

ALLOCATION DE RESSOURCES

La présente invention concerne le domaine des réseaux de communications mobiles et maillés, par exemple les réseaux ad-hoc mobiles. De tels réseaux comportent une pluralité d'émetteurs/récepteurs radios interconnectés entre eux par le biais de liaisons radios. Ces émetteurs/récepteurs radios sont par exemple un terminal informatique équipé d'une liaison wifi, un téléphone portable ou tout autre dispositif de communication sans fil, mais ils peuvent aussi être un véhicule mobile embarquant un dispositif de communication sans fil. Ces émetteurs/récepteurs radios sont également connus sous le nom de nœuds dans l'état de la technique.

L'invention concerne plus précisément l'allocation de ressources, une ressource étant définie par un créneau temporel, également connu sous l'expression slot, et au moins un canal associé, ledit canal étant au moins une fréquence d'émission réception permettant une ou des communications dans le réseau mobile. Un exemple de ces ressources est présentée figure 1. L'allocation des ressources est réalisée en particulier en utilisant un accès multiple au medium de transmission par répartition dans le temps (connu en anglais sous l'expression « Time Division Multiple Access » ou TDMA) ou en fréquence (connu en anglais sous l'expression « Frequency Division Multiple Access » ou FDMA).

Le réseau de communication mobile et maillé comporte des émetteurs/récepteurs radios répartis dans différents groupements, dans l'état de la technique ces groupements sont aussi connus sous le nom de grappe ou sous le nom anglais de cluster. Un exemple d'un réseau radio mobile est présenté figure 2. Chaque groupement possède un émetteur/récepteur chef du groupement, et un des émetteurs/récepteurs est défini comme étant l'émetteur/récepteur central du réseau. Les groupements sont définis en respectant les règles suivantes :

- Chaque émetteur/récepteur radio est soit émetteur/récepteur chef du groupement (CH) soit émetteur/récepteur subordonné du groupement (CM).

2

- Les émetteurs/récepteurs subordonnés sont tous en portée radio de leur émetteur/récepteur chef (CH).
- Chaque émetteur/récepteur radio n'appartient qu'à un seul groupement
- Les émetteurs/récepteurs chefs (CH) ne sont pas voisins radio.
- 5 – L'émetteur/récepteur radio central peut être n'importe lequel des émetteurs/récepteurs radio.

Deux émetteurs/récepteurs sont en voisinage s'ils sont en portée radio.

Deux groupements A et B sont dits voisins si au moins un
10 émetteur récepteur de l'un est en voisinage avec un émetteur récepteur de l'autre.

Deux groupements A et B sont en voisinage fort si au moins une des conditions suivantes est vérifiée :

- Ils sont voisins
- 15 – Il existe au moins un émetteur récepteur radio du groupement A et un émetteur récepteur radio du groupement B qui ont un voisin commun dans un autre groupement.

Un exemple de ces différentes conditions est présenté figure 3. La figure 4 présente une situation dans laquelle les groupements A et C ne sont
20 pas en voisinage.

Des dispositifs de détermination des différents groupements, des émetteurs/récepteurs chef de groupement et de l'émetteur/récepteur central du réseau sont décrits dans l'état de la technique par exemple dans les documents suivants :

- 25 – La recommandation IETF RFC numéro 3626 sur OLSR qui est l'acronyme anglais de Optimized Link State Routing Protocol rédigée par T. Clausen et P. Jacquet
- l'article de M. Gerla et J. T.-C. Tsai ayant pour titre Mutlicluster, mobile, multimedia radio network, publié dans « Journal of Wireless
30 Networks , 1(3) : 255-265, July 1995 »
- l'article de Chiang, H. WU, W. Liu et M. Gerla ayant pour titre Routing in clustered multihop, mobile wireless networks with fading channel, publiés durant la conférence ICCS/ISPACS'96 ayant eu lieu à
Singapore en novembre 1996

3

Le but de l'invention est donc d'attribuer des ressources dynamiquement aux émetteurs/récepteurs radio de façon à assurer la transmission de ces émetteurs/récepteurs radio vers un ou plusieurs des émetteurs/récepteurs radios voisins, en évitant les conflits d'attribution (par
5 exemple résultant du fait qu'un émetteur/récepteur radio ne peut transmettre et recevoir simultanément). Le but de l'invention est aussi d'éviter les interférences entre les émetteurs/récepteurs radios. Cette allocation demande donc une coordination complexe entre les émetteurs/récepteurs radios. Cette allocation peut aussi dépendre du besoin en communication
10 des différents émetteurs/récepteurs radios. Pour répondre à l'évolution de l'organisation des groupements et des besoins de ressources des émetteurs/récepteurs radios, il est nécessaire d'avoir un système permettant de modifier les allocations de manière continue.

15 Il est connu, dans l'état de la technique, une solution dans laquelle le réseau de communication mobile n'est pas organisé en un ensemble de groupements. L'allocation dépend du type de transmission considérée : transmission de type broadcast vers tous les émetteurs/récepteurs radios voisins, transmission de type point à point (d'un émetteur/récepteur radio
20 vers un émetteur/récepteur radio voisin) et de façon plus générale, d'un émetteur/récepteur radio vers tout ou partie des émetteurs/récepteurs radios voisins. L'allocation pour éviter les conflits doit prendre en compte un certain nombre de règles par exemple ne pas allouer un même créneau temporel à des transmissions différentes qui impliquent des émetteurs/récepteurs radios
25 communs. Une autre règle est de ne pas allouer des transmissions sur le même canal d'un créneau temporel, si cela implique une interférence. Ce type de négociation en distribué est lent. Or la quantité de ressources à attribuer dépend du besoin en trafic de l'émetteur/récepteur radio, donc si la réactivité est faible, il peut arriver des situations dans lesquelles les
30 ressources allouées à un émetteur/récepteur radio peuvent être insuffisantes alors que celles allouées à un autre émetteur/récepteur radio sont en excès.

Il est également connu des systèmes permettant l'allocation de ressources dans un réseau de communication mobile, mais uniquement
35 entre des émetteurs/récepteurs radios d'un même groupement. L'allocation

des ressources utilisées pour les communications entre des émetteurs/récepteurs radios appartenant à deux groupements différents est effectuée en utilisant un accès multiple par répartition de code (connu en anglais sous l'expression Code Division Multiple Access ou CDMA).

- 5 Cependant ce type d'allocation des ressources dans le cadre d'un réseau de communication maillé mobile n'est pas efficace, en effet les interférences dû à l'effet près/loin ne sont pas supprimables dans ce type de réseau.

Une autre solution connue de l'état de la technique est d'utiliser un système d'allocation de ressources équivalent à celui utilisé dans un réseau cellulaire. Dans ce cas il est considéré que les points d'accès sont les émetteurs/récepteurs chefs de groupement et les usagers sont les émetteurs/récepteurs radios. Cependant dans ces systèmes seules sont prises en compte les transmissions d'un émetteur/récepteur radio vers le point d'accès (émetteur/récepteur chef de groupement). Ces systèmes ne permettent pas l'allocation de ressources pour des transmissions directes entre un émetteur/récepteur radio et un ou des émetteurs/récepteurs radios voisins. De plus, les allocations de ressources pour les transmissions entre des émetteurs/récepteurs radios appartenant à des groupements différentes ou les communications entre deux émetteurs/récepteurs chefs ne sont pas réalisables par ces systèmes. En effet dans les réseaux cellulaires, les communications entre des émetteurs/récepteurs de groupements différents passent par un réseau d'interconnexion indépendant des points d'accès (émetteurs/récepteurs chef de groupement) et il n'est donc pas nécessaire d'effectuer d'allocation de ressources. Dans le cas d'utilisation de petits points d'accès connus sous le nom de femtocells, il est connu des systèmes d'allocation de ressources entre ces points d'accès, cependant ce type d'allocation ne permet pas l'allocation de ressources pour la communication directe entre deux émetteurs/récepteurs.

