

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 128 604**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
21 N° d'enregistrement national : **21 11406**

51 Int Cl⁸ : **H 04 W 72/04 (2022.01), H 04 H 20/42, H 04 W 4/42, 16/22, 24/00**

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22 Date de dépôt : 27.10.21.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 28.04.23 Bulletin 23/17.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

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

72 Inventeur(s) : **MICHEL François, HARAMBILLET Pierre et Bouillet Pierre.**

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

74 Mandataire(s) : **Lavoix.**

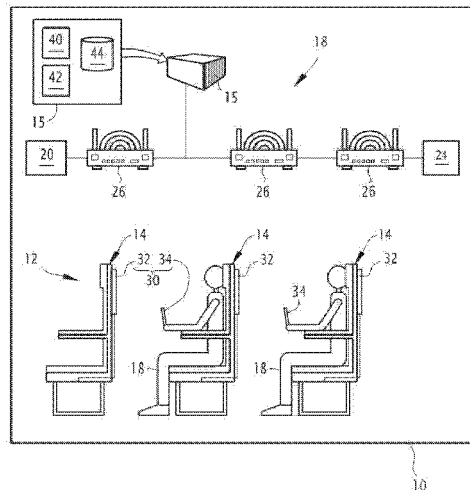
54 Procédé d'allocation dans un réseau de transmission de données embarqué dans un engin mobile de transport de passagers et programme d'ordinateur associé.

57 Procédé d'allocation dans un réseau de transmission de données embarqué dans un engin mobile de transport de passagers et programme d'ordinateur associé

La présente invention concerne un procédé d'allocation dans un réseau de transmission (18) embarqué dans un engin mobile (10), le réseau comprenant des points d'accès (26) sans fil configurés pour émettre et recevoir, sur un canal de fonctionnement, des signaux radioélectriques entre ledit point d'accès et une pluralité de terminaux (30).

Le procédé comprend les étapes suivantes :
fourniture d'un modèle numérique de l'engin mobile et des points d'accès; pour chaque canal disponible et pour chaque point d'accès, simulation de la propagation des signaux depuis ledit point d'accès sur ledit canal disponible; pour chaque canal disponible, pour chaque point d'accès et pour chaque terminal, détermination d'une bande passante estimée associée en fonction de la simulation; allocation de l'un des canaux disponibles et de l'un des points d'accès à chaque terminal en fonction des bandes passantes estimées.

Figure pour l'abrégé: Figure 2



FR 3 128 604 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé d'allocation dans un réseau de transmission de données embarqué dans un engin mobile de transport de passagers et programme d'ordinateur associé

- [0001] La présente invention concerne un procédé d'allocation dans un réseau de transmission de données embarqué dans un engin mobile de transport de passagers.
- [0002] L'invention concerne aussi un programme d'ordinateur associé à un tel procédé d'allocation.
- [0003] L'engin mobile est en particulier un aéronef propre à transporter des passagers dans une cabine.
- [0004] On connaît, principalement à bord des avions long-courriers de l'aviation commerciale, des systèmes permettant aux passagers de se connecter depuis leurs téléphones portables, tablettes ou ordinateurs à un réseau Wi-Fi à bord. Dans ce qui suit, un réseau Wi-Fi est un réseau qui respecte l'ensemble de normes IEEE 802.11.
- [0005] Ce réseau Wi-Fi donne notamment accès au réseau internet en passant par une connexion satellitaire ou par une antenne au sol. On parle alors d'« IFC » (de l'anglais « In Flight Connectivity » ou « connectivité à bord » en français)
- [0006] Ce réseau Wi-Fi donne également accès à du contenu (films, musique, jeux) stocké dans un serveur à bord de l'aéronef. On parle alors de « Wireless IFE » (de l'anglais « Wireless In flight Entertainment » ou « divertissement à bord sans fil » en français).
- [0007] De manière connue en soi, un tel système IFE comprend une pluralité de terminaux de divertissement, également appelés terminaux utilisateurs, se présentant généralement sous la forme d'écrans individuels ou de tablettes. Chaque terminal de divertissement est intégré par exemple dans le siège du passager ou dans le siège devant celui-ci. Chaque terminal de divertissement est en variante une tablette numérique ou un téléphone intelligent (ou « smart phone » en anglais).
- [0008] Ainsi disposés, ces terminaux de divertissement permettent aux passagers de consulter des contenus multimédias lors du vol (par exemple des films, des émissions de TV, des jeux ou de la musique) et d'être informés sur le déroulement du vol (altitude, vitesse, position courante, avancement, etc.).
- [0009] Dans certains cas, ces terminaux de divertissement permettent également de donner certaines informations pratiques concernant par exemple l'aéroport d'arrivée et de diffuser des annonces faites par l'équipage sous la forme sonore et/ou vidéo.
- [0010] Le réseau Wi-Fi est constitué d'équipements, notamment de type WAP (en anglais « Wireless Access Point » ou « point d'accès sans fil » en français). Le terminal de chaque passager est connecté à un instant donné à un unique WAP qui lui fournit la

liaison de donnée. Un WAP dessert une partie des passagers de la cabine. Le nombre de WAP et leurs emplacements dépend du type avion : un avion mono-couloir possède 3 WAP, ou 4 WAP et de manière générale un avion long-courrier double allée possède 6 WAP. Les WAP sont typiquement installés entre le plafond de la cabine et la peau de l'avion généralement proche de l'axe médian de l'aéronef.

- [0011] Toutefois, l'environnement métallique de la cabine et la densité de connexion (un terminal utilisateur par siège) limite fortement la bande passante disponible pour chacun des équipements des passagers. En outre, une communication entre deux terminaux utilisateurs passe forcément par un équipement WAP.
- [0012] Or, le réseau Wi-Fi n'a pas été conçu pour un environnement dense, autrement dit un grand nombre de clients dans un petit espace, ce qui est le cas d'une cabine passager d'un aéronef. Dans une cabine, afin d'éviter les interférences, un seul canal peut être utilisé à un instant donné entre un WAP et un client Wi-Fi, autrement dit deux WAP ne peuvent pas utiliser le même canal à un instant donné.
- [0013] De plus, les dernières normes Wi-Fi utilisent des porteuses à haute fréquence (entre 5 Ghz et 7 Ghz) qui sont sensibles au masquage par les sièges et les compartiments de coffre à bagage. Ainsi, la réception du signal Wi-Fi est plus ou moins bonne en fonction de la position respective du WAP et du client Wi-Fi (tablette, téléphone, ordinateurs, ...). Ainsi, on constate une forte disparité dans les débits accessibles en fonction du siège où se trouve le passager.
- [0014] Ces deux phénomènes d'interférences et de masquage rendent difficile la distribution d'un débit satisfaisant à toute une cabine, par exemple un débit moyen supérieur à 2 Mbit/s par passager.
- [0015] Ainsi, au vu de ces contraintes, le nombre d'utilisateurs d'un réseau Wi-Fi à bord d'un aéronef est limité. En effet, les offres de connectivités (IFC) proposées aux passagers sont souvent payantes ce qui limite fortement le nombre d'utilisateurs. Il existe cependant des offres de connectivités gratuites ou du wireless IFE. Dans ce cas, le nombre d'utilisateurs est plus important mais restent limité. De plus, les usages sont souvent répartis entre de la navigation sur internet et de la messagerie peu consommateurs de bande passante (< 500 Kbit/s) et du streaming qui tire la consommation (> 2 Mbit/s). Si la demande devient trop forte sur le réseau Wi-Fi, la bande passante disponible pour chaque passager diminue entraînant une baisse de la qualité d'expérience du passager avec par exemple un passage en basse résolution pour du streaming et un ralentissement de la navigation sur internet.
- [0016] Afin d'attribuer les différents point d'accès et canaux disponibles aux différents clients Wi-Fi, l'allocations des canaux et des WAP aux clients est usuellement statique. Les réallocations se font si un client Wi-Fi interrompt sa liaison avec le WAP et demande à recrée une autre liaison. Il est donc possible qu'un même canal soit utilisé

