux respectifs contenus dans les tranches temporelles S1, S2, S3, S4, S5, S6 et S7.
- [0175] Une première corrélation de localisation de réplique est calculée entre le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle S2, une deuxième corrélation de localisation de réplique est calculée entre le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle S4, et une troisième corrélation de localisation de réplique est calculée entre le signal en bande de base contenu dans la tranche temporelle de référence S0 et le signal complexe en bande de base contenu dans la tranche temporelle S6, conduisant à un premier pic de corrélation de localisation 286, un deuxième pic de corrélation de localisation 288, et un troisième pic de corrélation 290.
- [0176] S'agissant des autres corrélations effectuées, elles conduisent à des signaux de type bruit d'amplitudes nettement inférieures à celles des pics de corrélation de localisation 286, 288, 290.
- [0177] Les caractéristiques des premier, deuxième et troisième pics de corrélation sont exploitées pour déterminer la ou les répliques du quatrième paquet 268 les plus propres à être combinées. Ici, le deuxième pic de corrélation 288 est préférée comme présentant le rapport signal à bruit plus interférence par rapport aux rapports signal à bruit plus interférence des premier et troisième pics de corrélation 286, 290.
- [0178] Le deuxième pic de corrélation de localisation 288 permet alors d'estimer des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de la réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base.
- [0179] La combinaison des signaux complexes en bande de base, contenus dans les tranches temporelles S0 et S4 et S6 est effectuée ensuite, à l'instar du procédé de décodage « SPoTIT aléatoire » de la [Fig.7B], et la somme calculée des première et deuxième répliques 268₁, 268₂, du quatrième paquet 268 est extraite, démodulée et décodée. En outre, les données de signalisation du quatrième paquet 268 démodulée permet de déterminer la position de la deuxième réplique 268₃ du quatrième paquet 268.

- [0180] Puis, à l'instar du traitement décrit de la [Fig.7B], le signal complexe en bande base du quatrième paquet 268 décodé est supprimé par SIC du signal reçu 274 dans les tranches temporelles S0, S4 et S6 et un nouveau signal reçu mis à jour est obtenu. Le nouveau signal reçu mis à jour permet alors d'utiliser à nouveau un décodage classique du protocole CRDSA et de décoder successivement le cinquième paquet 270 et le deuxième paquet 264.
- [0181] Les corrélations de localisation au niveau de la réception se réduiront au nombre de paquets avec le même préambule qui sont potentiellement présents dans la tranche temporelle analysée. Ces corrélations de localisation servent à savoir lesquelles parmi les paquets potentiels ont transmis dans la trame reçue.
- [0182] Cela permet de garder exactement les mêmes performances que celles obtenues avec le procédé classique MARSALA mais réduit considérablement la complexité du procédé utilisé selon l'invention en termes de corrélations en réduisant le nombre de corrélations de localisation des répliques requises au décodage d'un paquet lorsque le décodage du protocole CRDSA est bloqué.
- [0183] Suivant le protocole SPoTIT « aléatoire », à la réception des trames, la station de réception calcule toutes les positions potentielles des paquets de chaque abonné connecté grâce à la connaissance de la graine $Gr(u)$ statique ou dynamique de l'abonné u et l'algorithme de la fonction de distribution F_{PSR} . De manière générale, pour chaque tranche temporelle des trames synchrones reçues ou des trames virtuelles asynchrones reçues, la station de réception connaît tous les terminaux utilisateurs potentiels qui ont pu envoyer des paquets. Lorsque la présence d'un préambule est détectée dans une tranche temporelle analysée de référence grâce à un pic de corrélation, il est seulement nécessaire dans le protocole SPoTIT « aléatoire » d'effectuer des corrélations de localisation sur les tranches temporelles pouvant contenir une réplique dont le préambule est celui détecté dans la tranche temporelle de référence en cours d'analyse.
- [0184] Par exemple, dans le cas d'un procédé et système de transmission « SPoTIT aléatoire » à deux répliques ($N_R=2$), si quatre paquets potentiels d'un même préambule se trouvent sur une même tranche temporelle de référence, seulement quatre corrélations de localisation de répliques seront effectuées, les corrélations de localisation de répliques correspondant aux quatre tranches temporelles contenant les deuxièmes répliques des quatre paquets potentiellement en collision, à la place d'un nombre de corrélations de localisation de répliques égal au nombre total de slots moins un, i.e. $N_S - 1$, dans le cas d'un procédé et système de transmission utilisant le protocole MARSALA. Par exemple, pour un nombre de tranches temporelles par trame N_S égal à 100, le nombre de corrélations de localisation de répliques sera égal à 99.
- [0185] De manière générale, lorsque le processus de décodage suivant le protocole CRDSA

est bloqué et qu'aucun paquet ne peut être décodé, le processus de décodage MARSALA va choisir une tranche temporelle de référence afin d'effectuer des corrélations inter-tranche temporelles de localisation nécessaires à la localisation des répliques des paquets en collision sur ce slot. Ce nombre de corrélations de localisation $N_{\text{corr_loc}}$ dans le cas d'un décodage de protocole MARSALA à deux répliques ($N_R=2$) dépend du nombre de tranches temporelles N_s suivant la relation :

[0186]
$$Nb_{\text{corr_loc}} = (N_s - 1).$$

[0187] A l'inverse, lorsque le processus de décodage SPoTIT aléatoire est utilisée après un blocage du protocole CRDSA, le nombre corrélations de localisation des répliques dépend du nombre potentiel de paquets en collision N_{PKU} se trouvant dans la tranche temporelle de référence en cours d'analyse suivant la relation :

[0188]
$$Nb_{\text{corr_loc}} = N_{\text{PKU}}$$

[0189] Suivant la Figure 8, la comparaison de l'évolution du nombre de corrélations de localisation de répliques $Nb_{\text{corr_loc}}$ en fonction du nombre de paquets potentiels en collisions sur la tranche temporelle N_{PKU} entre un décodage du protocole MARSALA et un décodage du protocole SPoTIT aléatoire est illustrée à l'aide d'une première courbe d'évolution 294 et d'une deuxième courbe d'évolution 296, correspondant respectivement au protocole MARSALA et au protocole SPoTIT « aléatoire ». Dans cette comparaison, le nombre de répliques d'un paquet N_R et le nombre de tranches temporelles par trame N_s sont supposés respectivement égaux à 2 et 100, indépendamment du protocole utilisé.

[0190] Il est à remarquer que le nombre de corrélations de localisation de répliques peut être diminué dans le décodage du protocole SPoTIT « aléatoire » en augmentant le nombre de préambules d'acquisition N_p , ce qui a pour effet de diminuer le nombre de paquets potentiels utilisant le même préambule en collision sur la tranche temporelle de référence P_{PKU} .

[0191] Suivant un deuxième mode de réalisation particulier 302 du procédé de transmission 102 selon l'invention, désigné par SPoTIT « intelligent », (« smart » en anglais) et correspondant à un deuxième mode de réalisation de la fonction F, désignée par F_{SMART} , la fonction F_{SMART} est une fonction d'attribution et de distribution déterministe « intelligente » des vecteurs de positions des N_R répliques au sein de chaque trame parmi l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques dans l'ensemble des tranches temporelles de la trame et des séquences d'acquisition associées aux différentes répliques émises parmi toutes les séquences d'acquisition possibles, le graphe $\{(u, F_{\text{SMART}}(u))\}$ étant déterminé de sorte à faire correspondre à chaque séquence d'acquisition g_j utilisée de l'ensemble des séquences d'acquisition $\{g_j\}$ un ensemble T_j de terminaux utilisateurs U_{jk} et un pluralité de vecteurs

$V_{jk}(Pg_j(1), \dots, Pg_j(R))$ de positions de N_R répliques, différents entre eux par au moins une position.

[0192] Le contrôle direct des positions des répliques et des préambules, associés sur la trame aux terminaux utilisateurs, évite l'utilisation du même préambule sur la même tranche et élimine les boucles de données entre utilisateurs à un certain degré, une boucle survenant lorsque deux terminaux utilisateurs ou plus utilisent N_R mêmes tranches temporelles. Ce contrôle permet, en plus de la réduction de complexité de traitement, d'améliorer les performances en termes de taux de pertes de paquet PLR grâce à l'élimination de l'utilisation de corrélations de localisation de répliques. Cela est dû à la disparition du plancher d'erreurs qui est créé par les boucles dans les charges faibles du réseau.

[0193] De manière particulière, le nombre de répliques par paquet N_R est supposé égal à 2 dans tout ce qui suit.

[0194] La fonction d'attribution F_{SMART} est configurée de sorte à éviter toute possibilité de boucle et ainsi éviter tout recours à une corrélation de localisation de répliques.

[0195] On sait que le nombre $C1$ de combinaisons de N_R positions de répliques parmi N_S tranches temporelle d'une trame temporelle est égal à :

$$[0196] \quad C1 = \frac{N_S!}{(N_S - N_R)!}$$

[0197] En utilisant un procédé de transmission 302 selon l'invention qui évite ou élimine les boucles potentielles pour lesquelles $(p1=k, p2=m) = (p2=k, p1=m)$, $p1, p2$ désignant les positions respectives des première et deuxième répliques d'un paquet, étant différent de j , le nombre $C2$ de combinaisons admissibles de N_R positions de répliques parmi N_S tranches temporelle d'une trame temporelle sans boucle es alors égal à :

$$[0198] \quad C2 = \frac{N_S!}{N_R * (N_S - N_R)!}$$

[0199] Par exemple, lorsque le nombre de tranches temporelles par trame est égal à 100, le nombre $C2$ est égal à $100 * 99 / 2$, le nombre N_R de répliques d'un paquet étant supposé égal à 2.

[0200] Il est à remarquer que jusqu'à présent, seules les boucles concernant le choix des tranches temporelles sont évitées.

[0201] Afin d'éliminer les corrélations liées à la localisation des répliques d'un paquet, les préambules d'acquisition qui forment des signaux pseudo-orthogonaux entre eux sont également exploités. Cela a pour effet de réduire le nombre de combinaisons de couples de positions des répliques possibles, c'est-à-dire aussi le nombre possible de terminaux utilisateurs ou abonnés rattachés à une même réception possible.

[0202] La fonction d'attribution des ressources F_{SMART} est définie de sorte que toutes les collisions potentielles de paquets sur une tranche temporelle donnée soient dis-

cernables en utilisant uniquement la caractéristique pseudo-orthogonale des préambules d'acquisition à cette fin. Comme cela est connu, les codes de Gold permettent de conférer une telle propriété de pseudo-orthogonalité aux séquences ou préambules d'acquisition utilisés par le procédé de transmission 302.