30

La présente invention vise notamment à remédier à ces problèmes en proposant un système et un procédé d'allocation de ressources dans un réseau de communications mobiles et maillés, permettant une allocation des ressources servant aux communications entre

35

des émetteurs/récepteurs radios appartenant à des groupements différents et minimisant les échanges, nécessaires à l'allocation de ces ressources, entre les différents émetteurs/récepteurs radio du réseau de communications mobiles et maillés.

5

Il est proposé, selon un aspect de l'invention un système d'allocation de ressources de communications, une ressource comprenant un créneau temporel et au moins un canal associé, ledit canal comprenant au moins une fréquence d'émission et/ou de réception utilisable durant ledit

10 créneau temporel, dans un réseau maillé mobile comprenant un premier ensemble d'émetteurs/récepteurs radios communiquant entre eux par l'intermédiaire de liaisons radios, au moins un groupement, comportant un deuxième ensemble d'au moins un émetteur/récepteur radio dudit premier ensemble, ledit deuxième ensemble comprenant un émetteur/récepteur chef

15 dans une relation chef subordonnés avec l'ensemble des émetteurs/récepteurs radio du deuxième ensemble. Ledit réseau maillé mobile comprenant aussi un émetteur/récepteur radio central du réseau appartenant audit premier ensemble. Ledit système étant caractérisé en ce qu'il comporte des premiers moyens de détermination dudit ou desdits

20 groupement, des deuxième moyens d'allocation de tout ou partie desdites ressources par affectation d'une ressource à un unique groupement pouvant utiliser ladite ressource pour une ou des communications entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement ; ou par affectation d'une ressource à un unique premier groupement pouvant utiliser ladite ressource

25 pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit premier groupement et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à un ou plusieurs groupements voisins destinataires, si aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un desdits groupements destinataires, ou

30 à un autre deuxième groupement pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du premier groupement, sauf si le premier groupement et le deuxième groupement n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio commun dans les groupements destinataires. Ledit système comporte également des troisièmes moyens d'allocation, pour tout

ou partie des groupements, de tout ou partie des ressources allouées audit groupement, à un des émetteurs/récepteurs radios du groupement

Le système permet donc une allocation des ressources du réseau de communications mobiles et maillés, minimisant le temps de réalisation de
5 cette allocation et les messages échangés pour réaliser cette allocation.

Selon un mode de réalisation lesdits deuxièmes moyens sont adaptés en outre pour initialiser un indice de priorité associé à chacun desdits groupement à partir du nombre d'émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement, du nombre d'émetteurs/récepteurs radios appartenant aux groupements voisins et des besoins en ressources nécessaires aux émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement. Lesdits deuxièmes moyens sont adaptés pour affecter une ressource au groupement ayant l'indice de priorité le plus faible et pouvant utiliser ladite
10 ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement, ou pour affecter une ressource au premier groupement ayant l'indice de priorité le plus faible et pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à un ou plusieurs groupements
15 destinataires voisins, si aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un des groupements voisins ou à un autre deuxième groupement pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du premier groupement, sauf éventuellement si ledit premier groupement et ledit
20 deuxième groupement n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio commun appartenant à l'un des groupements destinataires et mettre à jour de l'indice de priorité suite à une affectation de ressource.

Cette caractéristique technique permet d'effectuer une allocation des ressources de manière à maximiser les ressources allouées aux groupements ayant le plus besoin de ressources. Les groupements ayant le
30 plus besoin de ressources sont les groupements ayant un grand nombre d'émetteurs/récepteurs radio dans le groupement, un grand nombre de voisins ou pour lesquels les émetteurs/récepteurs radio du groupement échangent une quantité importante de données.

Selon un mode de réalisation lesdits premiers moyens de détermination sont en outre adaptés pour la détermination dudit émetteur/récepteur radio central, ledit système comprenant en outre des quatrièmes moyens, associés à un groupement, de transmission des ressources nécessaires par tout ou partie des émetteurs/récepteurs radios du groupement, vers l'émetteur/récepteur chef du groupement, de concaténation des ressources nécessaires par l'ensemble des émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement et de transmission des ressources nécessaires concaténées vers l'émetteur/récepteur radio central et des cinquièmes moyens associés à un groupement, de transmission des ressources affectées par les deuxièmes moyens vers l'émetteur/récepteur chef du groupement et de transmission des ressources affectées par les troisièmes moyens vers les émetteurs/récepteurs radios du groupement

Cette caractéristique technique permet de gérer un système d'allocation de ressources centralisé dans lequel la radio centrale permet d'allouer les ressources entre les différents groupements et les radios chef de groupement permettent d'allouer les ressources entre les différents émetteur/récepteurs radio qui sont membres du groupement.

20

Selon un mode de réalisation les deuxièmes moyens et/ou les troisièmes moyens sont adaptés pour le partage des créneaux temporels en sous créneaux temporels et l'affectation des sous créneaux temporels à des émetteurs/récepteurs radios pouvant être différents ou des groupements pouvant être différents.

25

Cette caractéristique technique permet d'améliorer l'allocation des ressources pour la transmission de données ayant besoin d'un faible débit et d'une faible latence. Ces données sont par exemple des données temps réels ou des données de signalisation.

30

Selon un mode de réalisation ledit système comprend en outre des sixièmes moyens, pour tout ou partie des émetteurs/récepteurs radios et des groupements, de mémorisation d'une autorisation d'utilisation par l'émetteur/récepteur radio ou le groupement de tout ou partie des ressources disponibles.

35

Cette caractéristique technique permet de gérer une situation dans laquelle un réseau se scinde en deux réseaux indépendants et d'éviter les interférences entre les réseaux indépendants.

5 Avantageusement le procédé d'allocation de ressources de communications, une ressource comprenant un créneau temporel et au moins un canal associé, ledit canal comprenant au moins une fréquence d'émission ou de réception utilisable durant ledit créneau temporel, dans un réseau maillé mobile comprenant un premier ensemble
10 d'émetteurs/récepteurs radios communiquant entre eux par l'intermédiaire de liaisons radios, au moins un groupement, comportant un deuxième ensemble d'au moins un émetteur/récepteur radio dudit premier ensemble, ledit deuxième ensemble comprenant un émetteur/récepteur chef dans une relation chef subordonné avec l'ensemble des émetteurs/récepteurs radio
15 une émetteur/récepteur radio central du réseau appartenant audit premier ensemble, ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte une première étape de détermination du ou desdits groupement une deuxième étape d'allocation de tout ou partie desdites ressources par affectation d'une ressource à un unique groupement pouvant utiliser ladite ressource pour une
20 ou des communications entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement ; ou par affectation d'une ressource à un unique premier groupement pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit premier groupement et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à un ou plusieurs groupements
25 voisins destinataires, si aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un desdits groupements destinataires, ou à un autre deuxième groupement pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du premier groupement, sauf si le premier groupement et le deuxième groupement n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio commun
30 dans les groupements destinataires et une troisième étape d'allocation, pour tout ou partie des groupements, de tout ou partie des ressources allouées audit groupement, par l'émetteur/récepteur chef du groupement à un des émetteurs/récepteurs radios du groupement.