par un grand nombre d'utilisateurs alors qu'un autre canal n'est pas saturé. De plus, un utilisateur peut être connecté à un WAP situé à l'autre bout de l'aéronef et donc avec un signal très masqué alors qu'il pourrait être connecté à un WAP non masqué et plus près de lui.

- [0017] Pour essayer de palier à ce problème, il est connu des systèmes de communication Wi-Fi mettant en œuvre une gestion dynamique des allocations, par exemple en mesurant les débits au niveau de chaque WAP en fonctionnement et en proposant une réallocation des clients régulière en fonction de ces mesures. Une telle allocation dynamique des canaux et des WAP améliore la disponibilité du réseau Wi-Fi pour les utilisateurs mais ne donne pas entière satisfaction car cette allocation ne prend pas en compte les particularités de l'environnement de chaque cabine, notamment la configuration de l'avion, les zones de masquage et l'emplacement des différents clients. De plus, une telle méthode d'allocation ne permet pas de garantir une bande passante minimale aux passagers. Enfin, une telle méthode ne permet pas de politique différenciée entre les clients, par exemple, en assurant un débit minimal pour les passagers en classe affaire d'un avion commercial.
- [0018] Il existe donc un besoin d'obtenir un procédé d'allocation permettant de répondre aux problématiques listées ci-dessus, notamment permettant une meilleure allocation des différents canaux et points d'accès sans fil disponibles, prenant en compte les particularités de l'engin mobile.
- [0019] A cet effet, l'invention a pour objet un procédé d'allocation dans un réseau de transmission de données embarqué dans un engin mobile de transport de passagers, l'engin mobile de étant de préférence un aéronef, le réseau de transmission comprenant une pluralité de points d'accès sans fil, chaque point d'accès étant configuré pour émettre et recevoir, sur un canal de fonctionnement parmi une pluralité de canaux disponibles, des signaux radioélectriques entre ledit point d'accès et une pluralité de terminaux embarqués dans l'engin mobile, le procédé d'allocation comprenant les étapes suivantes :
- [0020] – fourniture d'un modèle numérique de l'engin mobile et des points d'accès;
- pour chaque canal disponible et pour chaque point d'accès, simulation avec le modèle numérique de la propagation des signaux radioélectriques dans l'engin mobile depuis ledit point d'accès sur ledit canal disponible ;
- pour chaque canal disponible, pour chaque point d'accès et pour chaque terminal, détermination d'une bande passante estimée associée à la communication entre ledit point d'accès et ledit terminal sur ledit canal en fonction de la simulation associée audit point d'accès et audit canal ;
- allocation de l'un des canaux disponibles et de l'un des points d'accès à chaque terminal en fonction des bandes passantes estimées au moyen d'un al-

gorithme d'optimisation.

[0021] Suivant d'autres aspects avantageux de l'invention, le procédé d'allocation comprend une ou plusieurs des caractéristiques suivantes, prises isolément ou suivant toutes les combinaisons techniquement possibles :

- [0022] – chaque point d'accès sans fil est configuré pour communiquer avec les terminaux selon le protocole Wi-Fi ;
- chaque terminal est choisi parmi le groupe constitué de : un terminal de divertissement fixé dans l'engin mobile et un dispositif électronique portatif ;
- le réseau de communication comprend au moins un système informatique choisi parmi le groupe constitué de : un système de communication avec une antenne disposée à l'extérieur de l'engin mobile et un serveur multimédia embarqué dans l'engin mobile ;
- l'engin mobile comprend une cabine propre à accueillir les passagers, le modèle numérique comprenant : une modélisation tridimensionnelle de l'aménagement de la cabine et des matériaux utilisés dans la cabine et un diagramme d'ondes associé à chaque point d'accès et à chaque terminal ;
- l'algorithme d'optimisation comprend l'application d'un coefficient de dégradation à chaque bande passante estimée, le coefficient de dégradation étant fonction du nombre de terminaux connectés au point d'accès associé à ladite bande passante estimée ;
- l'algorithme d'optimisation applique un critère d'optimisation choisi parmi le groupe constitué de :
- maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux ;
 - maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux en supposant que l'un des points d'accès est en panne ;
 - garantie d'une bande passante minimale pour un sous-ensemble prédéterminé de terminaux puis maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux ;
 - maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux avec un écart-type maximal prédéterminé ;
- l'étape de simulation est réalisée : sur un ordinateur disposé à l'extérieur de l'engin mobile, l'ensemble des bandes passantes estimées étant stocké sur une mémoire embarquée sur l'engin mobile ; et/ou sur un ordinateur embarqué dans l'engin mobile ;
- l'algorithme d'optimisation est exécuté au moyen d'une méthode d'apprentissage automatique entraînée sur une base de données comprenant les bandes passantes estimées et avantageusement des bandes passantes

mesurées dans l'engin mobile.

- [0023] L'invention a également pour objet un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en œuvre un procédé tel que défini ci-dessus.
- [0024] Ces caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple, et faite en référence aux dessins annexés, sur lesquels :
- [0025] [Fig.1] la [Fig.1] est une représentation schématique d'un engin mobile comprenant un réseau de transmission de données ;
- [0026] [Fig.2] la [Fig.2] est une représentation schématique de la cabine de l'engin mobile de la [Fig.1] et du réseau de transmission ;
- [0027] [Fig.3] la [Fig.3] est un graphique représentant le coefficient de dégradation d'une bande passante en fonction du nombre de terminaux connectés; et
- [0028] [Fig.4] la [Fig.4] est une organigramme d'un procédé, selon l'invention, d'allocation.
- [0029] Un engin mobile 10 est représenté sur la [Fig.1].
- [0030] L'engin mobile 10 est configuré pour transporter des passagers, notamment quelques dizaines de passagers, voire quelques centaines de passagers.
- [0031] L'engin mobile 10 est ici un aéronef, notamment un avion de l'aviation commerciale, tel qu'un avion long-courrier.
- [0032] La présente invention est décrite ci-dessous dans le cas particulier d'un aéronef. Toutefois, l'homme du métier comprendra que la présente invention s'applique à tout moyen de transport des passagers tel qu'un véhicule ferroviaire, un bateau, un automobile, un autobus, un sous-marin, etc.
- [0033] Comme visible sur les figures 1 et 2, l'engin mobile 10 comprend une cabine 12 dans laquelle sont disposés une pluralité de sièges 14 pour des passagers 16.
- [0034] L'engin mobile 10 comprend en outre un réseau de transmission de données 18.
- [0035] Le réseau de transmission 18 comprend un système de communication 20 avec au moins une antenne 22 disposée à l'extérieur de l'engin mobile 10 et/ou un serveur multimédia 24 embarqué dans l'engin mobile 10.
- [0036] Comme visible sur la [Fig.1], l'antenne 22 est par exemple un satellite ou une antenne au sol. Le système de communication 20 est propre à envoyer ou à recevoir des données depuis les antennes 22 et permet notamment de connecter le réseau de transmission 18 au réseau internet. Le système de communication 20 permet de fournir une « IFC » (de l'anglais « In Flight Connectivity » ou « connectivité à bord » en français).
- [0037] Le serveur multimédia 24 est configuré pour stocker un contenu de divertissement et pour communiquer vers les passagers 16 le contenu de divertissement via le réseau 18. Le serveur multimédia 24 comprend par exemple des films, des émissions de TV, des