- [0203] Etant remarqué le fait que c'est la détection d'un code d'une séquence d'acquisition qui est unique dans une tranche temporelle qui permet d'éviter l'utilisation de corrélations en bande base de localisation sur les données des répliques, afin de pouvoir être identifié, un code d'une séquence d'acquisition devra être utilisé par un ensemble de combinaisons de couples uniques qui ne présentent aucune boucle entre eux et aucune répétition de préambule.
- [0204] Plusieurs méthodes ou techniques permettant de construire une fonction d'attribution intelligente F_{SMART} peuvent être utilisées dans laquelle les couples de tranches temporelles sont choisies de manière unique pour un même préambule d'acquisition.
- [0205] Ici et à titre d'exemple, une technique, basée sur des décalages circulaires concernant le choix de la position de la deuxième réplique pour un même groupe de couples de positions de répliques utilisant un même préambule en cas de transmission, est décrite. Suivant cette technique, seules des corrélations de préambules d'acquisitions seront exploitées lors du décodage.
- [0206] Il est supposé ici que le nombre de tranches temporelles par trame N_s est un nombre pair et que le nombre de préambules d'acquisition N_p est égal à $N_s/2$.
- [0207] Un ensemble de groupes $G_{1,j}$ de premier niveau de terminaux utilisateurs, j variant de 0 à N_p-1 , est défini de la manière suivante.
- [0208] Chaque utilisateur U_{jk} au sein d'un même groupe $G_{1,j}$, k variant de 0 à $\frac{N_s}{2} - 1$, utilise le même préambule g_j , caractérisé par l'indice j , l'indice j désignant également l'ordre du décalage circulaire effectué sur la position de la deuxième réplique. Chaque utilisateur 'U $_{jk}$ ', k envoie donc ses deux répliques de paquet, la première réplique et la deuxième réplique, sur les tranches temporelles ayant les positions respectives $P1g_j(k)$ et $P2g_j(k)$, tous les couples étant différents pris deux à deux sur chacune de leur composante, ici au nombre de deux.
- [0209] Chaque groupe $G_{1,j}$ d'utilisateurs U_{jk} de premier niveau, j étant un indice entier compris dans l'intervalle : $[0, \frac{N_s}{2} - 1]$ est caractérisée par la donnée d'un ensemble de triplets $R(1,j,k)$ de ressources formés chacun pour k variant de 0 à $\frac{N_s}{2} - 1$:
- [0210] .- le préambule d'acquisition g_j d'indice j ,
- [0211] .- une première position de réplique $P1g_j(k)$,
- [0212] .- une deuxième position de réplique $P2g_j(k)$,
- [0213] les première et deuxième positions étant définies par les relations :
- [0214]

$P2gj(k) = \frac{N_s}{2} + ([j+k](\text{mod } N_p))$, l'opérateur mod N_p désignant l'opérateur arithmétique « modulo N_p ».

- [0215] $\{P1gj(k)\}$, k variant de 0 à $\frac{N_s}{2} - 1$, représente l'ensemble associé au préambule d'acquisition gj et au décalage j , des choix de la position de la première réplique pour chaque abonné U_{jk} .
- [0216] $\{P2gj(k)\}$, k variant de 0 à $\frac{N_s}{2} - 1$, représente de manière correspondante l'ensemble associé au préambule d'acquisition gj et au décalage j , des choix de la position de la deuxième réplique pour chaque abonné U_{jk} .
- [0217] Comme il y a N_p décalages possibles, il y a donc N_p groupes $G_{1,j}$ de N_p différents préambules d'acquisition, chaque groupe $G_{1,j}$ ayant $\frac{N_s}{2}$ terminaux utilisateurs, connectés à la station de réception. Au total, l'ensemble des N_p groupes de premier de niveau $G_{1,j}$ possède $\frac{N_s}{2} * N_p$ terminaux utilisateurs abonnés.
- [0218] Il est à remarquer que certains triplets supplémentaires pourraient être utilisés, comme par exemple le triplet $(g_0, 0, 1)$ qui peut être utilisé en complément du groupe $G_{1,0}$ associé au préambule g_0 et qui peut être décodé sans avoir recours à des corrélations de localisation de réplique.
- [0219] Afin d'exploiter toutes les combinaisons possibles de préambule d'acquisition, de première et deuxième positions, et d'enrichir les combinaisons offertes par les groupes de premier niveau, des groupes $G_{i,j}$ de niveau i supérieur au premier niveau ($i=1$) peuvent être créés, le cardinal d'un groupe $G_{i+1,j}$ de niveau supérieur $i+1$ associé à un préambule d'acquisition gj étant égal à la moitié du cardinal $G_{i,j}$ du groupe de niveau inférieur i correspondant. Cela permet d'obtenir un ensemble de groupes de terminaux utilisateurs abonnés formant une pluralité d'abonnés qui se partagent à nombre égal les N_p préambules d'acquisition et ne nécessitent aucune corrélation de localisation de réplique pour décoder les paquets reçus. En outre le nombre total C3 des terminaux utilisateurs de cette pluralité est maximal et égal à : $\frac{N_s * (N_s - 1)}{2}$
- [0220] Ce nombre C3 est égal et correspond au coefficient binomial $\binom{N_s}{N_R}$.
- [0221] Les abonnés d'un même groupe $G_{i,j}$ de niveau i et d'indice de décalage utilisent le même préambule gj d'indice j .
- [0222] Dans ce qui suit, il est supposé que le nombre de tranches temporelles par trame N_s est une puissance de 2 et que le nombre de préambules d'acquisition N_p est égal au nombre de tranches temporelles par trame N_s divisé par 2.
- [0223] Par la suite le nombre entier N_L désigne le nombre total de niveaux des groupes formant la pluralité des terminaux utilisateurs et est égal au logarithme en base 2 du

nombre de tranches temporelle par trame NS suivant la relation : $N_L = \log_2(N_S)$

- [0224] A chaque niveau i , i variant de 1 à N_L , correspond un nombre $N_E(i)$, égal à 2^{i-1} , d'ensembles $E_{i,s}$ d'indices de tranches temporelle, avec s variant de 1 à $N_E(i)$.
- [0225] Chaque ensemble $E_{i,s}$, s étant compris entre 1 et $N_E(i)$, comprend un nombre $N_{SS}(i)$, égal à $\frac{N_S}{2^{i-1}}$, d'indices de tranches temporelle ordonnés.
- [0226] L'ensemble $E_{i,s}$ est défini par l'expression :
- [0227] $E_{i,s} = \{B_{inf}(i,s), \dots, M(i,s), \dots, B_{sup}(i,s)\}$
- [0228] dans laquelle
- [0229] $B_{inf}(i,s)$ est égal à $(s-1) * N_{SS}(i)$, et
- [0230] $B_{sup}(i,s)$ est égal à $s * N_{SS}(i) - 1$, et
- [0231] $M(i,s)$ est égal à $B_{inf}(i,s) + \frac{B_{sup}(i,s) - B_{inf}(i,s)}{2}$.
- [0232] A chaque ensemble $E_{i,s}$ correspond $N_{SS}(i)$ préambules d'acquisition gj avec :
- [0233] $(s-1) * \left(\frac{N_S}{2^i}\right) \leq j \leq s * \left(\frac{N_S}{2^i}\right) - 1$
- [0234] et $\frac{N_S}{2^i}$ terminaux utilisateurs, U_{ijk} .
- [0235] Pour chaque niveau i , un ensemble de N_P groupes $G_{i,j}$ de i -ième niveau de terminaux utilisateurs U_{ijk} , j variant de 0 à $N_P - 1$, est défini de la manière suivante.
- [0236] Pour chaque niveau i avec $1 \leq i \leq N_L$ correspond 2^{i-1} , d'ensembles $E_{i,s}$ d'indices de tranches temporelle, avec s variant de 1 à $N_E(i)$ et $N_E(i)$ égal à 2^{i-1} .
- [0237] Pour chaque niveau i et chaque indice $s(i)$ d'un ensembles $E_{i,s}$, avec l'indice s vérifiant $1 \leq s \leq 2^{i-1}$, correspond $N_{SS}(i)$ préambules d'acquisition gj avec l'indice j vérifiant :
- [0238] $(s-1) * \left(\frac{N_S}{2^i}\right) \leq j \leq s * \left(\frac{N_S}{2^i}\right) - 1$
- [0239] Chaque utilisateur U_{ijk} appartenant à un même groupe $G_{i,j}$, avec k variant de 0 à $\frac{N_S}{2^i} - 1$, utilise un même préambule gj , caractérisé par son indice j avec
- [0240] $(s-1) * \left(\frac{N_S}{2^i}\right) \leq j \leq s * \left(\frac{N_S}{2^i}\right) - 1$
- [0240] Cet indice j est également l'ordre d'un décalage circulaire à effectuer sur la position de la deuxième réplique au sein du groupe $G_{i,j}$.
- [0241] Chaque utilisateur U_{ijk} du groupe $G_{i,j}$ envoie sa première réplique et sa deuxième réplique sur deux tranches temporelles ayant une première position et une deuxième position $P1(U_{ijk})$ et $P2(U_{ijk})$ définies en termes d'indices de tranche temporelle, tous les couples de position étant différents pris deux à deux sur chacune de leur composante au sein du groupe $G_{i,j}$.
- [0242] Chaque groupe $G_{i,j}$ d'utilisateurs U_{ijk} de niveau i et de décalage j , i variant de 1 à N

$G_{1,3}$ est la première moitié de haut en bas de l'ensemble $E_{1,1}$. La deuxième colonne P2 de chaque groupe $G_{1,0}$, $G_{1,1}$, $G_{1,2}$, $G_{1,3}$ est obtenue respectivement à partir de la première colonne P1 de chaque groupe $G_{1,0}$, $G_{1,1}$, $G_{1,2}$, $G_{1,3}$ en utilisant un décalage circulaire correspondant de rang j effectué au sein de $E_{1,1}$.

[0260] Suivant la Figure 9B, les quatre groupes $G_{2,0}$, $G_{2,1}$, $G_{2,2}$, $G_{2,3}$ de deuxième niveau ($i=2$) sont représentés de gauche à droite, sont respectivement associés aux préambules d'acquisition g_0 , g_1 , g_2 et g_3 et ont chacun deux terminaux utilisateurs abonnés.

[0261] Les deux groupes $G_{2,0}$, $G_{2,1}$, sont chacun construits à partir de l'ensemble d'indices $E_{2,1} = \{0, 1, 2, 3\}$.

[0262] Les deux groupes $G_{2,2}$, $G_{2,3}$ sont chacun construits à partir de l'ensemble d'indices $E_{2,2} = \{4, 5, 6, 7\}$.