L'invention sera mieux comprise et d'autres avantages apparaîtront à la lecture de la description détaillée faite à titre d'exemple non limitatif et à l'aide des figures parmi lesquelles :

- 5 – La figure 1 présente la définition des ressources
- La figure 2 présente la définition d'un réseau de communication mobile et maillé
- La figure 3 présente un exemple de groupements qui sont voisins
- La figure 4 présente un exemple de groupements qui ne sont pas
10 voisins
- La figure 5 présente la différence entre les différents types de communications
- La figure 6 présente un premier mode de réalisation du système suivant un aspect de l'invention
- 15 – La figure 7 présente un premier mode de réalisation du procédé suivant un aspect de l'invention
- La figure 8 présente un exemple d'allocation de ressources dans un réseau de communication maillé mobile

20 L'invention est réalisée dans un réseau de communication mobile et maillé présentant une organisation dynamique. Cette organisation permet de regrouper des émetteurs/récepteurs radios en une pluralité de groupements. Chaque groupement comprend un ensemble d'émetteurs/récepteurs radios et parmi ces émetteurs/récepteurs radio, un
25 des émetteurs/récepteurs radios est désigné pour être l'émetteur/récepteur chef du groupement. Chaque émetteur/récepteur radio appartient à un unique groupement. De plus parmi les émetteurs/récepteurs radios de l'ensemble du réseau un des émetteurs/récepteurs radios est désigné pour être l'émetteur/récepteur central du réseau.

30

Les besoins en transmission des émetteurs/récepteurs dans le réseau peuvent être traduits en besoin de transmission à l'intérieur du groupement et entre groupements voisins. D'une façon générale un type de transmission entre groupements implique un groupement source S et un ou
35 plusieurs groupement destinataires D1,D2,D3 voisins.

Les transmissions ayant lieu dans le réseau sont des types suivants :

- Des communications d'un émetteur/récepteur radio d'un groupement vers un ou plusieurs émetteurs/récepteurs radios du même groupement. Ces communications sont également appelées communication intra.
- Des communications d'un émetteur/récepteur radio d'un groupement vers une ou plusieurs émetteurs/récepteurs radios d'un autre groupement. Ces communications sont également appelées communication inter point à point.
- Des communications d'un émetteur récepteur d'un groupement vers les émetteurs récepteurs des groupement voisins dit type inter broadcast
- De la communication d'un émetteur récepteur radio d'un groupement vers tous les émetteurs récepteur radio voisins qu'ils appartiennent ou non au même groupement. Ces communications sont également appelées communications broadcast

La figure 5 présente la différence entre ces différents types de communication.

Le système tel que présenté figure 6 comporte un premier dispositif 101 de détermination du ou des groupements. Ce dispositif va donc permettre de déterminer la topologie du réseau, qui sera utilisée par les dispositifs suivants.

Le système comporte également un deuxième dispositif 102 d'allocation des ressources aux différents types de communications des groupements. Cette allocation est déterminée à partir de considérations topologiques et des besoins en communication exprimés par les émetteurs/récepteurs. Les besoins de chaque émetteur récepteur d'un groupement sont organisées et regroupées selon leur type (c.à.d type intra, type inter broadcast, type inter point à point ou broadcast) par le chef du groupement puis transmis à l'émetteur récepteur central. L'allocation s'effectue en respectant par ailleurs des contraintes de voisinages entre les

différents émetteurs/récepteurs radios Cette allocation est réalisée en respectant les règles suivantes :

- 5 – En général pas d'allocation sur le même créneau temporel entre deux types de communications de groupement si le groupement source de l'un des types est dans les groupements destinataire de l'autre
- En général pas d'allocation sur le même créneau temporel entre deux types de communications de groupement si les communications de groupement comprennent des groupements destinataires communs.
- 10 – Cependant les deux règles précédentes peuvent ne pas être appliquées si les émetteurs/récepteurs impliquées sont distinctes. Ainsi si deux groupements A et B ne sont pas en voisinage fort les communications A vers Di et B vers Di peuvent utiliser le même créneau temporel, même si les communications de groupement ont des groupement destinataires communs .
- 15 – Il résulte des règles précédentes qu'il n' y a pas d'allocation sur le même créneau temporel d'une ressource utilisée pour une communication inter d'un groupement A et d'une ressource intra ou inter d'un groupement B si les 2 groupements sont en voisinage.
- 20 – Pas d'allocation multiple de la même ressource dans le réseau.

L'allocation se fait donc par affectation d'une ressource à un unique groupement pouvant utiliser ladite ressource pour une ou des communications entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement, si
25 aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant au groupement ; ou par affectation d'une ressource à un unique groupement A pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement A et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à
30 un ou plusieurs groupements voisins destinataires, si aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un desdits groupements destinataires, ou à un autre groupement B pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du groupement A, sauf éventuellement si le groupement A et le

groupement B n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio commun dans les groupements destinataires.

Ces règles permettent de résoudre les cas de conflits et l'indépendance de décision dans l'utilisation des ressources entre chefs de groupement. C'est à dire que chaque chef de groupement peut, dans la phase d'allocation de ressources aux membres du groupement, affecter les ressources aux subordonnés de son groupement sans avoir à se coordonner avec les autres chef de groupement. Ce mécanisme peut être distribué sur tout ou partie des émetteurs/récepteurs radios du réseau ou bien être réalisé par l'émetteur/récepteur central. Cet émetteur/récepteur central est choisi dynamiquement de façon à minimiser la plus grande distance en nombre de bond radio entre le récepteur central et les chefs de groupements. Cela permet de minimiser les flux de signalisation et les délais d'attribution qui sont directement proportionnels à cette distance. Dans un mode de réalisation cette allocation est réalisée de la façon suivante en ne considérant que des communications de groupement intra et de broadcast :

Le deuxième dispositif d'allocation utilise en entrée un ensemble de requêtes représentant les besoins en ressources de chaque groupement. Chaque besoin en ressource est caractérisé par :

- Le type de communication, communication intra groupe ou communication inter groupe
- Un poids qui caractérise la criticité de la demande
- Le groupement auquel est associé ce besoin de ressource.

A chaque groupement est associé un ensemble de variables, caractérisantes de la topologie, déterminé de la façon suivante :

- Une variable caractérisant la topologie intra dont le poids est fonction du rapport entre le nombre d'émetteurs/récepteurs radio dans le groupement et le nombre d'émetteurs/recepteurs radio total du réseau.
- Une variable caractérisant la topologie inter dont le poids est fonction du rapport entre le nombre de voisins à 1 et 2 bonds du groupement et la somme totale des nombres de voisins à 1 et 2 bonds de tous les groupements du réseau.

13

Par voisinage à 1 et 2 bonds d'un groupement nous entendons l'ensemble des émetteurs/récepteurs radios n'appartenant pas à ce groupement et voisin à 1 ou 2 bonds d'au moins un émetteur radio du groupement.

Un émetteur/récepteur est dit voisin à 2 bonds d'une autre
5 émetteur/récepteur s'ils ne sont pas voisins à 1 bond et s'ils ont au moins un émetteur/récepteur voisin commun.