jeux ou de la musique, et/ou des informations sur le déroulement du vol (altitude, vitesse, position courante, avancement, etc.

- [0038] Comme visible sur la [Fig.2], le réseau 18 comprend un contrôleur 15 et une pluralité de points d'accès 26 sans fil. Les points d'accès 26 sont disposés dans la cabine 12 de l'engin mobile 10 et sont avantageusement répartis le long de l'engin mobile 10.
- [0039] Une pluralité de terminaux 30 sont embarqués dans l'engin mobile 10.
- [0040] Chaque terminal 30 est notamment un terminal de divertissement 32 fixé dans l'engin mobile 10 ou un dispositif électronique portatif 34.
- [0041] Chaque point d'accès 26 est configuré pour émettre et recevoir, sur un canal de fonctionnement attribué par le contrôleur 15 parmi une pluralité de canaux disponibles, des signaux radioélectriques entre ledit point d'accès 26 et les terminaux 30.
- [0042] En particulier, chaque point d'accès 26 est propre à fonctionner sur un canal de fonctionnement de la bande de fréquences allouée. Ce canal de fonctionnement est réglable et attribué dynamiquement au point d'accès 26 par le contrôleur 15.
- [0043] Avantageusement, chaque point d'accès 26 sans fil est configuré pour communiquer avec les terminaux 30 selon le protocole Wi-Fi, conforme à au moins l'une des versions de la norme IEEE 802.11. La fréquence de la porteuse des ondes échangées selon le protocole Wi-Fi est avantageusement comprise entre 5 GHz et 7 GHz.
- [0044] Ainsi, chaque point d'accès 26 est propre à établir une liaison temporaire du type Wi-Fi avec l'un des terminaux 30, lorsque ce terminal 30 se situe à l'intérieur d'une cellule de couverture associée au point d'accès 26 considéré.
- [0045] Les cellules de couverture des différents points d'accès 26 se chevauchent, au moins deux à deux, de manière à couvrir, de proche en proche, la majorité voire l'ensemble de la cabine 12.
- [0046] Comme représenté sur la [Fig.2], chaque terminal de divertissement 32 est connu en soi, et comporte notamment un écran d'affichage, de préférence tactile. Chaque terminal de divertissement 32 est par exemple fixé ou intégré dans le siège 14 du passager 16, ou bien est fixé ou intégré dans le dossier du siège 14 se trouvant devant le siège 14 du passager 16.
- [0047] Chaque terminal de divertissement 32 est configuré pour délivrer aux passagers 16 le contenu stocké dans le serveur multimédia 24, notamment suite à une sélection par un passager 16 d'un champ affiché sur l'écran de son terminal de divertissement 32.
- [0048] Chaque dispositif électronique portatif 34 est typiquement un dispositif électronique personnel ou PED (de l'anglais *Personal Electronic Device*) appartenant à un passager 16. Chaque dispositif électronique portatif 34 est par exemple un ordiphone (de l'anglais *smartphone*) ou une tablette électronique.
- [0049] Le contrôleur 15 comprend un module de simulation 40 et un module d'allocation 42.

- [0050] Le contrôleur 15 comprend en outre une base de données 44.
- [0051] La base de données 44 est configuré pour stocker en mémoire un modèle numérique de l'engin mobile 10 et des points d'accès 26.
- [0052] Le modèle numérique comprend une modélisation tridimensionnelle de l'aménagement de la cabine 12.
- [0053] Le modèle tridimensionnel comprend notamment une représentation de parois externes et internes de l'engin mobile 10 et notamment de la cabine 12, des sièges 14 disposés dans la cabine 12 et des éventuelles zones de masquages des points d'accès 26.
- [0054] Le modèle numérique comprend en outre les matériaux utilisés dans la cabine 12, et notamment leur conductibilité et leur perméabilité aux ondes radioélectriques. A titre d'exemple, une paroi métallique perturbe de manière importante la transmission des ondes radioélectriques. A l'inverse, du verre permet une relative bonne transmission des ondes radioélectriques.
- [0055] Le modèle numérique comprend en outre un diagramme d'ondes associé à chaque point d'accès 26 et à chaque terminal 30. Un diagramme d'ondes est une représentation spatiale de la distribution angulaire du rayonnement du point d'accès 26 ou du terminal 30.
- [0056] Le module de simulation 40 est propre à, pour chaque canal disponible et pour chaque point d'accès 26, simuler avec le modèle numérique la propagation des signaux radioélectriques depuis ledit point d'accès 26 vers ledit terminal informatique 30 sur ledit canal disponible.
- [0057] Le module de simulation 40 est en outre propre à, pour chaque canal disponible, pour chaque point d'accès 26 et pour chaque terminal 30, déterminer une bande passante estimée associée à la communication entre ledit point d'accès 26 et ledit terminal 30 sur ledit canal.
- [0058] La bande passante indique la capacité du réseau à transmettre des informations. La bande passante représente le volume de données numériques pouvant être transférées entre ledit point d'accès 26 et ledit terminal 30 sur ledit canal dans un intervalle de temps donné.
- [0059] Dans un mode de réalisation alternatif, le module de simulation 40 est disposé dans un ordinateur (non représenté) à l'extérieur de l'engin mobile 10. Lorsque l'engin mobile 10 est un aéronef, le ordinateur est notamment disposé au sol.
- [0060] Le ordinateur comprend une autre base de données propre à stocker le modèle numérique. La base de données 44 disposée dans l'engin mobile 10 ne comprend alors pas ce modèle numérique. La base de données 44 est propre à stocker le résultat des simulations effectuées par le module de simulation 40 au sol, en particulier les bandes passantes estimées.