[0263] La première colonne de première position P1 de chaque groupe $G_{2,0}$, $G_{2,1}$ est la première moitié de haut en bas de l'ensemble $E_{2,1}$.

[0264] La première colonne de première position P1 de chaque groupe $G_{2,2}$, $G_{2,3}$ est la première moitié de haut en bas de l'ensemble $E_{2,2}$.

[0265] La deuxième colonne P2 de chaque groupe $G_{2,0}$, $G_{2,1}$ est obtenue à partir de la première colonne P1 de chaque groupe $G_{2,0}$, $G_{2,1}$ en utilisant un décalage circulaire correspondant de rang j effectué au sein de $E_{2,1}$.

[0266] La deuxième colonne P2 de chaque groupe $G_{2,2}$, $G_{2,3}$ est obtenue à partir de la première colonne P1 de chaque groupe $G_{2,2}$, $G_{2,3}$ en utilisant un décalage circulaire correspondant de rang j effectué au sein de $E_{2,2}$.

[0267] Suivant la Figure 9C, les quatre groupes $G_{3,0}$, $G_{3,1}$, $G_{3,2}$, $G_{3,3}$ de troisième niveau ($i=3$) sont représentés de gauche à droite, sont respectivement associés aux préambules d'acquisition g_0 , g_1 , g_2 et g_3 et ont chacun un terminal utilisateur abonné.

[0268] Le groupe $G_{3,0}$ est construit à partir de l'ensemble d'indices $E_{3,1} = \{0, 1\}$. Le groupe $G_{3,1}$ est construit à partir de l'ensemble d'indices $E_{3,2} = \{2, 3\}$. Le groupe $G_{3,2}$ est construit à partir de l'ensemble d'indices $E_{3,2} = \{4, 5\}$. Le groupe $G_{3,3}$ est construit à partir de l'ensemble d'indices $E_{3,3} = \{6, 7\}$.

[0269] La première colonne de première position P1 et la deuxième colonne de deuxième position P2 du groupe $G_{3,0}$ sont respectivement égales à $\{0\}$ et $\{1\}$. La première colonne de première position P1 et la deuxième colonne de deuxième position P2 du groupe $G_{3,1}$ sont respectivement égales à $\{2\}$ et $\{3\}$. La première colonne de première position P1 et la deuxième colonne de deuxième position P2 du groupe $G_{3,2}$ sont respectivement égales à $\{4\}$ et $\{5\}$. La première colonne de première position P1 et la deuxième colonne de deuxième position P2 du groupe $G_{3,3}$ sont respectivement

égales à {6} et {7}.

- [0270] De manière générale, il peut être démontré que la totalité de premières ou deuxièmes répliques d'un groupe $G_{1,j}$ de premier niveau associé à un préambule d'acquisition présente aucune interférence avec les paquets du groupe de deuxième niveau $G_{2,j}$ associé au même préambule d'acquisition.
- [0271] Il peut être démontré également que chaque groupe $G_{i,j}$ d'un niveau i quelconque possède une des deux composantes de positionnement des répliques, P1 ou P2, qui n'est pas interférée par le groupe $G_{i+1,j}$ qui lui est associé au niveau supérieur $i+1$, c'est-à-dire celui qui utilise la même préambule g_j .
- [0272] De manière générale, lorsqu'un système de transmission selon l'invention satisfait les hypothèses suivantes :
- [0273] .- le nombre de répliques N_R est fixé à 2 ; et
- [0274] .- il n'y a pas de restriction sur le nombre de préambules d'acquisition pouvant être détectés et décodés par tranche temporelle ; et
- [0275] .- le système de transmission est synchrone et utilise la suppression d successive d'interférences ; et
- [0276] .- deux terminaux ne peuvent pas utiliser deux mêmes tranches temporelles, i.e. n'engendrent pas de boucles, alors
- [0277] le nombre maximum d'utilisateurs N_U dudit système n'utilisant que les détections basés sur les préambules d'acquisition est égal au coefficient binomial de Newton $\binom{N_S}{N_P}$, c'est-à-dire : $\frac{N_S * (N_S - 1)}{2}$
- [0278] Un algorithme, configuré pour commencer le décodage par les paquets du premier niveau, permet de débloquent les niveaux supérieurs un par un.
- [0279] Suivant les Figures 10A, 10B, 10C, 10D, considérons un préambule d'acquisition donné, par exemple le préambule g_0 , et le pire scénario où tous les groupes de ce préambule d'acquisition appartenant aux différents niveaux ont transmis sur la trame qui comporte ici 8 tranches temporelles. Les paramètres N_S , N_P , N_L , considérés dans cet exemple de système de transmission, sont respectivement égaux à 8, 4 et 3.
- [0280] Le premier niveau, désigné par « Niveau 1 », utilise l'ensemble d'indices $E_{1,1} = \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, partagé par quatre groupes de terminaux utilisateurs, associés respectivement à des préambules d'acquisition différents g_0, g_1, g_2, g_3 , et ayant chacun quatre terminaux utilisateurs.
- [0281] Le deuxième niveau, désigné par « Niveau 2 », utilise un premier ensemble d'indices $E_{2,1} = \{0, 1, 2, 3\}$ et un deuxième ensemble d'indices $E_{2,2} = \{4, 5, 6, 7\}$. Le premier ensemble $E_{2,1}$ est partagé par deux premiers groupes $G_{2,0}, G_{2,1}$ de terminaux de deuxième niveau, associés aux préambules d'acquisition g_0, g_1 , et ayant chacun

deux terminaux utilisateurs. Le deuxième ensemble $E_{2,2}$ est partagé par deux deuxièmes groupes $G_{2,2}$, $G_{2,3}$ de terminaux de deuxième niveau, associés aux préambules d'acquisition g_2 , g_3 , et ayant chacun deux terminaux utilisateurs.

- [0282] Le troisième niveau, désigné par « Niveau 3 », utilise quatre ensembles d'indices $E_{3,1} = \{0,1\}$, $E_{3,2} = \{0,1\}$, $E_{3,3} = \{0,1\}$, $E_{3,4} = \{0,1\}$, associés respectivement aux groupes d'utilisateurs $G_{3,0}$, $G_{3,1}$, $G_{3,2}$, $G_{3,3}$ de troisième niveau, eux-mêmes associés aux préambules g_0 , g_1 , g_2 , g_3 , et ayant chacun abonné.
- [0283] Suivant la Figure 10A, le préambule d'acquisition g_0 pris comme exemple occupe au niveau 1 toute la trame correspondant à l'ensemble des indices de tranche $E_{1,1} = \{0,1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ et au niveau 2 les tranches temporelles correspondant à l'ensemble des indices de tranche $E_{2,1} = \{0, 1, 2, 3\}$, et au niveau 3 les tranches temporelles correspondant à l'ensemble des indices de tranche $E_{3,1} = \{0,1\}$.
- [0284] Il est à remarquer que les deuxièmes répliques du niveau 1 sont uniques sur la moitié des tranches temporelles de la trame. En supposant que tous les utilisateurs U_1 , U_2 , U_3 , U_4 de ce niveau sont décodés en appliquant le SIC, les 2 paquets du niveau 2 U_{17} , U_{18} auront aussi les deuxièmes répliques uniques sur la moitié de l'ensemble des slots $\{0...1...3\}$. Ainsi lorsque ces deux paquet sont décodés avec succès, le paquet U_{25} du niveau 1 sera aussi décodable. Cela reste valable pour tout groupe de préambule.
- [0285] Suivant la Figure 10B, les groupes des terminaux de premier niveau $G_{1,0}$, $G_{1,1}$ associés aux premier et deuxième préambules d'acquisition g_0 , g_1 sont configurés de sorte à utiliser de manière unique leur préambule dans les tranches temporelles de la moitié droite de la trame, i.e. les tranches temporelles dont les indices appartiennent à l'ensemble $\{4, 5, 6, 7\}$.
- [0286] Les groupes des terminaux de premier niveau $G_{1,2}$, $G_{1,3}$ associés aux deuxième et troisième préambules d'acquisition g_2 , g_3 sont configurés de sorte à utiliser de manière unique leur préambule dans les tranches temporelles de la moitié gauche de la trame, i.e. les tranches temporelles dont les indices appartiennent à l'ensemble $\{0, 1, 2, 3\}$.
- [0287] Il apparaît que la suppression successive des interférences SIC des paquets de niveau 1 permet de rendre uniques les préambules d'acquisition des terminaux abonnés du niveau 2 et ainsi de suite. De manière récurrente, chaque niveau de niveau inférieur i débloque le niveau supérieur suivant $i+1$, jusqu'à épuisement des niveaux.
- [0288] Ainsi tous les terminaux abonnés de « niveau 1 » à préambules d'acquisition uniques dans leurs tranches temporelles sur l'une des deux répliques, i.e. U_1 , U_2 , U_3 , U_4 , U_5 , U_6 , U_7 , U_8 , U_9 , U_{10} , U_{11} , U_{12} , U_{13} , U_{14} , U_{15} , U_{16} , peuvent être détectés et décodés.
- [0289] Suivant la [Fig.10C], une fois tous les paquets de « niveau 1 » décodés et supprimés par l'annulation successive d'interférences successive SIC, le même processus est répété. Alors, les terminaux utilisateurs de « niveau 2 » à préambules d'acquisition

uniques dans leurs tranches temporelles sur l'une des deux répliques, i.e. U_{17} , U_{18} , U_{19} , U_{20} , U_{21} , U_{22} , U_{23} , U_{24} , peuvent être détectés et décodés.