Le dispositif d'allocation 102 considère alors chaque ressource disponible de façon séquentielle. La ressource considérée est affectée au besoin de ressource, autorisé au regard des règles exprimées plus haut et
10 dont le poids est le plus élevé. Ce besoin de ressource voit alors son poids diminuer et le dispositif traite alors la ressource disponible suivante.

Un exemple de résultat d'allocation par l'émetteur central est donné dans le tableau ci-dessous. Il correspond au réseau présenté sur la
15 figure 8 :

	CT1	CT2	CT3	CT4	CT5	CT6	CT7	CT8	CT9	CT10	CT11	CT12	CT13
Canal 1	1A	4R	3R	1R	2R	1A	4R	3R	1R	2R	1A	4R	3R
Canal 2	4A		2A		3A	4A		2A		3A	4A		2A
Canal 3	1A		2A		3A	1A		2A		3A	1A		2A
Canal 4	4A					4A					4A		
Canal 5	4A					4A					4A		

Dans le tableau précédant CT désigne le créneau temporel, xA désigne l'allocation de la ressource au groupement x pour les communications intra, xR désigne l'allocation de la ressource au groupement
20 x pour les communications inter.

On constate que dans ce réseau seul les groupements 2 et 3 ne sont pas voisins. C'est pour cette raison que le dispositif d'allocation arrive à

mettre dans le même créneau temporel des ressources inter du groupement 3 avec des ressources intra du groupement 2 (par ex. CT3) et inversement (par ex. CT13). Par contre ce cas de figure ne se produit pour les autres groupements.

5 L'allocateur parvient cependant à mettre dans le même créneau temporel des ressources intra de différents groupements.

Dans un mode de réalisation centralisé il est nécessaire que le premier dispositif 101 de détermination du ou des groupements soit ne plus adapté pour la détermination et de l'émetteur/récepteur radio central.

10

Le système comporte un troisième dispositif 103 permettant de répartir les ressources allouées à un groupement entre les différents émetteurs/récepteurs appartenant au groupement. Dans un mode de réalisation cette allocation peut être réalisée de manière distribuée entre tout
15 ou partie des émetteurs/récepteurs radio du groupement. Dans un autre mode de réalisation cette allocation peut être effectuée par l'émetteur/récepteur chef du groupement, ce mode de réalisation centralisé permet de limiter les échanges de messages et donc la charge du réseau. Ce troisième dispositif d'allocation utilise seulement le besoin immédiat, de
20 façon indépendante du besoin ayant permis l'allocation de la ressource au groupement par le dispositif 102. Il est cependant nécessaire de respecter l'attribution aux types de transmission (communication intra groupement ou communication inter groupement). Dans le cas d'une allocation centralisée l'émetteur/récepteur chef de groupement diffuse ensuite aux
25 émetteurs/récepteurs du groupement une description de l'allocation des ressources.

Dans un mode de réalisation du troisième dispositif, chaque émetteur/récepteur est caractérisé par un indice de priorité dont la valeur est par exemple N/D où N est le nombre de créneaux temporels ou de
30 ressources déjà attribués à l'émetteur/récepteur et D est le nombre d'allocation demandées par seconde. Par exemple si l'on demande 1 ressource sur 10 et que chaque ressource a une durée de 24ms alors $D=10/0,0240=4,17$. Le dispositif alloue alors les ressources pour les émetteurs/récepteurs ayant l'indice de priorité le plus prioritaire. Cette

ressource allouée à l'émetteur/récepteur doit cependant être de type compatible avec le type déterminé par le deuxième dispositif 102.

Dans une mode de réalisation il est possible de réallouer une ressource déjà allouée à un autre émetteur/récepteur. Cette réallocation ne doit cependant se faire que si l'indice de priorité de l'émetteur/récepteur est inférieur à l'indice de priorité de l'émetteur/récepteur pour lequel la ressource est réallouée.

Dans un mode de réalisation, du deuxième dispositif d'allocation 102, il est possible de définir pour chaque groupement un indice de priorité en fonction de du nombre d'émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement du nombre d'émetteurs/récepteurs radios appartenant aux groupements voisins et des ressources nécessaires aux émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement. Cet indice permettra au deuxième dispositif d'allocation des ressources de choisir les groupements ayant l'indice de priorité le plus prioritaire. Ensuite lorsqu'une ressource est allouée à un groupement l'indice de priorité dudit groupement est mise à jour. Dans un mode de réalisation cet indice peut-être $(T-t(j))/D(j)$ dans cette relation T est l'instant courant, $t(j)$ est l'instant de la dernière allocation à un groupement j et $D(j)$ est le délai maximum souhaité entre l'allocation de deux ressources. Le dispositif 102 va alors allouer des ressources au groupement j pour laquelle la relation $(T-t(j))/D(j)$ est maximale.

Dans un mode de réalisation centralisé, le deuxième dispositif 102 est contenu dans la émetteur/récepteur radio central et le troisième dispositif 103 est contenu dans les émetteurs/récepteurs chef de groupement. Ce mode de réalisation comporte un quatrième dispositif de transmission des ressources nécessaires par tout ou partie des émetteurs/récepteurs du groupement, vers l'émetteur/récepteur chef du groupement, de concaténation des ressources nécessaires par l'ensemble des émetteurs/récepteurs appartenant au groupement et de transmission des ressources nécessaires concaténées vers l'émetteur/récepteur radio central. Ce mode de réalisation comporte de plus un cinquième dispositif associé à un groupement, de transmission des ressources affectées par le deuxième

dispositif 102 vers l'émetteur/récepteur chef du groupement et de transmission des ressources affectées par le troisième dispositif 103 vers les émetteurs/récepteurs du groupement.

5 Ces dispositifs utilisent la transmission de quatres types de messages de signalisation différents :

- Un message permettant la demande de ressources, transmis par chaque subordonné du groupement vers son chef et contenant la liste des flux émis par ce subordonné. Chaque flux est caractérisé par les adresses source et destination et une valeur qui identifie le contrat de service lui même caractérisé par un débit et une latence requise, cette
10 valeur peut par exemple utiliser le champs comme sous l'acronyme DSCP pour « Differentiated Services Code Point ».
- Un message permettant la transmission par le chef de chaque groupement vers l'émetteur/récepteur radio central et qui résume les
15 demandes reçues de ses membres. Pour chaque subordonné le chef de cluster transmet une seule demande correspondant à la plus faible des latences des flux reçues de ce membre et la somme des demandes de débits des flux reçus de ce subordonné.
- Un message transmis par l'émetteur/récepteur radio central vers tous
20 les chef de groupement et contenant la liste des ressources alloués à chaque groupement.
- Un message transmis par chaque chef de groupement vers ses subordonné et contenant la liste des ressources allouées à chaque membre.

25 Dans un mode de réalisation centralisé il est nécessaire que le premier dispositif 101 de détermination du ou des groupements soit ne plus adapté pour la détermination et de l'émetteur/récepteur radio central.

30 La figure 7 donne les différentes étapes du procédé suivant un mode de réalisation de l'invention. Ce procédé comporte les étapes suivantes :

- En prérequis le système doit connaître la topologie du réseau et avoir procédé au regroupement des émetteur-récepteur avec élection d'un chef pour chaque groupement. Rappeler les références.