- [0061] Le module d'allocation 42 est configuré pour allouer l'un des canaux disponibles et l'un des points d'accès 26 à chaque terminal 30 en fonction des bandes passantes estimées au moyen d'un algorithme d'optimisation. Ledit points d'accès 26 et ledit terminal 30 sont alors propre à communiquer et échanger des données sur ledit canal alloué.
- [0062] Le fonctionnement du module de simulation 40 et du module d'allocation 42 sera expliqué plus en détail par la suite.
- [0063] Dans l'exemple de la [Fig.2], le contrôleur 15 comprend une unité de traitement d'informations formée par exemple d'une mémoire et d'un processeur associé à la mémoire. Le module de simulation et le module d'allocation sont réalisés chacun sous forme d'un logiciel, ou d'une brique logicielle, exécutables par le processeur. La mémoire est alors apte à stocker un logiciel de réception, un logiciel de reconnaissance vocale, un logiciel de traitement, un logiciel de surveillance et en complément facultatif, un logiciel de transmission et un logiciel de validation. Le processeur est alors apte à exécuter chacun de ces logiciels.
- [0064] En variante non représentée, le module de simulation et le module d'allocation sont réalisés chacun sous forme d'un composant logique programmable, tel qu'un FPGA (de l'anglais Field Programmable Gate Array), ou encore sous forme d'un circuit intégré dédié, tel qu'un ASIC (de l'anglais Application Specific Integrated Circuit).
- [0065] Lorsque le contrôleur 15 est réalisé sous forme d'un ou plusieurs logiciels, c'est-à-dire sous forme d'un programme d'ordinateur, il est en outre apte à être enregistré sur un support, non représenté, lisible par ordinateur. Le support lisible par ordinateur est par exemple, un médium apte à mémoriser les instructions électroniques et à être couplé à un bus d'un système informatique. A titre d'exemple, le support lisible est un disque optique, un disque magnéto-optique, une mémoire ROM, une mémoire RAM, tout type de mémoire non-volatile (par exemple EPROM, EEPROM, FLASH, NVRAM), une carte magnétique ou une carte optique. Sur le support lisible est alors mémorisé un programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles.
- [0066] Un procédé d'allocation 100 selon l'invention va désormais être expliqué à l'aide de la [Fig.4] représentant un organigramme du procédé d'allocation selon l'invention.
- [0067] Le procédé selon l'invention va être décrit par la suite dans le cas d'un aéronef, mais l'homme du métier comprendra que ce procédé s'applique de manière similaire à tout engin mobile 10.
- [0068] Initialement, un aéronef comportant une cabine 12 destiné à recevoir des passagers 16 est fourni.
- [0069] Il est également fourni un modèle numérique de cet aéronef et des points d'accès sans fil 26 disposés le long de la cabine, lors d'une étape initiale 110.
- [0070] A titre d'exemple, dans un aéronef monocouloir, la cabine 12 comprend 36 sièges 14

- en classe dite « Affaire » et 156 sièges 14 en classe dite « Economie ». Le réseau de transmission 18 comporte 4 points d'accès sans fil 26 répartis le long de la cabine 12.
- [0071] Le procédé d'allocation 100 comprend alors une étape 120 de simulation. En particulier, pour chaque canal disponible et pour chaque point d'accès 26, une simulation 120 est réalisée avec le modèle numérique de la propagation des signaux radio-électriques dans l'aéronef 10, et en particulier dans la cabine 12, depuis ledit point d'accès 26 sur ledit canal disponible.
- [0072] Grace au modèle numérique, cette simulation prend en compte la configuration précise de l'aéronef, et notamment de sa géométrie et des matériaux la constituant et influençant la propagation des ondes dans la cabine 12.
- [0073] La simulation permet d'obtenir une cartographie de la puissance disponible en chaque point de la cabine 12, pour chaque point d'accès 26 et pour chaque canal disponible.
- [0074] Puis, lors d'une étape 130, pour chaque canal disponible, pour chaque point d'accès 26 et pour chaque terminal 30, le procédé comprend une étape de détermination d'une bande passante estimée associée à la communication entre ledit point d'accès 26 et ledit terminal 30 sur ledit canal.
- [0075] En particulier, la cartographie de puissance est recoupée avec le standard Wi-Fi applicable, les caractéristiques propres d'encodage de l'information sur le signal et notamment le choix du schéma de modulation, afin de déduire la bande passante théorique atteignable entre ledit point d'accès 26 et ledit terminal 30 sur ledit canal.
- [0076] Dans un mode de réalisation, l'étape de simulation 120 est réalisée sur un ordinateur disposé à l'extérieur de l'aéronef. Cette étape de simulation est réalisée en amont du vol de l'aéronef. Le ordinateur est notamment disposé au sol et permet notamment de disposer d'une puissance de calcul importante. En outre, il est ainsi possible d'exécuter les simulations plusieurs fois en modifiant le modèle ou les critères d'optimisation souhaités.
- [0077] L'ensemble des bandes passantes estimées est alors stocké sur une mémoire embarquée dans l'aéronef.
- [0078] En variante, l'étape de simulation 120 est réalisée sur un ordinateur embarqué dans l'aéronef, notamment pendant le vol de l'aéronef. Dans ce cas, il est possible de réaliser une simulation plus dynamique prenant en compte la situation réelle à bord de l'aéronef, notamment le nombre de passagers 14 et de terminaux 30 présents dans la cabine 12.
- [0079] Puis, le procédé comprend une étape 140 d'allocation de l'un des canaux disponibles et de l'un des points d'accès 26 à chaque terminal 30 en fonction des bandes passantes estimées au moyen d'un algorithme d'optimisation.
- [0080] L'algorithme d'optimisation comprend en particulier l'application d'un coefficient de

dégradation à chaque bande passante estimée. Le coefficient de dégradation est fonction du nombre de terminaux 30 connectés au point d'accès 26 associé à ladite bande passante estimée. Ce coefficient de dégradation traduit la tenue à la densité de terminaux 30 du point d'accès 26. Ce coefficient est directement lié aux caractéristiques techniques intrinsèques du point d'accès 26.

- [0081] A titre d'exemple, la [Fig.3] représente le coefficient de dégradation en fonction du nombre de terminaux 30 connectés. Lorsque aucun terminal 30 n'est connecté, le coefficient est égal à 100% et donc aucune dégradation n'est appliquée à la bande passante estimée. Lorsque plus de 80 terminaux 30 sont connectés, un coefficient de 90% est appliquée à la bande passante estimée. Lorsque plus de 120 terminaux 30 sont connectés, un coefficient de 50% est appliquée à la bande passante estimée.
- [0082] L'algorithme d'optimisation permet d'allouer les canaux et les points d'accès 26 aux différents terminaux 30 en appliquant un critère d'optimisation.
- [0083] Dans une variante, le critère d'optimisation vise à la maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux 30. Autrement dit, le critère d'optimisation vise à ce que, en moyenne, chaque terminal 30 ait le plus de bande passante disponible.
- [0084] En variante, le critère d'optimisation vise à la maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux 30 en supposant que l'un des points d'accès 26 est en panne. Autrement, dit le critère d'optimisation permet alors de prendre en compte une panne éventuelle d'un point d'accès et permet de déterminer une allocation permettant de limiter la dégradation du service pour les terminaux 30.
- [0085] En variante ou en complément, le critère d'optimisation vise à garantie d'une bande passante minimale pour un sous-ensemble prédéterminé de terminaux 30 puis à la maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux 30. Le sous-ensemble prédéterminé de terminaux 30 est par exemple la classe « Affaire ». Le critère d'optimisation permet par exemple d'assurer un minimum de 2 Mbit/s pour chaque terminal 30 présent dans la classe « Affaire ». Puis, le critère d'optimisation vise à ce que l'ensemble des terminaux 30 ait la plus grande passante disponible, avec la contrainte relative à la classe « Affaire ». A titre d'autre exemple, en cas de panne de l'un des points d'accès 26, afin de limiter la dégradation du service pour la classe « Affaire », le critère d'optimisation permet d'assurer un minimum de 500 Kbit/s pour chaque terminal 30 présent dans la classe « Affaire ».
- [0086] En variante ou en complément, le critère d'optimisation vise à la maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux 30 avec un écart-type maximal prédéterminé. Autrement dit, le critère d'optimisation vise à une allocation des canaux et des points d'accès égalitaire, avec un écart-type maximal prédéterminé autorisé. Plus cet écart-type maximal autorisé est bas, plus la répartition de la bande