- [0290] Suivant la [Fig.10D], une fois tous les paquets de « niveau 2 » décodés et supprimés par l'annulation successive d'interférences successive SIC, le même processus est répété. Il ne reste plus que quatre terminaux utilisateurs de « niveau 3 » à préambules d'acquisition uniques dans leurs tranches temporelles. Ce sont les terminaux utilisateurs U_{25} , U_{26} , U_{27} , U_{28} .
- [0291] Ainsi, la technique de construction des groupes $G_{i,j}$, i variant de 1 à N_L et j variant de 0 à N_p , permet de s'affranchir des corrélations inter-tranche de localisation de répliques. Seuls des corrélations de préambules d'acquisition sont à effectuer.
- [0292] Suivant la [Fig.11], le procédé de transmission SPoTIT « intelligent », ici désigné par 302, comprend une première étape 306 et une deuxième étape 308 comme mode particulier de réalisation des première et deuxième étapes 106, 108 de la [Fig.3] dans le cas particulier où la fonction de distribution F est égale à une fonction F_{SMART} de distribution intelligente de ressources en termes de préambules d'acquisition et de positions de N_R répliques.
- [0293] Le procédé de transmission 302 SPoTIT « intelligent » comporte ici à l'instar du procédé de transmission 102 de la [Fig.3], une deuxième forme de réalisation 322 de la troisième étape 122 de la [Fig.3] comportant une quatrième étape 324 de récupération et décodage de paquets utilisant un protocole de décodage CRDSA et identique à la quatrième étape 124 de la [Fig.1], et une deuxième forme de réalisation 326 de la sixième étape 126 de la [Fig.1], comportant un quatrième ensemble 340 de sous-étapes.
- [0294] Les sous-étapes du quatrième sous-ensemble 340 consiste à :
- [0295] .- dans une première sous-étape 342, sélectionner selon un ordre prédéterminé ou suivant un critère prédéterminé une tranche temporelle de référence dans la trame en cours de traitement parmi les tranches temporelles pour lesquelles un conflit non résolu de paquets a été détecté ; puis
- [0296] .- dans une deuxième sous-étape 344, choisir de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé dans la tranche temporelle de référence sélectionnée une séquence d'acquisition détectée et choisie parmi une ou plusieurs séquences d'acquisition détectées dans ladite tranche temporelle de référence ; puis
- [0297] .- dans une troisième sous-étape 346, déterminer les positions dans la trame en cours de traitement des répliques possibles d'un même paquet associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie à partir de toutes les positions des tranches temporelles de la trame dans lesquelles la séquence d'acquisition détectée et choisie a été détecté par corrélation courte et à partir du graphe $\{u ; F_{SMART}(u)\}$; puis
- [0298] .- dans une quatrième sous-étape 348, identifier, parmi les tranches temporelles des

répliques possibles d'un même paquet ayant la même séquence d'acquisition détectée et choisie, une tranche temporelle n'ayant qu'une seule réplique associée à la séquence d'acquisition choisie, le terminal associé et les autres répliques associées correspondant au même paquet, à l'aide du graphe $\{u ; F_{\text{SMART}}(u)\}$; puis

- [0299] .- dans une cinquième sous-étape 352 de combinaison, calculer la somme des signaux en bande de base des répliques du terminal utilisateur identifié dont le paquet à décoder utilise la séquence d'acquisition détectée et choisie ; puis
- [0300] .- dans une sixième sous-étape 354, démoduler et décoder la somme calculée lorsque la somme comprend un niveau de bruit situé au-dessous d'un seuil de bruit déterminé ; puis
- [0301] .- dans une septième sous-étape 356, soustraire en bande de base du signal en cours de traitement le signal démodulé et décodé de la somme des répliques du paquet dans les tranches temporelles associées respectivement aux répliques de la somme.
- [0302] Par exemple, un critère de choix de la séquence d'acquisition détectée peut être fondé sur un critère d'ordonnement des rapports signal à bruit des séquences d'acquisition détectées.
- [0303] La ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant des valeurs de pics de corrélations courtes en bande base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues et le signal contenu dans la tranche temporelle de référence sélectionnée, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisitions pour chacune desquelles un pic de corrélation présente une valeur, supérieure ou égale à un premier seuil de corrélation courte prédéterminé.
- [0304] La ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant une pluralité de valeurs de corrélations courtes en bande de base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues dans la tranche temporelle de référence et les signaux contenus dans les tranches temporelles pour lesquelles l'utilisation des motifs de référence, attendus dans la tranche temporelle de référence, est possible en vertu du graphe $\{u ; F_{\text{SMART}}(u)\}$, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisition pour chacune desquelles la somme des carrés des modules des valeurs de corrélation correspondant à un même motif de référence présente une valeur, supérieure ou égale à un deuxième seuil de corrélation courte prédéterminé.
- [0305] La détection par corrélation courte de la ou des séquences d'acquisition dans la tranche temporelle de référence est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre la première sous-étape 342 et la deuxième sous-étape 344 de la sixième étape 326.

- [0306] La détection par corrélation courte de la séquence détectée et choisie dans les tranches temporelles restantes de la trame temporelle en cours de traitement est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre la deuxième sous-étape 344 et la troisième sous-étape 346 de la sixième étape 326.
- [0307] Il est à remarquer que la sixième étape peut comprendre également une huitième sous-étape 358 d'estimation des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de chaque réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base, la huitième sous-étape d'estimation 358 étant exécutée après la quatrième sous-étape 348 d'identification des répliques du paquet à décoder.
- [0308] Les principaux tests de performances réalisés se font en fonction de la charge du réseau en bits/symbole nommée G . Elle dépend du nombre d'utilisateurs N_U , le nombre de slots par trame/trame virtuelle N_s , le taux de codage R_c et l'ordre de la modulation utilisé M , telle que :
- [0309]
$$G = \frac{N_U}{N_s} R_c * \log_2(M) \text{ (bits / symbole)}$$
- [0310] Le taux de pertes en paquets PLR (en anglais Packet Loss Ratio) peut donc être mesuré pour une charge donnée et un rapport signal sur bruit SNR (Signal to Noise Ratio) donné en calculant la probabilité de pertes des paquets sur la trame. Le débit T en bits par symbole est quant à lui calculé de la manière suivante :
- $$T = G(1 - \text{PLR}(G)) \text{ (bits / symbole)}$$
- [0311] Suivant la [Fig.12], les évolutions du taux de pertes en paquets PLR en fonction de la charge du réseau G , exprimée en nombre de bits par symbole sont comparés pour quatre procédés de transmission utilisant un protocole différent.
- [0312] Il est supposé ici qu'une modulation de phase de type QPSK (en anglais « Quadrature Phase Shift Keying ») et un codage du standard 3GPP, i.e. un turbo-code de taux 1/3 sont utilisés par les quatre procédés de transmission.
- [0313] Une première courbe 404 représente en ordonnée l'évolution du taux de perte en paquets PLR en fonction de la charge du réseau G en abscisse pour un procédé de transmission utilisant un protocole CRDSA classique.
- [0314] Une deuxième courbe 406 représente en ordonnée l'évolution du taux de perte en paquets PLR en fonction de la charge du réseau G en abscisse pour un procédé de transmission utilisant un protocole SPoTIT « intelligent » selon l'invention de 2500 abonnés limité au premier niveau avec 100 tranches temporelles et 50 préambules d'acquisition.
- [0315] Une troisième courbe 408 représente en ordonnée l'évolution du taux de perte en paquets PLR en fonction de la charge du réseau G en abscisse pour un procédé de

transmission utilisant un protocole MARSALA classique.

- [0316] Une quatrième courbe 410 représente en ordonnée l'évolution du taux de perte en paquets PLR en fonction de la charge du réseau G en abscisse pour un procédé de transmission utilisant un protocole SPoTIT aléatoire selon l'invention de 2500 abonnés.
- [0317] Il apparait clairement sur la deuxième courbe 406, que le protocole SPoTIT intelligent, basé sur une gestion optimale, effectuée au niveau de la station de réception, des positions des répliques et du choix des préambules d'acquisition, et sur la prévention des boucles par l'utilisation d'un unique ou bien un nombre minimum potentiel du même préambule d'acquisition sur chaque tranche temporelle, améliore et présente les meilleures performances en termes de PLR en réduisant ou en enlevant le plancher créé par les boucles.
- [0318] En effet, le plancher d'erreurs est effectivement plus bas pour un nombre d'abonnés optimal sans boucles et sans corrélations de localisation (1500 abonnés par station de réception, 100 tranches temporelles par trame, deux répliques, ainsi que pour 2500 abonnés de zéro boucles et un minimum de corrélations de localisation. Le débit reste le même car l'effondrement se passe au niveau d'une charge de réseau G_{ef} de 1.7 bits/symbole. A ce niveau G_{ef} , le taux de perte en paquets PLR est dégradé de la même manière que dans les troisième et quatrième courbes 408, 410, associées respectivement à l'utilisation du protocole MARSALA classique et SPoTIT aléatoire.
- [0319] Il est à remarquer que les troisième et quatrième courbes 408, 410 présentent des performances d'amélioration identiques en termes de PLR par à la première courbe 404 représentant les performances d'un procédé de transmission, étant rappelé que le procédé de transmission utilisant le protocole SPoTIT « aléatoire » est moins complexe à mettre en œuvre en cas de blocage que le procédé de transmission utilisant un protocole MARSALA classique.
- [0320] Suivant la [Fig.13], l'évolution du nombre moyen de corrélations de localisation nécessaires pour décoder un paquet, dans le cas d'un procédé de transmission utilisant le protocole MARSALA-2 et d'un procédé de transmission utilisant le protocole SPoTIT aléatoire pour 2000 abonnés. Comme les protocoles SPoTIT aléatoire et MARSALA peuvent tester et parcourir un paquet à chaque fois que CRDSA est bloqué, deux cas ont été considérés.
- [0321] Un premier cas, désigné par « cas 1 » est le cas dans lequel, à chaque fois qu'un paquet est analysé avec SPoTIT aléatoire ou MARSALA, des corrélations de localisation sont effectuées ; en tenant compte du niveau du rapport signal sur bruit plus interférence SNIR qui est potentiellement plus élevé grâce au SIC de CRDSA et des fausses alarmes qui peuvent surgir quant aux pics de corrélation.
- [0322] Un deuxième cas, désigné par « cas 2 », est le cas dans lequel les corrélations de lo-

calisation pour le décodage d'un paquet ne sont effectuées qu'une seule fois lors de la première analyse par SPOTiT « aléatoire » ou MARSALA, en supposant ainsi que toutes les positions des répliques sur la trame sont visibles dès la première analyse sans fausses alarmes.