- Une étape d'élection de l'émetteur/récepteur central. Cette élection peut être réalisé au moyen de l'algorithme MNEP donné plus bas.
- Une étape de transmission des besoins des émetteurs/récepteurs chef de groupement vers l'émetteur/récepteur central.
- 5 – Une étape d'allocation des ressources aux différents groupements par la émetteur/récepteur central. Un exemple de réalisation de cet algorithme est décrit plus bas.
- Une étape de transmission des résultats de l'allocation central aux émetteurs/récepteurs chefs de groupement.
- 10 – Une étape d'allocation par les émetteurs/récepteurs chefs de groupement. Un exemple de réalisation de cet algorithme est décrit plus bas.
- Une étape de transmission du résultat de l'allocation par les émetteurs/récepteurs chefs de groupement vers leurs
- 15 émetteurs/récepteurs subordonnés du groupement.

Le procédé permettant la réalisation de la détermination de l'émetteur/récepteur central par élection est le suivant:

On pose les définitions suivantes/

- 20 – V l'ensemble des émetteurs/récepteurs du réseau.
- E l'ensemble des liaisons radios entre des émetteurs/récepteurs $\{x,y\}$ du réseau, avec $x \in V$ et $y \in V$ (liens non orientés)
- $w(x,y)$ le poids associé au lien (x,y) . $w(x,y) > 0$.
- $\text{dist}(x,y)$ la distance entre x et y avec $x \in V$ et $y \in V$ qui se calcule à
- 25 l'aide d'un algorithme de calcul de plus court chemin entre x et y .
- $\text{exc}(x) = \max_{y \in V} \text{dist}(x,y)$: l'excentricité d'un nœud $x \in V$.
- $\text{rad}(G) = \min_{x \in G} \text{exc}(x)$ le rayon du réseau.
- $\text{diam}(G) = \max_{x \in G} \text{exc}(x)$ le diamètre du réseau.
- Soit P l'ensemble des émetteurs/récepteurs $x \in V$ tel que $\text{exc}(x) =$
- 30 $\text{rad}(G)$. P est l'ensemble des nœuds qui sont au centre du réseau.
- L'émetteur/récepteur central est l'émetteur/récepteur $x \in P$ qui a le degré le plus élevé, c'est à dire le plus grand nombre de voisin U . En cas d'égalité l'émetteur/récepteur ayant la plus grande adresse MAC est choisie.

Le procédé permettant l'allocation inter groupement est le suivant.
A chaque requête de ressources est associée une valeur de fonction de coût.
Soit $\text{slot}(i)$ le numéro du dernier créneau temporel alloué à la requête i . Soit
 $D(i)$ la récurrence demandée par la requête i . Au créneau temporel N la
5 valeur de la fonction de coût de la requête i est $(N - \text{slot}(i)) / D(i)$. Le principe de
l'allocation inter groupement est d'allouer les ressources par groupes de T
créneaux temporels en ne considérant que les créneaux temporels de trafic
et en omittant les créneaux temporels hybrides, en satisfaisant de façon
prioritaire les requêtes en ressource dont la fonction de coût à la valeur la
10 plus élevée. Comme il existe des conflits entre certaines requêtes et que le
nombre de canaux fréquentiels disponible associé à chaque créneau
temporel d'un groupe de T créneaux temporels peut être variable, l'ordre
dans lequel les ressources sont allouées aux requêtes n'est pas indifférent.
Pour cette raison à chaque itération de l'algorithme sur un groupe de T
15 créneaux temporels, toutes les permutations des créneaux temporels de ce
groupe sont évaluées. Par permutation, tous les créneaux temporels sont
évalués un par un, et l'algorithme alloue les canaux fréquentiels aux requêtes
en respectant les conflits qui existent entre-elles (deux requêtes peuvent
partager un même créneau temporel si elles ne sont pas en conflit
20 uniquement). Une fois l'ensemble des permutations évaluées, seules sont
conservées comme candidates celles pour lesquelles sont maximaux le
nombre de ressources allouées ainsi que le nombre de requêtes auxquelles
au moins une ressource a été allouée. Une fois que l'allocation a été calculée
sur un nombre suffisant de groupes de T créneaux temporels, l'algorithme
25 calcule un motif plus court à transmettre aux émetteurs/récepteurs chefs de
groupement. Ce message plus court est soit $\text{slot_threshold} = 0$, la variable
qui doit prendre comme valeur le nombre de créneaux temporels à partir
duquel l'allocateur a alloué au moins une ressource à chaque requête, soit
 $\text{slots_pattern_starting_slot}$ et $\text{slots_pattern_ending_slot}$ qui sont les variables
30 qui prennent respectivement les valeurs des premier et dernier créneaux
temporels à retenir dans le motif long pour définir le motif court à distribuer
aux Chef de groupement du réseau.

Le procédé est basé sur un traitement itératif qui calcule une allocation sur
35 un grand nombre de créneaux temporels.

TANT QUE la longueur du motif d'allocation est inférieure à la longueur cible
FAIRE

Utiliser l'étape EVALUATION DES PERMUTATION DE T SLOTS.

Utiliser l'étape SELECTION DE LA PERMUTATION DE T SLOTS.

5 Mettre à jour les données d'allocations pour les T créneaux temporels courants sur la base de la permutation sélectionnée.

Si *slot_threshold* est nul ET au moins une ressource a été allouée à chaque requête ALORS

Positionner *slot_threshold* à la longueur actuelle du motif d'allocation.

10

Ces étapes raccourcissent le motif d'allocation long calculé auparavant pour générer un motif court à distribuer aux émetteurs/récepteurs chef de groupement du réseau. Le principe est que à partir d'une longueur initiale, plus le motif s'allonge plus le coût maximum associé aux requêtes sur ce motif diminue. Ces étapes se terminent lorsque ce coût maximum ne diminue plus de façon sensible.

15

Utiliser l'étape CALCUL DU MOTIF D'ALLOCATION.

20 Etape EVALUATION DES PERMUTATIONS DE T SLOTS

Ces étapes évaluent les différentes permutations de créneaux temporels qui existent sur une longueur de T créneaux temporels.

Trier les requêtes par ordre décroissant des valeurs de leur fonction de coût.

25 Initialiser à zéro le nombre maximum de ressources allouées pour une permutation.

Initialiser à zéro un tableau qui contiendra le nombre de ressources allouées pour chaque permutation.

30 Initialiser à zéro le nombre maximum de requêtes satisfaites pour une permutation.

Initialiser à zéro un tableau qui contiendra le nombre de requêtes satisfaites pour chaque permutation.

POUR chaque permutation des T créneaux temporels FAIRE

35 Les mises à jours des allocations de créneaux temporels aux requêtes ainsi que des valeurs de fonctions de coûts ne sont valables que dans le

contexte de la permutation considérée. Elles ne deviendront définitives que pour la permutation qui sera sélectionnée à l'issue de la boucle.

POUR chaque créneau temporel de la permutation FAIRE

POUR chaque requête de ressource FAIRE

5 Calculer la valeur de la fonction de coût associée à la requête courante si le créneau temporel considéré lui est alloué.

Trier les requêtes par ordre décroissant des valeurs de leur fonction de coût.

Déterminer le numéro réel du créneau temporel considéré.