passante sera égalitaire entre les différents terminaux.

[0087] Dans un mode de réalisation avantageux, l'allocation est effectuée en fonction du taux de remplissage de l'aéronef, en particulier du nombre de terminaux 30 présents dans l'aéronef.

[0088] En effet, les taux de remplissage fluctuent selon les vols. Afin d'optimiser les performances, des configurations sont calculées selon les différents niveaux de remplissage de la classe « Affaire » et de la classe « Economie ». On entend par configuration, un ensemble d'attributions entre les points d'accès 26, les canaux et les terminaux 30.

[0089] Comme le montre le tableau 1 ci-dessous, des configurations optimales sont calculées selon le nombre de passagers 16 dans chaque classe. Ici, quinze configurations sont pré-calculées en amont du vol. En fonction du nombre de passagers 16 connectés dans chaque classe, le contrôleur 15 choisit et applique la configuration pré-calculée pendant l'étape 130.

[0090] Par exemple, si pendant le vol, quinze passagers de la classe « Affaire » et cent cinq passagers 16 de la classe « Economie » se connectent, alors le contrôleur 15 applique la configuration Conf-9. Ainsi, les points d'accès 26, les canaux sont attribués aux différents terminaux 30 selon cette configuration.

[0091] [Tableaux1]

		Nombre de passagers en classe « Economie »				
		0-30	30-60	60-90	90-120	120-156
Nombre de passagers en classe « Affaire »	0-10	Conf-1	Conf-2	Conf-3	Conf-4	Conf-5
	10-20	Conf-6	Conf-7	Conf-8	Conf-9	Conf-10
	20-36	Conf-11	Conf-12	Conf-13	Conf-14	Conf-15

[0092] Avantagusement, toutes les configurations pré-calculées (Conf-1 ; ... ; Conf-15) respectent le débit minimum de 2 Mbit/s pour chaque terminal de la classe « Affaire » qui représentait un cas limite puisque la configuration était calculée pour un aéronef plein. Ces configurations permettent d'obtenir plus de ressources (i.e. de débit) pour chaque terminal que dans le cas de l'aéronef plein.

[0093] En complément, non représenté, le tableau est complété afin de prévoir la panne d'un des points d'accès 26 en ajoutant au tableau ci-dessus une dimension représentant le cas « sans panne » et les cas de la panne de chacun des points d'accès 26. Dans le cas de d'un avion mono-couloir, cela constituerait donc un ensemble de 75 configurations à appliquer selon le nombre de passagers 16 en classe « Economie », le nombre de passagers 16 en classe « Affaire » et la panne éventuelle de l'un des points d'accès 26.

- [0094] L'algorithme d'allocation est implémenté avantageusement au moyen d'un algorithme d'optimisation combinatoire, par exemple au moyen de l'algorithme dit glouton.
- [0095] En variante, dans un mode de réalisation avantageux, l'algorithme d'optimisation est exécuté au moyen d'une méthode d'apprentissage automatique entraînée sur une base de données comprenant les bandes passantes estimées. La méthode d'apprentissage automatique est par exemple un réseau de neurones ou un autre modèle équivalent. La méthode d'apprentissage automatique est entraînée sur la base des simulations effectuées lors de l'étape 120. Avantageusement, le modèle obtenu est embarqué dans l'engin mobile 10 et continue d'apprendre avec des mesures faites en dynamiques dans la cabine 12 pendant le vol.
- [0096] Ce modèle prend en entrée les données (par exemple le nombre de passagers) qui vont influencer sur ces débits maximaux et fournit en sortie une table des débits maximaux par terminal 30.
- [0097] Initialement, le modèle est configuré afin de fournir exactement les mêmes résultats que la simulation réalisée à l'étape 120 avec le modèle numérique de la cabine 12. Puis, en fonction des débits maximaux observés lors de vols réels, ce modèle est adapté afin de refléter au mieux les débits maximaux atteignables.
- [0098] Par exemple, en fonction du nombre de passagers 16 et de la durée du vol, les coffres à bagages sont plus ou moins remplis, ce qui modifie la propagation des ondes Wi-Fi et donc influence les débits maximaux atteignables. Ce type d'approche permet d'adapter les tables de débit maximaux et donc l'allocation des points d'accès 26 et des canaux en fonction des conditions du vol.
- [0099] Dans un mode de réalisation avantageux, l'étape 140 d'allocation est réalisée de manière dynamique pendant le vol de l'aéronef afin de s'adapter à la situation réelle de la cabine 12.
- [0100] L'étape 140 d'allocation est alors implémentée dans l'aéronef. Le contrôleur 15 adapte de manière dynamique la configuration des canaux et des points d'accès 26 en fonction des connexions réelles des terminaux 30 dans la cabine 12. Ainsi, lors d'un vol de l'aéronef, en fonction de l'évolution des connexions, l'algorithme recalcule une nouvelle configuration qui est appliquée et remplace l'ancienne configuration.
- [0101] En particulier, le déclenchement de la nouvelle itération de l'étape de détermination d'une nouvelle configuration est réalisé périodiquement, par exemple toutes les dix minutes.
- [0102] En variante, le déclenchement de la nouvelle itération est réalisé suite à une évolution importante du nombre de connexions. Par exemple, une première configuration est calculée avec cinquante terminaux 30 connectés. Tant que le nombre de connexions reste dans l'intervalle compris entre quarante et soixante connexions, le contrôleur 15

ne relance pas une nouvelle itération de l'étape d'allocation 140. Lorsque le nombre de connexions passe en dessous de quarante ou au-dessus de soixante, le contrôleur 15 relance une étape 140 d'allocation afin d'obtenir une nouvelle allocation plus adéquate à la situation actuelle dans la cabine 12.