- [0323] Dans le premier cas, le nombre moyens de corrélations de localisation de réplique par paquet augmente considérablement avec l'augmentation de la charge du réseau G jusqu'à environ 262 pour une charge de 1,5 bits / symbole et pour le protocole MARSALA-2, comme le montre la première courbe 422 associée. Cela est dû un processus alternatif de va et vient entre le décodage MARSALA en cas de blocage et le décodage CRDSA en cas de déblocage jusqu'à ce que les deux soient bloqués. En comparaison, le décodage SPOTiT « aléatoire » atteint un maximum moyen de quatre corrélations de localisation de réplique pour une même charge de 1,5 bits / symbole comme le montre la deuxième courbe 424.
- [0324] Dans le deuxième cas, la complexité de MARSALA augmente progressivement lorsque le décodage classique du protocole CRDSA n'est plus efficace et le nombre moyens de corrélations de localisation de réplique par paquet augmente avec l'augmentation de la charge G jusqu'à environ 98, ce qui correspond à NS-1, pour G égal à 2 bits / symbole comme le montre la troisième courbe 426. En comparaison le décodage du protocole SPOTiT « aléatoire » atteint un maximum de 0,3 corrélation de réplique comme le montre la quatrième courbe 428.
- [0325] De manière générale, le procédé de transmission selon l'invention peut s'appliquer à différents systèmes de communication utilisant, par exemple, des satellites régénérateurs et/ou des connections sans fil terrestres, voir même des connections par câble.
- [0326] L'invention s'inscrit dans le cadre des communications par satellite, qui peut aussi être exploitée dans le domaine terrestre. Cela implique l'accès aléatoire qui s'avère être pratique dans le cas de l'internet des objets ou du Machine to Machine lorsque les méthodes d'accès classiques d'allocation de ressources se trouvent être insuffisantes en termes de ressources face au nombre important de terminaux à supporter. C'est d'autant plus vrai que dans ce type d'applications par satellite, il est important de minimiser les informations de signalisation où le RTT (Round Trip Time) est considérable.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de transmission de paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux,

le procédé de transmission étant mis en œuvre par un système de communications comprenant

.- une station de réception (6) ; et

.- une pluralité (8) d'au moins deux terminaux utilisateurs (10, 12, 14) activement connectés à la station de réception (6), et

.- un canal de transmission (4) à accès aléatoire (RA) depuis la pluralité (8) des terminaux utilisateurs jusqu'à la station de réception (6), utilisant un protocole d'accès aléatoire à diversité temporelle avec résolution de conflit inter-paquets ;

le procédé de transmission étant caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant en ce que

.- dans une première étape (106, 206 ; 306) préalable,

* une fonction F d'attribution et de distribution de ressources de transmission $F(u)$ partagées par la pluralité (8) des terminaux utilisateurs \underline{u} connectés à la station de réception (6), définie par un graphe $\{(u, F(u))\}$ dans lequel \underline{u} désigne un indice d'identification et de parcours des terminaux utilisateurs de la pluralité (8) et la ressource de transmission $F(u)$ associé à un terminal utilisateur \underline{u} inclut des positions d'un nombre entier N_R , supérieur ou égal à 2, de répliques d'un paquet à émettre par le terminal u , prise parmi des rangs de tranches temporelles d'une trame temporelle d'émission, et une séquence d'acquisition à insérer dans chacune des N_R répliques, prise dans une famille de séquences binaire pseudo-aléatoires quasi-orthogonales, est déterminée ; puis

* à chaque terminal utilisateur u connecté de la pluralité est fournie la composante associée du graphe $\{(u, F(u))\}$ tandis que la totalité du graphe est rendu disponible à bord de la station de réception (6); puis

.- dans une deuxième étape (108 ; 208 ; 308), chaque terminal utilisateur \underline{u} de la pluralité génère de manière aléatoire N_R répliques d'un paquet à transmettre dans les tranches temporelles de la trame émission ayant les positions temporelles attribuées par la composante de graphe dudit terminal et dans lesquelles est insérée la séquence binaire d'acquisition attribuée par la composante de graphe dudit terminal ; et

.- dans une troisième étape (122 ; 222 ; 322) de décodage des paquets

reçus, le graphe $\{(u, F(u))\}$ de la fonction d'attribution et de distribution est exploité par la station de réception (6) pour combiner les signaux ayant un même signal d'acquisition dans les N_R positions possibles de répliques d'un même paquet.

- [Revendication 2] Procédé de transmission selon la revendication 1, dans lequel
- la famille de séquences binaires pseudo-aléatoires quasi-orthogonales est choisie parmi les codes utilisés par les systèmes à accès multiples par répartition de code, tels que les codes de Gold et les codes de Gold étendus en longueur ; et/ou
 - .- la séquence binaire d'acquisition est située en tête comme préambule ou à l'intérieur ou en queue de chaque réplique ; et/ou.
 - .- chaque réplique transmise comporte un ou plusieurs symboles de garde définissant un intervalle de garde.
- [Revendication 3] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 2, dans lequel la deuxième étape (108 ; 208 ; 308) comporte une sous-étape de codage de la réplique par un contrôle de redondance et/ou un codage de corrections des erreurs FEC, ladite sous-étape de codage étant effectuée avant l'insertion d'une séquence binaire d'acquisition.
- [Revendication 4] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans laquelle la deuxième étape (108 ; 208 ; 308) comporte une sous-étape d'insertion d'information de signalisation, exécutée avant la sous-étape de codage de la réplique.
- [Revendication 5] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, dans lequel le canal de transmission aléatoire (4), partagé par les terminaux utilisateurs, est un canal de transmission de voie retour sans fil et la station de réception (6) est un satellite ou une passerelle de connexion à un réseau terrestre (28) de communications ou une station d'un réseau terrestre de communications.
- [Revendication 6] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans laquelle la troisième étape de décodage (122) comprend :
- .- une quatrième étape (124 ; 224 ; 324) de récupération et de décodage de paquets utilisant un protocole de décodage classique CRDSA ou une cinquième étape de récupération et décodage de paquets utilisant un protocole ACRDA, la quatrième ou la cinquième étape étant exécutée après les première et deuxième étapes (106, 108 ; 206 ; 208 ; 306, 308) respectivement sur une trame physique actuelle de réception ou sur une fenêtre glissante englobant un certain nombre de trames virtuelles propres aux terminaux utilisateurs; et

.- une sixième étape (126 ; 226 ; 326) d'analyse et de traitement complémentaires pour décoder des paquets interférés non résolus par la quatrième (124 ; 224 ; 324) ou la cinquième étape, la sixième étape (126 ; 226 ; 326) étant déclenchée lorsqu'il existe au moins un paquet interféré de la trame non résolu lors de l'exécution de la quatrième ou cinquième étape.

[Revendication 7]

Procédé de transmission selon la revendication 6, dans lequel la quatrième étape (124 ; 224, 324) de récupération et de décodage utilisant un protocole de décodage classique CRDSA comprend un deuxième ensemble de sous-étapes consistant à

.- identifier (132) à l'intérieur d'un signal reçu, des répliques qui ne sont pas affectées par des collisions destructives avec des répliques d'autres paquets ; puis

.- extraire (134) de l'information contenue dans les répliques identifiées ;

.- localiser temporellement (136) la ou les autres répliques du même paquet en utilisant les informations des positions temporels des répliques fournis par les composantes du graphe $\{(u, R(u))\}$ et/ou une information de signalisation extraite des répliques décodées et identifiées ;

.- effacer en bande de base complexe (138) ladite ou desdites autres répliques par un algorithme d'effacement d'interférence, lorsqu'elle ou elles sont affectées par des collisions destructives avec des répliques d'autres paquets ; et

.- identifier (140) d'autres paquets qui, après ladite sous-étape d'effacement (138), ne sont plus affectés par des collisions destructives et extraire de l'information qui y est contenue.

[Revendication 8]

Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel

la fonction F , désignée par F_{PSR} suivant un premier mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe pseudo-aléatoire des vecteurs de positions des N_R répliques des paquets au sein de la trame temporelle et des séquences d'acquisition associées aux paquets et chacune de leurs répliques qui dépendent des terminaux utilisateurs de la pluralité (8) via une graine d'entrée de la fonction F_{PSR} qui dépend de manière représentative de l'identifiant de chaque terminal, la distribution des vecteurs des positions des N_R répliques et des séquences d'acquisition de la fonction de distribution F_{PSR} ayant un profil de distribution sensiblement uniforme sur l'ensemble de tous les vecteurs

possibles de positions de N_R répliques et de toutes les séquences d'acquisition possibles lorsque le nombre de terminaux utilisateur est suffisamment grand.

[Revendication 9]

Procédé de transmission selon la revendication 8, dans lequel

.- pour chaque terminal utilisateur u , la graine $x(u)$ associée au terminal utilisateur u est fixe temporellement et représente l'identifiant $HID(u)$ du terminal u ; ou

.- pour chaque terminal u , la graine $x(u)$ associée au terminal utilisateur u est dynamique et varie à chaque trame, en utilisant notamment un algorithme représentatif des variations du produit de l'identifiant HID du terminal u et un identifiant FID de la trame représentatif de son rang temporel dans un ordre séquentiel de défilement de trames.

[Revendication 10]

Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 8 à 9, dans lequel

la fonction F_{PSR} de distribution déterministe pseudo-aléatoire est paramétré par le nombre total N_S de tranches temporelles par trame et le nombre total N_P de séquences d'acquisition.

[Revendication 11]

Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, dans lequel

la sixième étape (226) comprend un troisième ensemble (240) de sous-étapes consistant à :

.- sélectionner (242) de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé une tranche temporelle de référence dans la trame en cours de traitement parmi les tranches temporelles pour lesquelles un conflit non résolu de paquets a été détecté ; puis

.- choisir (244) de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé dans la tranche temporelle de référence sélectionnée une séquence d'acquisition détectée et choisie parmi une ou plusieurs séquences d'acquisition détectées dans ladite tranche temporelle de référence ; puis

.- déterminer (246) les positions dans la trame en cours de traitement des répliques possibles d'un même paquet associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie à partir de toutes les positions des tranches temporelles de la trame dans lesquelles la séquence d'acquisition détectée et choisie a été détecté par corrélation courte et à partir du graphe $\{u ; F_{PSR}(u)\}$; puis

.- calculer (248) les corrélations de localisation de répliques possibles entre le signal bande base reçu dans la tranche temporelle de référence et les signaux bande des tranches temporelles ayant les positions dé-

terminées dans la sous-étape (246) ; puis

.- déterminer (250) les tranches temporelles des répliques du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie comme les tranches temporelles ayant une valeur de corrélation de localisation supérieur à une valeur de corrélation de localisation pré-déterminée puis

.- dans une sous-étape de combinaison (252), calculer la somme des signaux en bande de base des répliques localisées du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie ; puis

.- démoduler et décoder (254) la somme calculée lorsque la somme comprend un niveau de bruit situé au-dessous d'un seuil de bruit déterminé ; puis

.- soustraire en bande de base (256) du signal en cours de traitement le signal démodulé et décodé des répliques localisées du paquet de la tranche temporelle associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie.

[Revendication 12]

. Procédé de transmission selon la revendication 11, dans lequel la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant des valeurs de pics de corrélations courtes en bande base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues et le signal contenu dans la tranche temporelle de référence sélectionnée, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisitions pour chacune desquelles un pic de corrélation présente une valeur, supérieure ou égale à un premier seuil de corrélation courte prédéterminé, ou

la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant une pluralité de valeurs de corrélations courtes en bande de base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues dans la tranche temporelle de référence et les signaux contenus dans les tranches temporelles pour lesquelles l'utilisation des motifs de référence, attendus dans la tranche temporelle de référence, est possible en vertu du graphe $\{u ; F_{PSR}(u)\}$, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisition pour chacune desquelles la somme des carrés des modules des valeurs de corrélation correspondant à un même motif de référence présente une valeur, supérieure ou égale à un deuxième seuil de corrélation courte pré-déterminé.