10 POUR chaque requête de ressource (Considérées dans l'ordre décroissant des valeurs de leur fonction de coût) FAIRE

SI il reste des canaux fréquentiels libres sur le créneau temporel considéré ALORS

15 SI le créneau temporel considéré est déjà alloué (Si c'est le cas c'est forcément sur un canal fréquentiel différent) à une autre requête en conflit ALORS

SI aucun créneau temporel n'a encore été alloué à la requête courante ALORS

20 Cet étape permet de favoriser les requêtes qui n'ont encore aucune ressource qui leur a été allouée.

Décrémenter de 1 la valeur $D(i)$ de la requête courante.

SINON ALORS

25 Allouer le premier canal disponible sur le créneau temporel considéré à la requête courante.

Augmenter de 1 le nombre de ressources allouées pour la permutation courante.

SINON ALORS

30 SI aucun créneau temporel n'a encore été alloué à la requête courante ALORS

Décrémenter de 1 la valeur $D(i)$ de la requête courante.

Si nécessaire mettre à jour le nombre maximum de ressources allouées pour une permutation.

35 Comptabiliser le nombre de requêtes satisfaites par la permutation courante.

21

Si nécessaire mettre à jour le nombre maximum de requêtes satisfaites pour une permutation.

Ce test ci-dessous est une optimisation de temps de calcul.

- 5 Si le nombre de canaux utilisables par créneau temporel est le même pour tous les créneaux temporels ALORS
Sortir de la boucle POUR.

Etape SELECTION DE LA PERMUTATION DE T SLOTS

- 10 Chaque permutation ayant été évaluée, il s'agit maintenant de retenir la meilleure. Le processus est en deux étapes.

POUR chacune des permutations de T créneaux temporels FAIRE

- 15 Dans une première iteration seules les permutations ayant à la fois le maximum de ressources allouées et le maximum de requêtes satisfaites sont retenues.

Si la permutation courante satisfait le nombre maximum de requêtes ET si le nombre de ressources allouées pour la permutation courante et maximum ALORS

- 20 Conserver la permutation courante pour la deuxième étape de sélection des permutations.

Considérer *permutation_1* la première des permutations de T créneaux temporels retenues lors de la première étape.

- 25 Initialiser *selected_permutation* à la valeur *permutation_1*.

Extraire *permutation_1* de la liste des permutations de T créneaux temporels retenues lors de la première étape.

TANT QUE la liste des permutations de T créneaux temporels retenues lors de la première étape n'est pas vide FAIRE

- 30 Considérer *permutation_2* la première des permutations de T créneaux temporels retenues lors de la première étape.

Extraire *permutation_2* de la liste des permutations de T créneaux temporels retenues lors de la première étape.

POUR chaque requête (Considérées dans l'ordre décroissant des valeurs de leur fonction de coût.) *request_1* considérée dans la permutation *permutation_1* FAIRE

5 Soit *request_2* la requête de même ordre dans la permutation *permutation_2* que *request_1* dans la permutation *selected_permutation*.

SI la valeur de fonction de coût de la requête *request_2* est inférieure à la valeur de fonction de coût de la requête *request_1* ALORS

10 Assigner à *selected_permutation* la valeur *permutation_2*.

Sortir de la boucle POUR.

SINON si les valeurs sont égales ALORS

Conserver la valeur courante de *selected_permutation*.

Passer à l'itération suivante de la boucle POUR.

SINON ALORS

15 Conserver la valeur courante de *selected_permutation*.

Sortir de la boucle POUR.

La permutation sélectionnée est *selected_permutation*.

Etape CALCUL DU MOTIF D'ALLOCATION

20 Ces étapes génèrent un motif court à distribuer aux Chef de groupement du réseau.

Positionner *slots_pattern_starting_slot* à la valeur $2 * slot_threshold$.

Positionner *slots_pattern_ending_slot* à la valeur $slots_pattern_starting_slot + T - 1$.

25 Initialiser à zéro la métrique de coût maximum *previous_max_cost*.

Initialiser à zéro la métrique de coût maximum *max_cost*.

BOUCLER INDÉFINIMENT

POUR chacune des requêtes de ressources *i* FAIRE

30 POUR chaque paire de créneaux temporels successifs ($slot_1$, $slot_2$) avec $slot_1 \geq slots_pattern_starting$ et $slot_2 \leq slots_pattern_ending_slot$ FAIRE

Calculer le coût $cost = (slot_2 - slot_1) / D(i)$.

SI $cost > max_cost$ ALORS

35 $max_cost = cost$

23

Calculer le coût *loop_cost* entre les dernier et premier créneaux temporels alloués à la requête *i*.

Si *loop_cost* > *max_cost* ALORS ALORS

max_cost = *loop_cost*

5 Si la *previous_max_cost* / *max_cost* $\in$ [0.99, 1.01] ALORS

Sortir de la boucle infinie.

SINON

Incrémenter *slots_pattern_ending_slot* de *T*.

Assigner à *previous_max_cost* la valeur de *max_cost*.

10

A la fin de ces étapes, le motif calculé est le motif compris entre les créneaux temporels *slots_pattern_starting_slot* et *slots_pattern_ending_slot*.

15 Le procédé d'allocation des ressources par l'émetteur/récepteur chef de groupement est réalisé dans un mode de réalisation de la façon suivante :

L'émetteur/récepteur chef de groupement prend comme donnée d'entrée le motif d'allocation défini par l'émetteur/récepteur central et en déduit un motif
20 d'allocation comme indiqué dans la section précédente. Parmi les ressources comprises dans ce motif, certaines sont marquées faible latence. Préalablement à toute allocation, l'ensemble de ces ressources sont considérées répondre à une requête fictive.

L'algorithme considère deux types de requêtes : les requêtes grand créneau
25 temporel et les requêtes mini-créneau temporel.

Dans une première grande boucle pour chaque requête excepté la requête fictive on commence par chercher une ressource (mini-créneau temporel ou créneau temporel selon le type de la requête) libre, puis si c'est impossible on cherche à récupérer une ressource (mini-créneau temporel ou créneau
30 temporel selon le type de la requête) au détriment d'une autre requête (excepté la requête fictive). Au plus une seule ressource mini-créneau temporel est allouée par créneau temporel à chaque requête mini-créneau temporel.

Dans une seconde grande boucle un traitement très similaire est réalisé excepté que : (1) les ressources considérées ne sont que des ressources mini-créneau temporel, qui peuvent aussi bien être allouées aux requêtes mini-créniaux temporels qu'aux requêtes grands créneaux temporels ; (2) les ressources créneaux temporels allouées pendant la première grande boucle sont interdites à la récupération. La condition selon laquelle un seul mini-créneau temporel par créneau temporel peut être alloué à une requête mini-créneau temporel est toujours en vigueur.

Dans la troisième et dernière grande boucle le même traitement que lors de la seconde grande boucle est réalisé excepté que : (1) toutes les ressources allouées pendant les deux premières grandes boucles sont interdites à la récupération ; (2) au sein du même grand créneau temporel plusieurs mini-créniaux temporels peuvent désormais être alloués à une requête mini-créneau temporel.

Dans les étapes suivantes, dès qu'une allocation a été réalisée (que ce soit de créneau temporel ou de mini-créneau temporel), l'ensemble des requêtes sont triées par ordre croissant de leur fonction de coût et l'itération courante de la grande boucle en cours d'exécution (1, 2 ou 3) se termine.