- [0103] En variante, le déclenchement de la nouvelle itération est réalisé suite à une évolution de la qualité des connexions des terminaux 30. En particulier, un suivi de la qualité des connexions est effectué et remontée au contrôleur 15. Lorsque la qualité des connexions se dégrade, en particulier lorsque le débit moyen par terminal 30 passe en dessous d'un seuil prédéterminé ou lorsqu'un nombre prédéterminé de terminaux présente un débit inférieur à un seuil, le contrôleur lance une nouvelle itération de l'étape 140 d'allocation.
- [0104] Suite à l'allocation, les passagers 16 ont accès aux ressources IFC ou IFE via leur terminal 30 associé qui communique avec le point d'accès 26 alloué sur le canal alloué.
- [0105] On conçoit que l'invention présente un certain nombre d'avantages.
- [0106] Le procédé d'allocation selon l'invention permet en effet une meilleure allocation des différents canaux et points d'accès 26 sans fil disponibles dans la cabine 12 en prenant en compte les particularités de l'engin mobile 10.
- [0107] La simulation au moyen de modèle numérique permet de prendre en compte la géométrie de chaque cabine 12, l'emplacement des différents points d'accès 26 et terminaux 30 dans la cabine 12, les zones de masquage et les matériaux utilisés pouvant perturber la propagation des ondes jusqu'aux différents terminaux 30.
- [0108] L'invention permet alors d'allouer les points d'accès 26 et les canaux de manière efficace en fonction du critère d'optimisation choisi pour l'allocation.
- [0109] L'invention permet en outre d'obtenir une allocation des ressources Wi-Fi conforme à un niveau de service minimum défini *a priori* selon la catégorie des passagers. Il est en particulier de garantir une bande passante minimum *a priori* ce qui est impossible avec les méthodes conventionnelles. L'invention est ainsi particulièrement avantageuse lorsque le fournisseur de l'IFC ou de l'IFE s'engage sur une qualité d'expérience pour chaque passager. L'invention permet notamment d'allouer des ressources supplémentaires à une catégorie particulière (par exemple la classe « Affaire ») afin de garantir un service supérieur à cette catégorie de passagers.
- [0110] L'invention permet en outre aussi de définir *a priori* un service minimum en cas de panne de l'un des points d'accès 26, et notamment pour limiter l'impact sur une certaine catégorie de passagers.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé d'allocation dans un réseau de transmission (18) de données embarqué dans un engin mobile (10) de transport de passagers (16), l'engin mobile (10) de étant de préférence un aéronef, le réseau de transmission (18) comprenant une pluralité de points d'accès (26) sans fil, chaque point d'accès (26) étant configuré pour émettre et recevoir, sur un canal de fonctionnement parmi une pluralité de canaux disponibles, des signaux radioélectriques entre ledit point d'accès (26) et une pluralité de terminaux (30) embarqués dans l'engin mobile (10), le procédé d'allocation comprenant les étapes suivantes :
- fourniture (110) d'un modèle numérique de l'engin mobile (10) et des points d'accès (26);
 - pour chaque canal disponible et pour chaque point d'accès (26), simulation (120) avec le modèle numérique de la propagation des signaux radioélectriques dans l'engin mobile (10) depuis ledit point d'accès (26) sur ledit canal disponible ;
 - pour chaque canal disponible, pour chaque point d'accès (26) et pour chaque terminal (30), détermination (130) d'une bande passante estimée associée à la communication entre ledit point d'accès (26) et ledit terminal (30) sur ledit canal en fonction de la simulation associée audit point d'accès (26) et audit canal ;
 - allocation (140) de l'un des canaux disponibles et de l'un des points d'accès (26) à chaque terminal (30) en fonction des bandes passantes estimées au moyen d'un algorithme d'optimisation.
- [Revendication 2] Procédé d'allocation selon la revendication 1, dans lequel chaque point d'accès (26) sans fil est configuré pour communiquer avec les terminaux (30) selon le protocole Wi-Fi.
- [Revendication 3] Procédé d'allocation selon la revendication 1 ou 2, dans lequel chaque terminal (30) est choisi parmi le groupe constitué de :
- un terminal de divertissement (32) fixé dans l'engin mobile (10) ; et
 - un dispositif électronique portatif (34).
- [Revendication 4] Procédé d'allocation selon l'une quelconque des revendications pré-

cédentes, dans lequel le réseau de communication (18) comprend au moins un système informatique choisi parmi le groupe constitué de :

- un système de communication (20) avec une antenne (22) disposée à l'extérieur de l'engin mobile (10) ; et
- un serveur multimédia (24) embarqué dans l'engin mobile (10).

[Revendication 5]

Procédé d'allocation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'engin mobile (10) comprend une cabine propre à accueillir les passagers (16), le modèle numérique comprenant :

- une modélisation tridimensionnelle de l'aménagement de la cabine (12) et des matériaux utilisés dans la cabine (12) ; et
- un diagramme d'ondes associé à chaque point d'accès (26) et à chaque terminal (30).

[Revendication 6]

Procédé d'allocation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'algorithme d'optimisation comprend l'application d'un coefficient de dégradation à chaque bande passante estimée, le coefficient de dégradation étant fonction du nombre de terminaux (30) connectés au point d'accès (26) associé à ladite bande passante estimée.

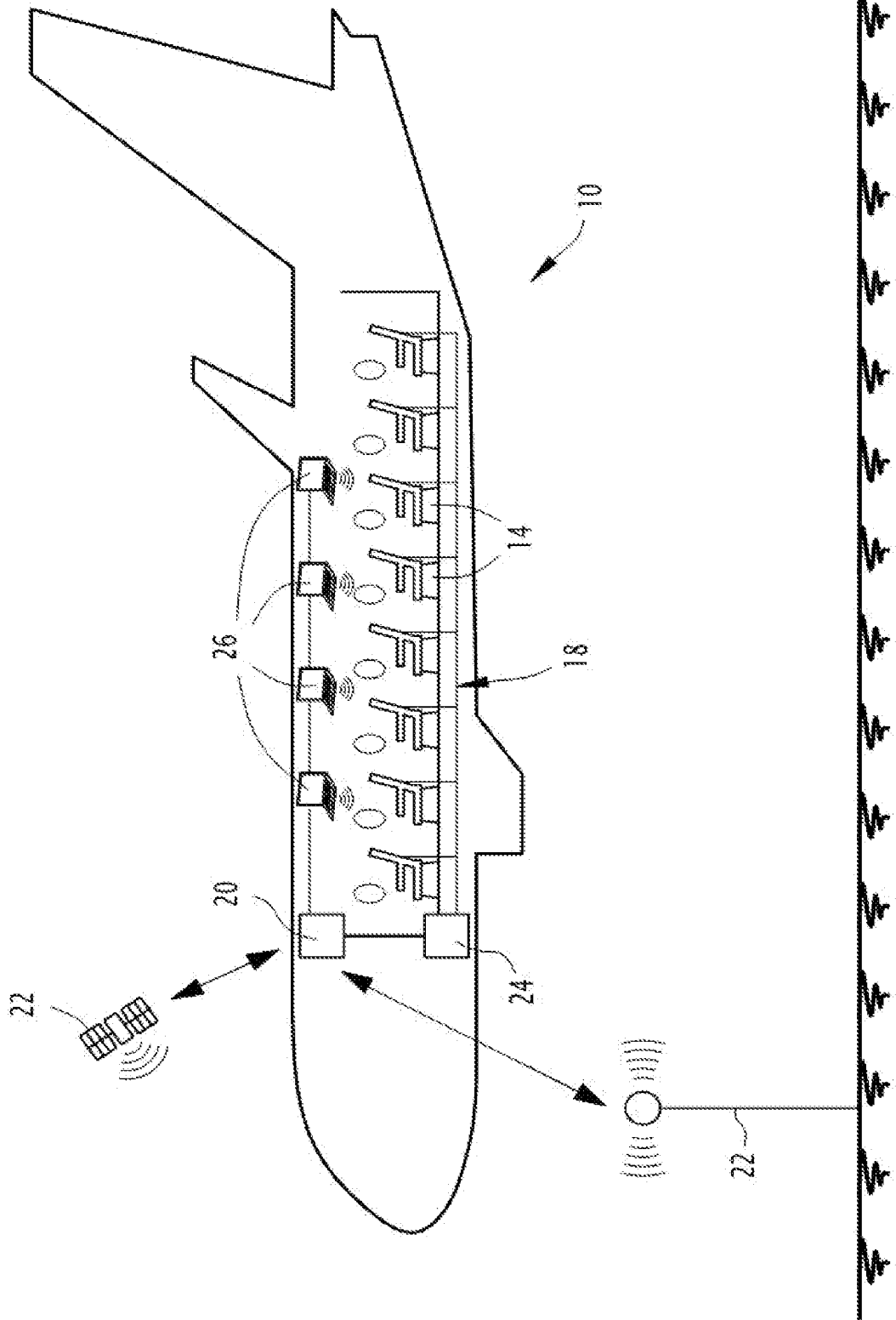
[Revendication 7]