- [Revendication 13] Procédé de transmission selon la revendication 11 ou la revendication 12, dans lequel
- .- la détection par corrélation courte de la ou des séquences d'acquisition dans la tranche temporelle de référence est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes (242) et (244) de la sixième étape (226) ; et
 - .- la détection par corrélation courte de la séquence détectée et choisie dans les tranches temporelles restantes de la trame temporelle en cours de traitement est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes (244) et (246) de la sixième étape (226).
- [Revendication 14] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 11 à 13, comprenant en outre une sous-étape d'estimation (258) des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de chaque réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base, la sous-étape d'estimation (258) étant exécutée après la sous-étape (250) de localisation des répliques.
- [Revendication 15] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel
- la fonction F d'attribution et de distribution de ressources, désignée par F_{SMART} suivant un deuxième mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe « intelligente » des vecteurs de positions des N_R répliques au sein de chaque trame parmi l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques dans l'ensemble des tranches temporelles de la trame et des séquences d'acquisition associées aux différentes répliques émises parmi toutes les séquences d'acquisition possibles, déterminée de sorte à minimiser, voire annuler, le nombre de boucles de données possibles dans lesquelles les terminaux utilisateurs connectés de la pluralité utilisent les mêmes positions de répliques.
- [Revendication 16] Procédé de transmission selon la revendication 15, dans lequel
- le graphe $\{(u, F_{\text{SMART}}(u))\}$ étant déterminé de sorte à faire correspondre à chaque séquence d'acquisition g_j utilisée de l'ensemble des séquences d'acquisition $\{g_j\}$, un ensemble T_j de terminaux utilisateurs U_{jk} et une pluralité de vecteurs $V_{jk}(P_{gj}(1), \dots, P_{gj}(N_R))$ de positions de N_R

répliques différents entre eux par au moins une position.

[Revendication 17]

Procédé de transmission selon la revendication 16, dans lequel le nombre de répliques N_R transmises par paquet est égal à deux, et le nombre de tranches temporelles par trame est un nombre pair, et le nombre N_P de séquences d'acquisition g_j de l'ensemble des séquences d'acquisitions $\{g_j\}$ est égal à la moitié du nombre N_S de tranches temporelles par trame, j désignant un indice d'identification de la séquence d'acquisition variant de 0 à $N_P - 1$; et

le cardinal N_U de la pluralité (8) des terminaux utilisateurs est égal au nombre maximum de terminaux utilisateurs n'utilisant que des détections basés sur les séquences d'acquisition suivant la relation :

$$N_U = N_S * N_S / 4$$

[Revendication 18]

Procédé de transmission selon la revendication 16, dans lequel le nombre de répliques N_R transmises par paquet est égal à deux, et le nombre de tranches temporelle N_S pour chaque trame est une puissance de 2 qui s'écrit : $N_S = 2^{N_L}$, N_L désignant le nombre de niveaux pour des décalages circulaires, et

le nombre N_P de séquences d'acquisition g_j de l'ensemble des séquences d'acquisitions $\{g_j\}$ est égal à la moitié du nombre N_S de tranches temporelles par trame, j désignant un indice d'identification de la séquence d'acquisition variant de 0 à $N_P - 1$; et

le cardinal N_U de la pluralité (8) des terminaux utilisateurs est égal au nombre maximum de terminaux utilisateurs n'utilisant que des détections basés sur les séquences d'acquisition suivant la relation :

$$N_U = N_S * (N_S - 1) / 2$$

[Revendication 19]

Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 15 à 18, dans lequel

la sixième étape (326) comprend un quatrième ensemble (340) de sous-étapes consistant à :

.- sélectionner (342) de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé une tranche temporelle de référence dans la trame en cours de traitement parmi les tranches temporelles pour lesquelles un conflit non résolu de paquets a été détecté ; puis

.- choisir (344) de manière arbitraire ou suivant un critère prédéterminé dans la tranche temporelle de référence sélectionnée une séquence d'acquisition détectée et choisie parmi une ou plusieurs séquences d'acquisition détectées dans ladite tranche temporelle de référence ; puis

.- déterminer (346) les positions dans la trame en cours de traitement des répliques possibles d'un même paquet associée à la séquence d'acquisition détectée et choisie à partir de toutes les positions des tranches temporelles de la trame dans lesquelles la séquence d'acquisition détectée et choisie a été détecté par corrélation courte et à partir du graphe $\{u ; F_{SMART}(u)\}$; puis

.- parmi les tranches temporelles des répliques possibles d'un même paquet ayant la même séquence d'acquisition détectée et choisie, identifier (348) une tranche temporelle n'ayant qu'une seule réplique associée à la séquence d'acquisition choisie, le terminal associé et les autres répliques associé correspondant au même paquet à l'aide du graphe $\{u ; F_{SMART}(u)\}$; puis

.- dans une sous-étape de combinaison (352), calculer la somme des signaux en bande de base des répliques du terminal utilisateur identifié dont le paquet à décoder utilise la séquence d'acquisition détectée et choisie ; puis

.- démoduler et décoder (354) la somme calculée lorsque la somme comprend un niveau de bruit situé au-dessous d'un seuil de bruit déterminé ; puis

.- soustraire en bande de base (356) le signal démodulé et décodé des répliques de la somme du signal en cours de traitement dans les tranches temporelles associées respectivement aux répliques de la somme.

[Revendication 20]

Procédé de transmission selon la revendication 19, dans lequel la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant des valeurs de pics de corrélations courtes en bande base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues et le signal contenu dans la tranche temporelle de référence sélectionnée, et en sélectionnant comme séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisitions pour chacune desquelles un pic de corrélation présente une valeur, supérieure ou égale à un premier seuil de corrélation courte prédéterminé, ou

la ou les séquences d'acquisition détectées sont déterminées en calculant une pluralité de valeurs de pics de corrélations courtes en bande de base entre les motifs de référence des séquences d'acquisition possibles attendues dans la tranche temporelle de référence et les signaux contenus dans les tranches temporelles pour lesquelles l'utilisation des motifs de référence, attendus dans la tranche temporelle de référence, est possible en vertu du graphe $\{u ; F_{SMART}(u)\}$, et en sélectionnant comme

séquences d'acquisition détectées les séquences d'acquisition pour chacune desquelles la somme des carrés des modules des valeurs de corrélation correspondant à un même motif de référence présente une valeur, supérieure ou égale à un deuxième seuil de corrélation courte prédéterminé.

- [Revendication 21] Procédé de transmission selon la revendication 19 ou la revendication 20, dans lequel
- .- la détection par corrélation courte de la ou des séquences d'acquisition dans la tranche temporelle de référence est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes (342) et (344) de la sixième étape (326) ; et
 - .- la détection par corrélation courte de la séquence détectée et choisie dans les tranches temporelles restantes de la trame temporelle en cours de traitement est effectuée au cours du processus de décodage classique du protocole CRDSA peu avant son blocage et sa suspension ou dans une sous-étape intermédiaire de détection par corrélation courte, interposée entre les sous-étapes (344) et (346) de la sixième étape (326).
- [Revendication 22] Procédé de transmission selon l'une quelconque des revendications 19 à 21, dans lequel la sixième étape (326) comprend en outre une sous-étape d'estimation (358) des paramètres de fréquence, de temporisation, de phase et d'amplitude de chaque réplique localisée servant à calculer le signal somme en bande de base, la sous-étape d'estimation (358) étant exécutée après la sous-étape (348) d'identifier d'une tranche temporelle n'ayant qu'une seule réplique associée à la séquence d'acquisition choisie.
- [Revendication 23] Système de communications pour transmettre des paquets de données à travers un canal de transmission (RA) à accès aléatoire, partagé par une pluralité de terminaux, comprenant :
- .- une station de réception (6); et
 - .- une pluralité (8) d'au moins deux terminaux utilisateurs (10, 12, 14) activement connectés à la station de réception (6), et
 - .- un canal de transmission (4) à accès aléatoire (RA) depuis la pluralité (8) des terminaux utilisateurs (10, 12, 14) jusqu'à la station de réception (6), utilisant un protocole d'accès aléatoire à diversité temporelle avec résolution de conflit inter-paquets;
- le système de communication étant caractérisé en ce que :

.- la station de réception est configurée pour déterminer et/ou enregistrer, dans une première étape préalable, une fonction F d'attribution et de distribution de ressources de transmission $F(u)$ partagées par la pluralité de terminaux utilisateurs \underline{u} , connectés à la station de réception (6), définie par un graphe $\{(u, F(u))\}$ dans lequel \underline{u} désigne un indice d'identification et de parcours des terminaux utilisateurs de la pluralité (8) et la ressource de transmission $F(u)$ associé à un terminal utilisateur u inclut des positions temporelles d'un nombre entier N_R , supérieur ou égal à 2, de répliques d'un paquet à émettre par le terminal u , prise parmi des rangs de tranches temporelles d'une trame temporelle d'émission, et une séquence d'acquisition à insérer dans chacune des N_R répliques, prise dans une famille de séquences pseudo-aléatoires quasi-orthogonales ; et

.- chaque terminal utilisateur u connecté est configuré pour, dans une première étape, recevoir ou générer, la composante associée du graphe $\{(u, F(u))\}$; puis dans une deuxième étape, générer de manière aléatoire N_R répliques d'un paquet à transmettre dans les tranches temporelles de la trame émission ayant les positions temporelles attribuées par la composante de graphe dudit terminal et dans lesquelles est insérée la séquence binaire d'acquisition attribuée par la composante de graphe dudit terminal ; et

.- la station de réception (6) est configurée pour, dans une troisième étape de décodage des paquets reçus, exploiter le graphe $\{(u, F(u))\}$ de la fonction d'attribution et de distribution pour combiner les signaux ayant un même signal d'acquisition dans les N_R positions possibles de répliques d'un même paquet .

[Revendication 24]

Système de communications selon la revendication 23, dans laquelle la fonction F , désignée par F_{PSR} suivant un premier mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe pseudo-aléatoire des vecteurs de positions des N_R répliques des paquets au sein de la trame temporelle et des séquences d'acquisition associées aux paquets et chacune de leurs répliques qui dépendent des terminaux utilisateurs de la pluralité (8) via une graine d'entrée de la fonction F_{PSR} qui dépend de manière représentative de l'identifiant de chaque terminal, la distribution des vecteurs des positions des N_R répliques et des séquences d'acquisition de la fonction de distribution F_{PSR} ayant un profil de distribution sensiblement uniforme sur l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques et de toutes les séquences

d'acquisition possibles lorsque le nombre de terminaux utilisateur est suffisamment grand.