Les définitions suivantes sont utilisées:

- Nressource : nombre total de mini-créniaux temporels
- kalloc : nombre total de grands créneaux temporels
- Ngroupe : nombre de requêtes
- $D(i)$: nombre de créneaux temporels requis pour la demande i
- $Koeff(i) = 1/D(i)$
- $Alloc(i, kr, k)$: la valeur de $Alloc(i, kr, k)$ indique le canal (aucun si valeur nulle) alloué à la demande i sur le mini-créneau temporel numéro kr dans la répétition k du motif défini par la émetteur/récepteur central
- $A(i, k)$: vaut 1 si la requête i est compatible du grand créneau temporel k
- $Conflit(i, j)$: vaut 1 sur les requêtes i et j sont en conflit
- interdits(créneau temporel, canal) : vaut 1 si la ressource (créneau temporel, canal) est interdite à l'allocation
- minislot(i) : indique si la requête i demande un mini-créneau temporel (1) ou un créneau temporel entier (4)
- $Salloc(i)$ indique le nombre de mini-créniaux temporels alloués à la requête i

Le procédé utilise 2 fonctions de coût f_1 et f_2 définit ci-après :

Dans la première grande boucle de l'algorithme la fonction $f_1()$ est utilisée.

Elle est définie comme suit :

- 5 Si $S_{\text{alloc}}(i) = 0$ alors $f_1(i) = 0$.
 Sinon $f_1(i) = (S_{\text{alloc}}(k) - \text{minislot}(k)) / \text{minislot}(k) * \text{Koeff}(k) + 1/1000$
 Si $f_1(i) < 1/1000$ alors $f_1(i) = 1/1000$

La division par $\text{minislot}(k)$ fait qu'en ce qui concerne la valeur de la fonction de coût, allouer 1 créneau temporel (=4 mini-créniaux temporels) à une requête créneau temporel est équivalent à allouer un mini-créneau temporel à une requête mini-créneau temporel

10 Dans la deuxième grande boucle de l'algorithme la fonction $f_2()$ est utilisée.

Elle est définie comme suit :

- Si $S_{\text{alloc}}(i) = 0$ alors $f_2(i) = 0$.
 15 Sinon $f_2(i) = (S_{\text{alloc}}(k) - 1) / \text{minislot}(k) * \text{Koeff}(k) + 1/1000$
 Si $f_2(i) < 1/1000$ alors $f_2(i) = 1/1000$

La différence entre $f_1()$ et $f_2()$ tient dans le remplacement de la valeur $\text{minislot}(k)$ par la constante 1. Cela permet que l'allocation d'un mini-créneau temporel à une requête grand créneau temporel compte moins que

20 l'allocation d'un mini-créneau temporel à une requête mini-créneau temporel.

Etapes principales du procédé

Etape GRANDE BOUCLE 1

Tant qu'au moins une ressource créneau temporel ou mini-créneau temporel a été allouée ou réallouée lors de l'itération précédente de la GRANDE BOUCLE 1 alors chercher à allouer une ressource à une requête (While convergence = 0)

30 Tant qu'il reste des requêtes à évaluer (La requête fictive est ignorée, les requêtes sont considérées les unes après les autres, dans l'ordre croissant de leur fonction de coût $f_1()$.) et qu'aucun créneau temporel n'a été alloué à la requête courante (While test2 = 0 And $I_1 < N_{\text{groupe}}$)

 Invoquer Etape BOUCLE 1 RECHERCHE DE RESSOURCE LIBRE

 Si aucune ressource n'a été allouée pendant la Etape BOUCLE 1 RECHERCHE DE RESSOURCE LIBRE alors il faut chercher à récupérer une ressource au détriment d'une autre requête

35

Utiliser l'étape Etape BOUCLE 1 RECUPERATION DE RESSOURCE

- Marquer toutes les ressources allouées aux requêtes grand créneau temporel comme étant interdites à la récupération
- 5 Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût $f_2()$
- Etape GRANDE BOUCLE 2
- Tant qu'au moins une ressource mini-créneau temporel a été allouée ou réallouée lors de l'itération précédente de la GRANDE BOUCLE 2 alors
- 10 chercher à allouer une ressource à une requête (While convergence = 0)
- Tant qu'il reste des requêtes à évaluer (La requête fictive est ignorée, les requêtes sont considérées les unes après les autres, dans l'ordre croissant de leur fonction de coût $f_2()$.) et qu'aucun mini-créneau temporel n'a été alloué à la requête courante (While test2 = 0 And I1 < N groupe)
- 15 Utiliser l'étape Etape BOUCLE 2 RECHERCHE DE RESSOURCE MINI-SLOT LIBRE
- Si aucune ressource n'a été allouée pendant l'étape Etape BOUCLE 2 RECHERCHE DE RESSOURCE MINI-SLOT LIBRE alors il faut
- 20 chercher à récupérer une ressource au détriment d'une autre requête.
- Utiliser l'étape Etape BOUCLE 2 RECUPERATION DE RESSOURCE MINI SLOT
- Marquer toutes les ressources allouées pendant les traitements réalisés pendant l'étape GRANDE BOUCLE 1 et l'étape GRANDE BOUCLE 2
- 25 comme étant interdites à la récupération
- Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût $f_2()$
- Etape GRANDE BOUCLE 3
- Tant qu'au moins une ressource mini-créneau temporel a été allouée ou réallouée lors de l'itération précédente de la GRANDE BOUCLE 3 alors
- 30 chercher à allouer une ressource à une requête (While convergence = 0)
- Tant qu'il reste des requêtes à évaluer (La requête fictive est ignorée, les requêtes sont considérées les unes après les autres, dans l'ordre croissant de leur fonction de coût $f_2()$.) et qu'aucun créneau temporel n'a
- 35 été alloué à la requête courante (While test2 = 0 And I1 < N groupe)

Utiliser l'étape Etape BOUCLE 3 RECHERCHE DE RESSOURCE
MINI SLOT LIBRE

5 Si aucune ressource n'a été allouée pendant l'étape Etape BOUCLE
3 RECHERCHE DE RESSOURCE MINI SLOT LIBRE alors il faut
chercher à récupérer une ressource au détriment d'une autre
requête.

Utiliser l'étape Etape BOUCLE 3 RECUPERATION DE
RESSOURCE MINI SLOT

10 Etape BOUCLE 1 RECHERCHE DE RESSOURCE LIBRE

Recherche d'une ressource libre (Les grands créneaux temporels sont
considérés un par un, à partir du grand créneau temporel décalé d'une
constante (par exemple 7) par rapport au dernier grand créneau temporel
alloué à la requête courante.) (While test3 = 0 And kb < kalloc)

15 Si la requête courante est une requête grands créneaux temporels (If
mini-slot(i) = 4 Then)

Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

- le grand créneau temporel est compatible de la requête en cours
(A(i, kr) = 1)

20 - le grand créneau temporel n'est pas déjà alloué à la requête
courante (Alloc(i, krs, k) = 0)

- aucune requête en conflit avec la requête en cours n'a de
ressource au sein du grand créneau temporel

25 - il reste un canal libre sur le grand créneau temporel et sur chacun
des mini-créniaux temporels du grand créneau temporel

Si ces condition sont vérifiées alors (If test4 = 0 And canal > 0 Then)
:

Allouer les 4 mini-créniaux temporels à la requête courante

Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût f1()

30 Si la requête courante est une requête mini-créniaux temporels (If
minislot(i) = 1 Then)

Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

- dans le grand créneau temporel courant aucun mini créneau
temporel n'est déjà alloué à la requête courante

35 - le grand créneau temporel est compatible de la requête en cours

Etape BOUCLE MINI-SLOT 1

Si toutes ces condition sont vérifiées alors considérer les mini-créneaux temporels un par un jusqu'à ce qu'une ressource soit allouée à la requête courante (While imini < 4 And testmini = 0)

- 5 Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :
- aucune requête en conflit avec la requête en cours n'a de ressource sur le mini-créneau temporel
 - il reste un canal libre sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

- 10 Si ces condition sont vérifiées alors (If test4 = 0 And canal > 0 Then) :

Allouer à la requête courante le mini-créneau temporel sur le premier canal libre sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

- 15 Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût f1()

Si aucune allocation de mini-créneau temporel à la requête courante n'a été faite alors (If testmini = 0 Then)

Etape BOUCLE MINI-SLOT 2

- 20 Faire le même traitement que dans la BOUCLE MINI SLOT 1 mais en acceptant d'allouer un canal sur un mini-créneau temporel même si ce canal n'est pas libre sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel.