Procédé d'allocation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'algorithme d'optimisation applique un critère d'optimisation choisi parmi le groupe constitué de :

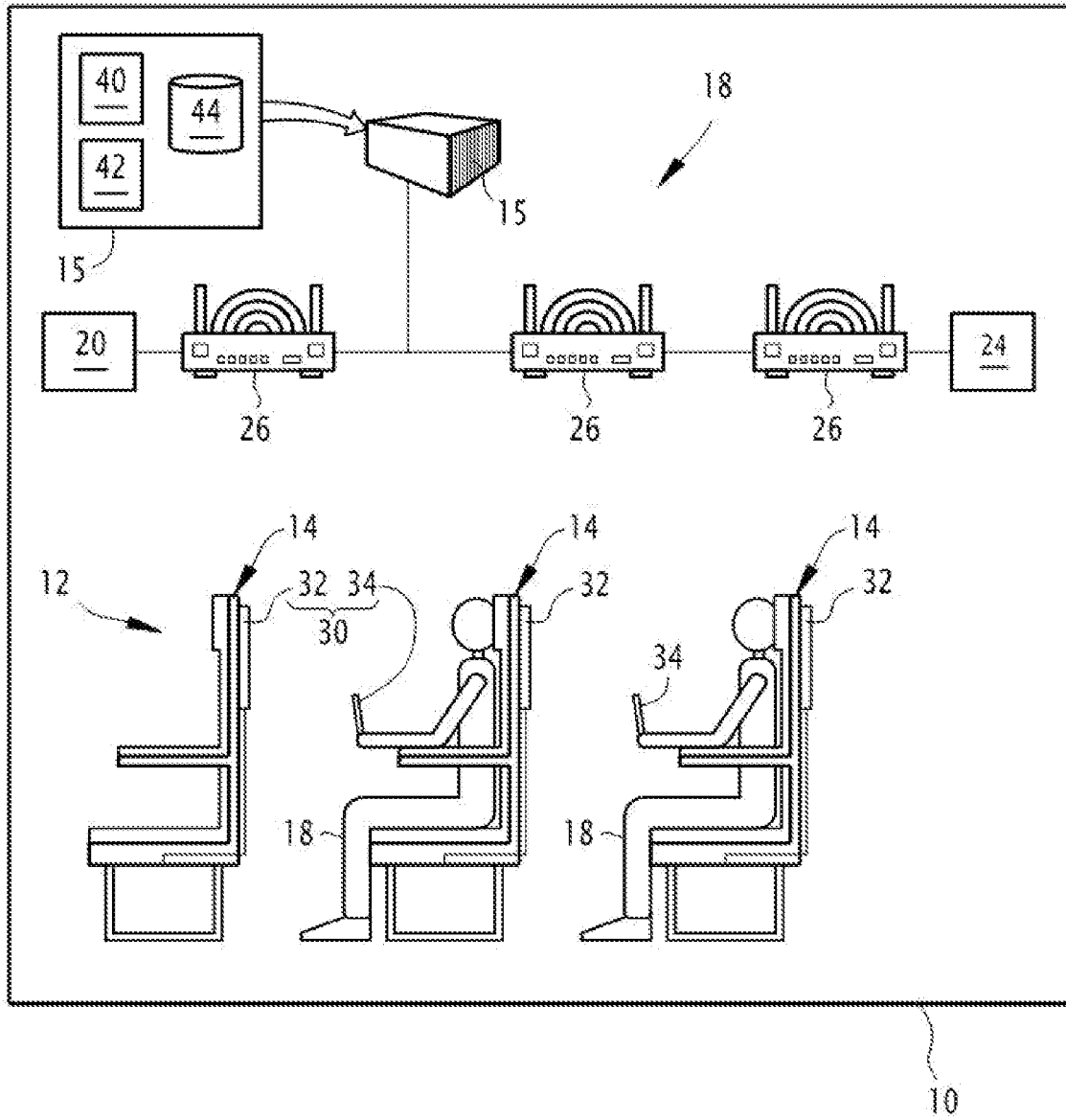
- maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux (30) ;
- maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux (30) en supposant que l'un des points d'accès (26) est en panne ;
- garantie d'une bande passante minimale pour un sous-ensemble prédéterminé de terminaux (30) puis maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux (30) ;
- maximisation de la bande passante moyenne pour l'ensemble des terminaux (30) avec un écart-type maximal prédéterminé.

- [Revendication 8] Procédé d'allocation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape de simulation est réalisée :
- sur un calculateur disposé à l'extérieur de l'engin mobile (10), l'ensemble des bandes passantes estimées étant stocké sur une mémoire embarquée sur l'engin mobile (10) ; et/ou
 - sur un calculateur embarqué dans l'engin mobile (10).
- [Revendication 9] Procédé d'allocation selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'algorithme d'optimisation est exécuté au moyen d'une méthode d'apprentissage automatique entraînée sur une base de données comprenant les bandes passantes estimées et avantageusement des bandes passantes mesurées dans l'engin mobile.
- [Revendication 10] Programme d'ordinateur comportant des instructions logicielles qui, lorsqu'elles sont exécutées par un ordinateur, mettent en œuvre un procédé de d'allocation selon l'une quelconque des revendications précédentes.