[Revendication 25] Système de communications selon la revendication 23, dans laquelle la fonction F d'attribution et de distribution de ressources, désignée par F_{SMART} suivant un deuxième mode de réalisation, est une fonction d'attribution et de distribution déterministe « intelligente » des vecteurs de positions des N_R répliques au sein de chaque trame parmi l'ensemble de tous les vecteurs possibles de positions de N_R répliques dans l'ensemble des tranches temporelles de la trame et des séquences d'acquisition associées aux différentes répliques émises parmi toutes les séquences d'acquisition possibles, déterminée de sorte à minimiser, voire annuler, le nombre de boucles de données possibles dans lesquelles les terminaux utilisateurs connectés de la pluralité utilisent les mêmes positions de répliques.

[Fig. 1]

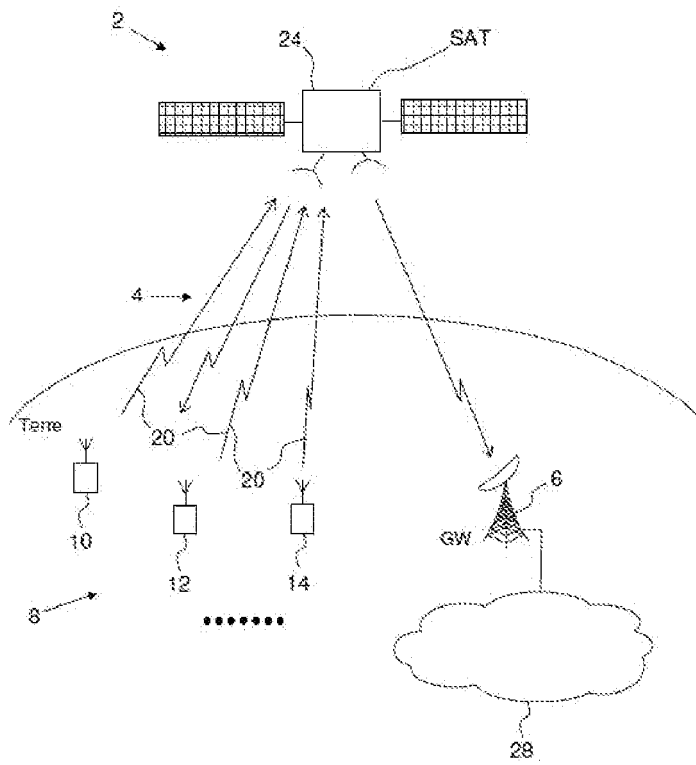


FIG.1

[Fig. 2]

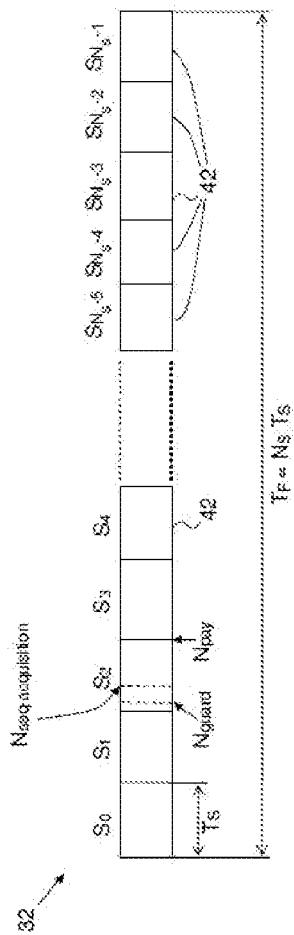


FIG.2

[Fig. 3]

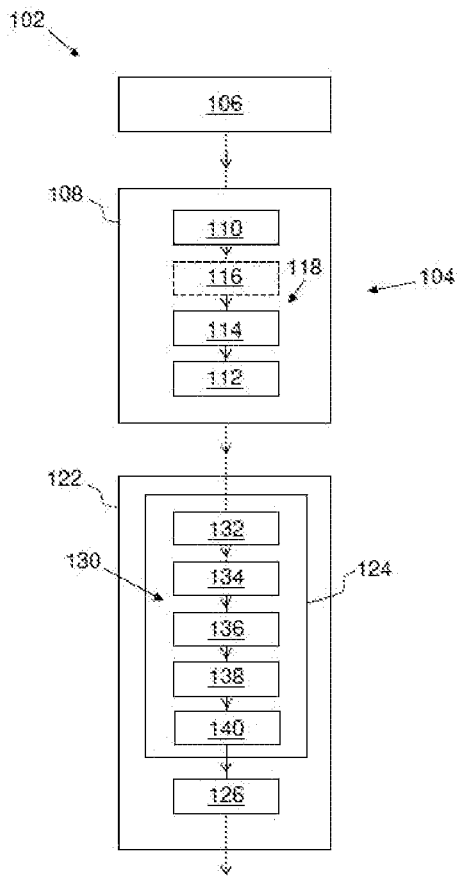
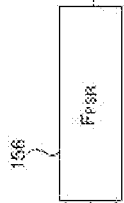


FIG. 3

[Fig. 5B]

Graines G ₁ (i)	% réplique	Zone réplique	Probabilité P ₁ (i)	Pr i
G ₁ (1)	P ₁ (1)	P ₁ (1)	P ₁ (1)	1
G ₁ (2)	P ₁ (2)	P ₁ (2)	P ₁ (2)	2
G ₁ (3)	P ₁ (3)	P ₁ (3)	P ₁ (3)	3
...
G ₁ (N)	P ₁ (N)	P ₁ (N)	P ₁ (N)	N



1 à N₁, ... l'ensemble des graines
 N₁: Nombre de sibs
 N₁: Nombre de probabilités

FIG.5B

[Fig. 6]

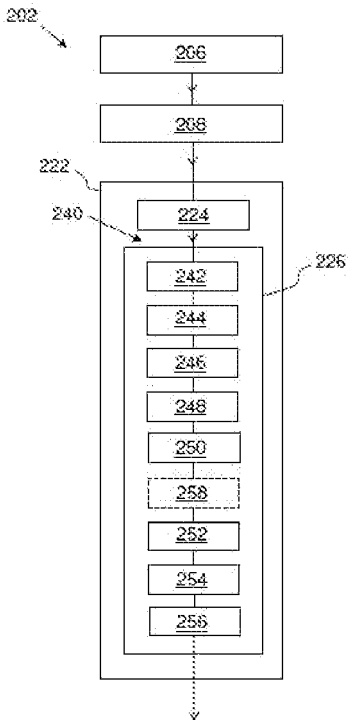


FIG.6

[Fig. 7A]

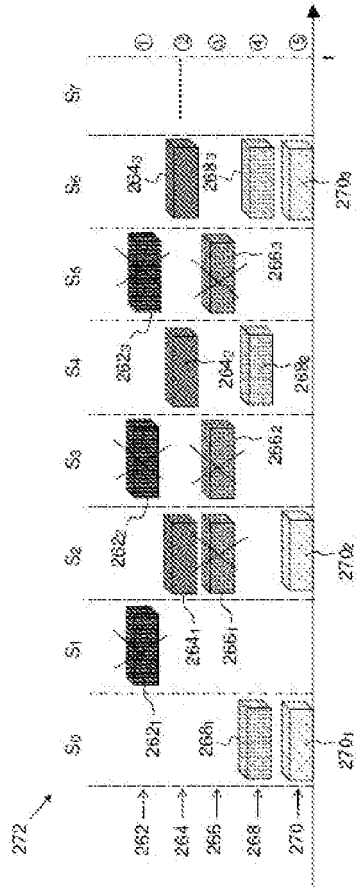


FIG.7A

[Fig. 7B]

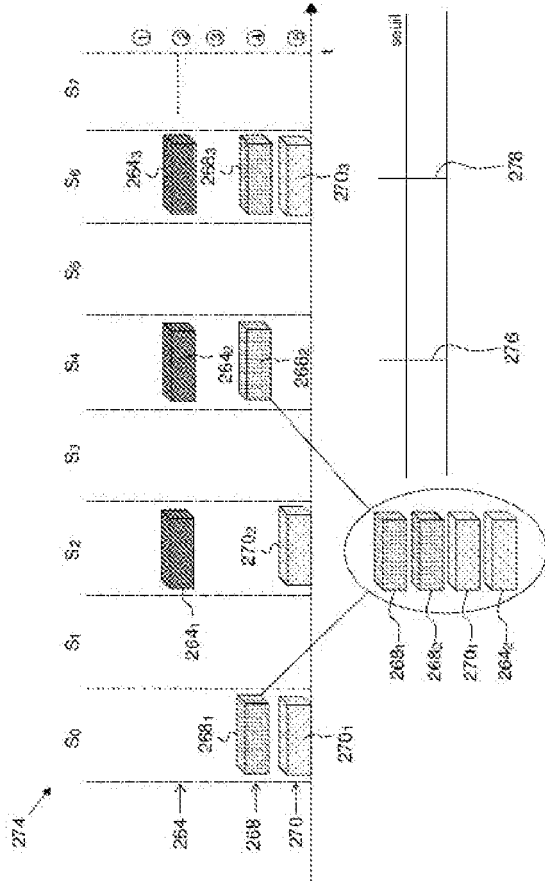


FIG.7B

[Fig. 7C]

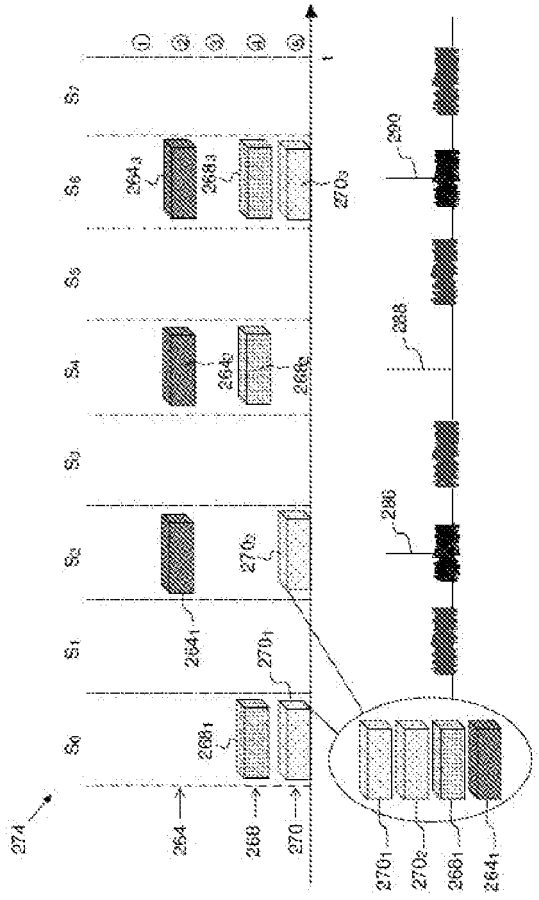


FIG.7C

[Fig. 8]

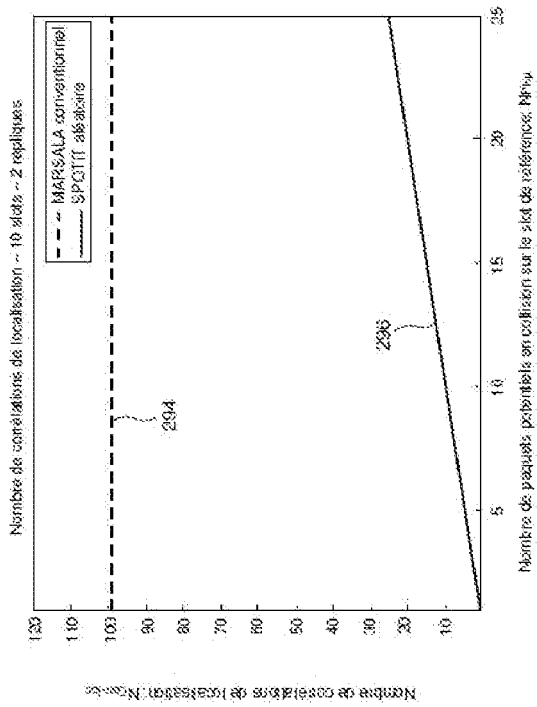


FIG.8

[Fig. 9A]

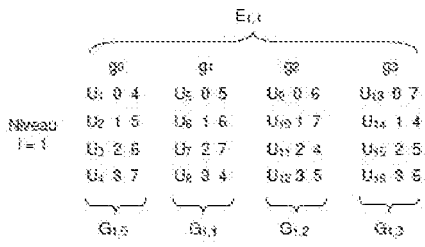


FIG.9A

[Fig. 9B]

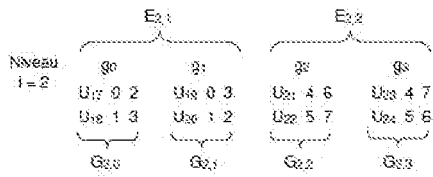


FIG.9B

[Fig. 9C]

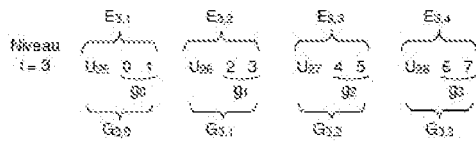


FIG.9C

[Fig. 10A]

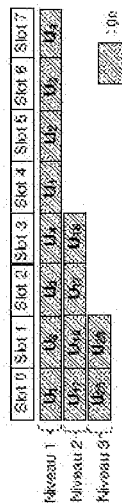
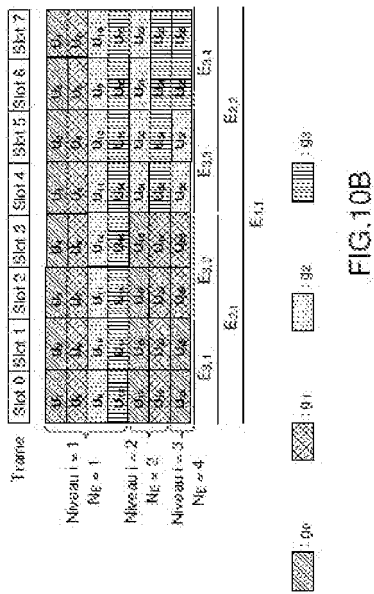
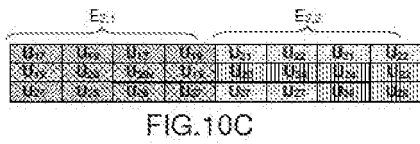


FIG.10A

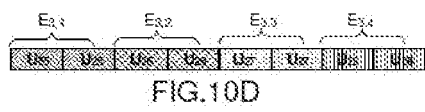
[Fig. 10B]



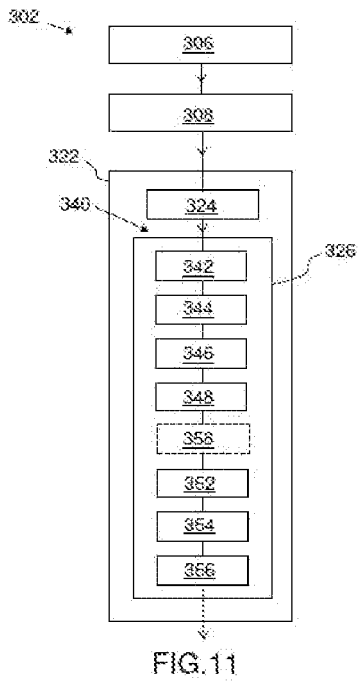
[Fig. 10C]



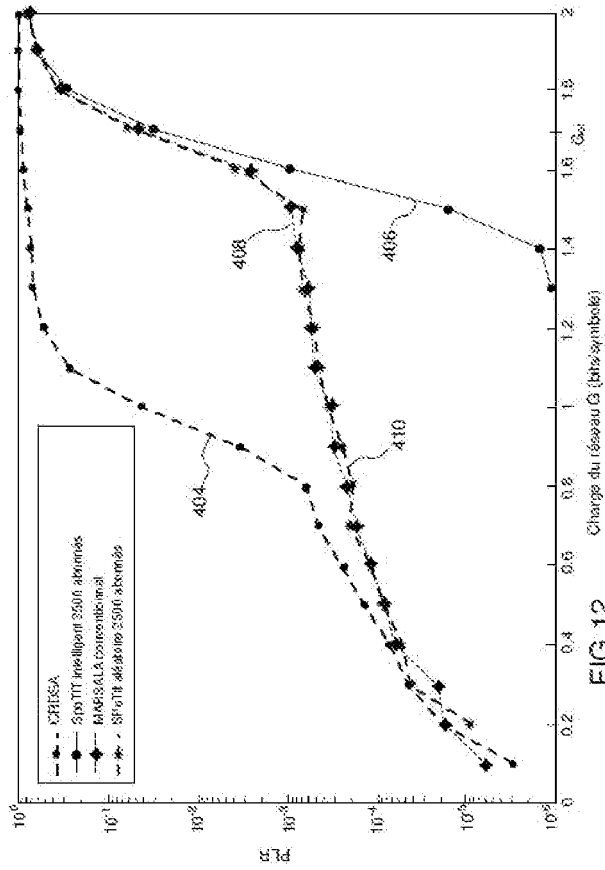
[Fig. 10D]



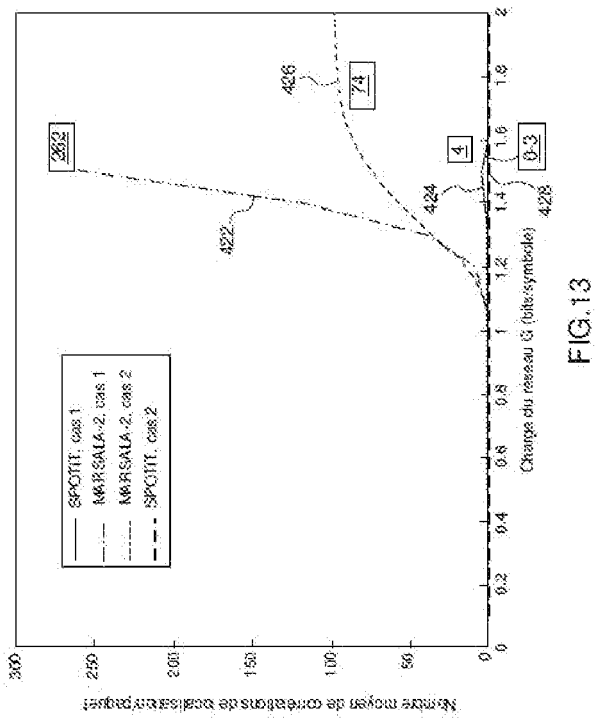
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

BUI HUYEN-CHI ET AL: "A Multi-Replica Decoding Technique for Contention Resolution Diversity Slotted Aloha", 2015 IEEE 82ND VEHICULAR TECHNOLOGY CONFERENCE (VTC2015-FALL), IEEE, 6 septembre 2015 (2015-09-06), pages 1-5, XP032856979, DOI: 10.1109/VTCFALL.2015.7390798 [extrait le 2016-01-25]

ZIDANE KARINE ET AL: "Enhancement of MARSALA random access with coding schemes, power distributions and maximum ratio combining", 2016 8TH ADVANCED SATELLITE MULTIMEDIA SYSTEMS CONFERENCE AND THE 14TH SIGNAL PROCESSING FOR SPACE COMMUNICATIONS WORKSHOP (ASMS/SPSC), IEEE, 5 septembre 2016 (2016-09-05), pages 1-8, XP032983786, DOI: 10.1109/ASMS-SPSC.2016.7601533 [extrait le 2016-10-19]

BOYD CHRISTOPHER ET AL: "Combinatorial code designs for ultra-reliable IoT random access", 2017 IEEE 28TH ANNUAL INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PERSONAL, INDOOR, AND MOBILE RADIO COMMUNICATIONS (PIMRC), IEEE, 8 octobre 2017 (2017-10-08), pages 1-5, XP033321679, DOI: 10.1109/PIMRC.2017.8292784 ISBN: 978-1-5386-3529-2 [extrait le 2018-02-14]

CASINI E ET AL: "Contention Resolution Diversity Slotted ALOHA (CRDSA): An Enhanced Random Access Scheme for Satellite Access Packet Networks", IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 6, no. 4, 1 avril 2007 (2007-04-01), pages 1408-1419, XP011383389,

ISSN: 1536-1276, DOI:
10.1109/TWC.2007.348337

**3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND
DE LA VALIDITE DES PRIORITES**

ZAMOUM SELMA ET AL: "Shared Position
Technique for Interfered Random
Transmissions in Satellite
Communications",
2018 9TH ADVANCED SATELLITE MULTIMEDIA
SYSTEMS CONFERENCE AND THE 15TH SIGNAL
PROCESSING FOR SPACE COMMUNICATIONS
WORKSHOP (ASMS/SPSC), IEEE,
10 septembre 2018 (2018-09-10), pages 1-8,
XP033430991,
DOI: 10.1109/ASMS-SPSC.2018.8510732
[extrait le 2018-10-25]