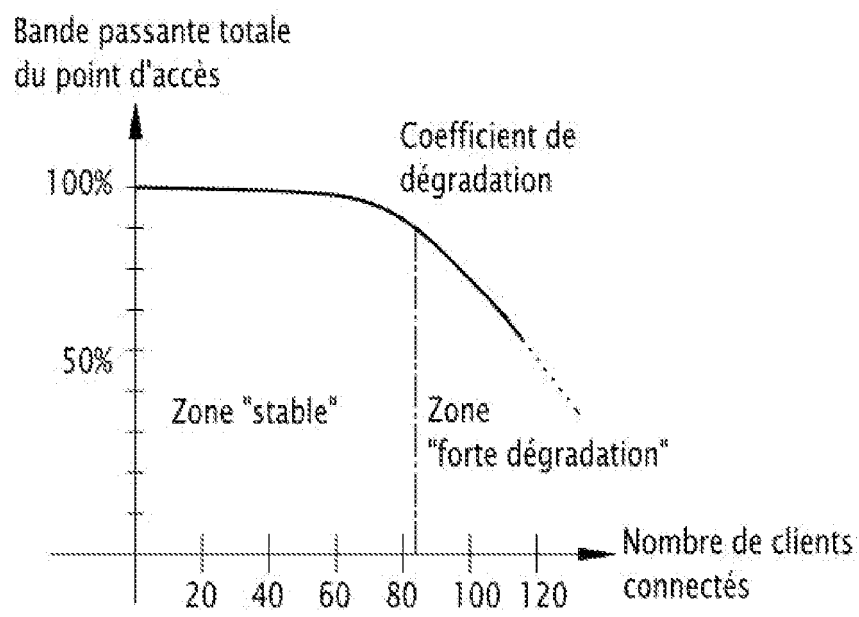
[Fig. 1]



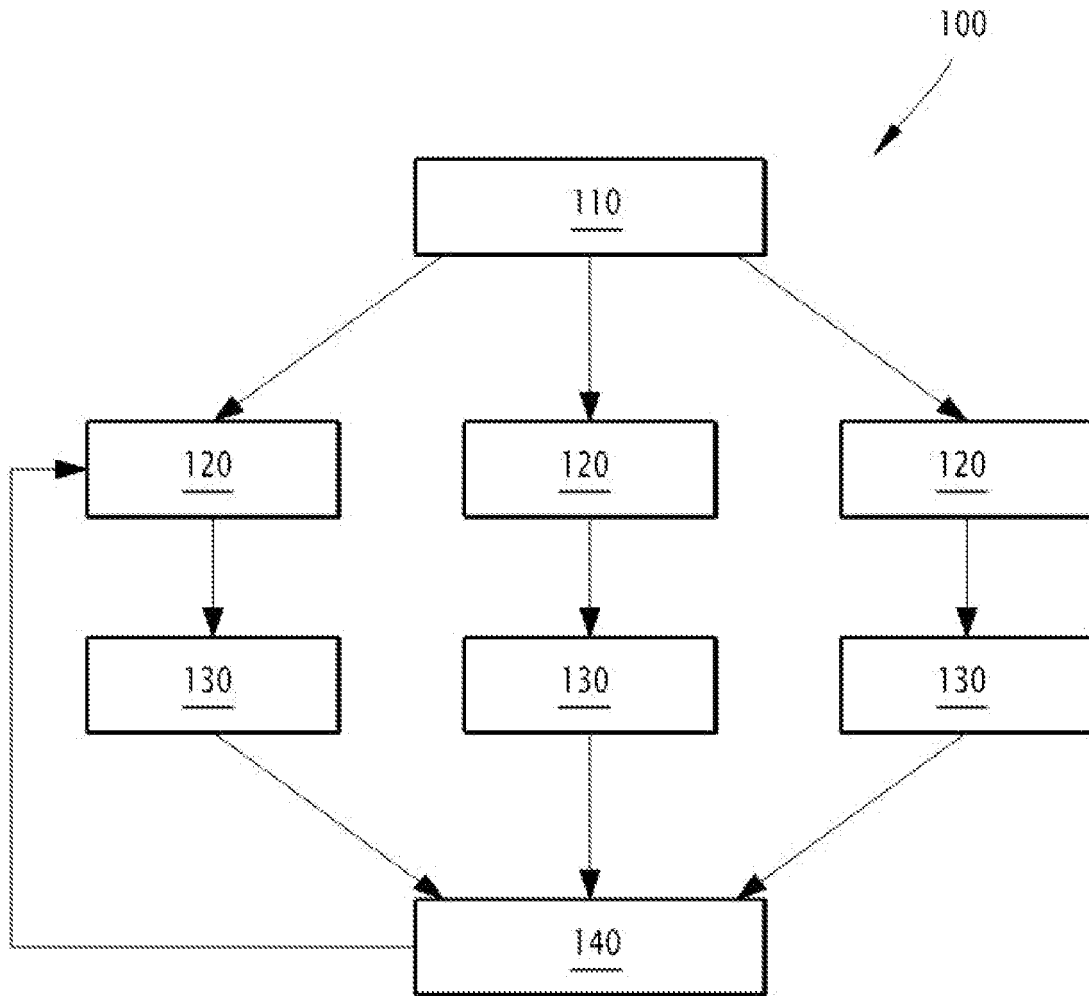
[Fig. 2]



[Fig. 3]



[Fig. 4]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 899898
FR 2111406

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 6 636 737 B1 (HILLS ALEXANDER H [US] ET AL) 21 octobre 2003 (2003-10-21)	1,10	H04W4/42 H04H20/42
Y	* colonne 4, ligne 19 - ligne 40 * * colonne 4, ligne 41 - ligne 58 *	2-9	H04W16/22 H04W24/00
Y	US 2006/280201 A1 (HAMMEL THOMAS [US] ET AL) 14 décembre 2006 (2006-12-14) * alinéa [0048] - alinéa [0068] *	2-5	
Y	EP 1 182 897 A1 (SCOREBOARD INC [US]) 27 février 2002 (2002-02-27) * alinéa [0028] - alinéa [0034] *	6-9	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)
			H04W
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
1 juin 2022		Iavarone, Federico	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2111406 FA 899898**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **01-06-2022**
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6636737	B1	21-10-2003	AU 5327401 A	30-10-2001
			US 6636737 B1	21-10-2003
			WO 0180500 A2	25-10-2001

US 2006280201	A1	14-12-2006	AT 456912 T	15-02-2010
			AU 2002256208 A1	05-11-2002
			CA 2444433 A1	31-10-2002
			EP 1413096 A2	28-04-2004
			JP 2005509323 A	07-04-2005
			JP 2009246987 A	22-10-2009
			US 2002154622 A1	24-10-2002
			US 2002176381 A1	28-11-2002
			US 2002176396 A1	28-11-2002
			US 2002176440 A1	28-11-2002
			US 2006280201 A1	14-12-2006
			WO 02087176 A2	31-10-2002

EP 1182897	A1	27-02-2002	AR 031114 A1	10-09-2003
			BR 0102782 A	26-02-2002
			CA 2352661 A1	10-01-2002
			EP 1182897 A1	27-02-2002
			JP 2002217843 A	02-08-2002
			KR 20020005993 A	18-01-2002
			MX PA01006905 A	20-08-2003
			US 2002009992 A1	24-01-2002