Etape BOUCLE 1 RECUPERATION DE RESSOURCE

- 25 Recherche d'une ressource à récupérer (Les grands créneaux temporels sont considérés un par un, à partir du grand créneau temporel décalé d'une constante (par exemple 7) par rapport au dernier grand créneau temporel alloué à la requête courante.) (While test3 = 0 And kb < kalloc)

Par défaut la ressource considérée est récupérable.

- 30 Si la requête courante est une requête grands créneaux temporels (If mini-slot(i) = 4 Then)

Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

- le grand créneau temporel est compatible de la requête en cours (A(i, kr) = 1)

- le grand créneau temporel n'est pas déjà alloué à la requête courante ($\text{Alloc}(i, \text{krs}, k) = 0$)

Si toutes ces condition sont vérifiées alors considérer un par un les 4 mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

5 Chercher s'il existe sur le mini-créneau temporel courant une requête j ayant un canal qui lui est alloué et qui est en conflit avec la requête courante i. Si c'est le cas et que ou bien ($(f1(i, n+1) > f1(j, n))$ ou ($f1(i, n+1) = f1(j, n)$ et $i > j$) ou que la préemption au profit de i au détriment de j est interdite alors

10 aucune récupération de canal n'est possible sur le grand créneau temporel.

S'il est possible de récupérer un canal sur la ressource grand créneau temporel alors (If test4 = 0 Then)

15 Rechercher la requête au détriment de laquelle la ressource va être récupérée

Allouer à la requête courante tous les mini-créneaux temporels sur le canal sélectionné

Dés-allouer les ressources appropriées :

20 Pour les requêtes en conflit avec la requête courante, tous les canaux alloués sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

Pour les requêtes pas en conflit avec la requête courante, uniquement le canal qui a été récupéré, sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

25 Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût $f1()$

Si la requête courante est une requête mini-créneaux temporels (If mini-slot(i) = 1 Then)

Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

30 - dans le grand créneau temporel courant aucun mini créneau temporel n'est déjà alloué à la requête courante

- le grand créneau temporel est compatible de la requête en cours

Etape BOUCLE MINI-SLOT 3

35 Si toutes ces condition sont vérifiées alors considérer un par un les 4 mini-créneaux temporels du grand créneau temporel jusqu'à ce

qu'une ressource ait pu être allouée à la requête courante au détriment d'une autre requête (While imini < 4 And testmini = 0)

Chercher s'il existe sur le mini-créneau temporel courant une requête j ayant un canal qui lui est alloué et qui est en conflit avec la requête courante i. Si c'est le cas et que ou bien ((f1(i, n+1) > f1(j, n)) ou (f1(i, n+1) = f1(j, n) et i > j) ou que la préemption au profit de i au détriment de j est interdite alors aucune récupération de canal n'est possible sur le mini-créneau temporel courant

S'il est possible de récupérer un canal sur le mini-créneau temporel alors (If test4 = 0 Then

Rechercher la requête au détriment de laquelle la ressource va être récupérée Allouer à la requête courante le mini-créneau temporel sur le canal sélectionné

Dés-allouer les ressources appropriées

Pour chaque requête en conflit avec la requête courante :

Si la requête est une requête grand créneau temporel, tous ses canaux sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

Si la requête est une requête mini-créneau temporel, son canal sur le mini-créneau temporel réalloué à la requête courante

Pour chaque requête pas en conflit avec la requête courante :

Si la requête est une requête grand créneau temporel, uniquement le canal qui a été récupéré sur tous les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel

Si la requête est une requête mini-créneau temporel, uniquement le canal qui a été récupéré sur le mini-créneau temporel réalloué à la requête courante

Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût f1()

Etape BOUCLE 2 RECHERCHE DE RESSOURCE MINI-SLOT LIBRE

Recherche d'une ressource libre (Les grands créneaux temporels sont considérés un par un, à partir du grand créneau temporel décalé d'une constante (par exemple 7) par rapport au dernier grand créneau temporel alloué à la requête courante) (While test3 = 0 And kb < kalloc)

5 Considérer un par un les mini-créneaux temporels du grand créneau temporel (While imini < 4 And testmini = 0)

 Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

10 - il y a au moins un canal non interdit sur le mini-créneau temporel courant

 - la requête courante si elle est mini-créneau temporel n'a pas déjà un canal sur l'un des mini-créneaux temporels du grand créneau temporel –

15 - le grand créneau temporel est compatible de la requête en cours (A(i, kr) = 1)

 - le mini-créneau temporel n'est pas déjà alloué à la requête courante (Alloc(i, krs, k) = 0

 Si toutes ces condition sont satisfaites alors

 Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

20 - il y a un canal de libre sur le mini-créneau temporel

 - aucune requête en conflit ne possède de canal sur le mini-créneau temporel

 Si ces deux conditions sont vérifiées alors (If test4 = 0 And canal > 0 Then)

25 Allouer le mini-créneau temporel courant à la requête courante sur le premier canal libre

 Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût f2()

Etape BOUCLE 2 RECUPERATION DE RESSOURCE MINI SLOT

30 Recherche d'une ressource à récupérer (Les grands créneaux temporels sont considérés un par un, à partir du grand créneau temporel décalé d'une constante (par exemple 7) par rapport au dernier grand créneau temporel alloué à la requête courante.) (While test3 = 0 And kb < kalloc)

 Par défaut la ressource considérée est récupérable.

Considérer un par un les mini-créniaux temporels du grand créneau temporel (While $i_{mini} < 4$ And $test_{mini} = 0$)

Vérifier que les conditions suivantes sont satisfaites :

- 5 - il y a au moins un canal non interdit sur le mini-créniaux temporel courant
- la requête courante si elle est mini-créniaux temporel n'a pas déjà un canal sur l'un des mini-créniaux temporels du grand créneau temporel
- le grand créneau temporel est compatible de la requête en cours
- 10 ($A(i, kr) = 1$)
- le mini-créniaux temporel n'est pas déjà alloué à la requête courante ($Alloc(i, krs, k) = 0$)

Si toutes ces condition sont vérifiées alors chercher s'il existe sur le mini-créniaux temporel courant une requête j ayant un canal qui lui est alloué et qui est en conflit avec la requête courante i. Si c'est le cas et que ou bien ($f2(i, n+1) > f2(j, n)$) ou ($f2(i, n+1) = f2(j, n)$ et $i > j$) ou que la préemption au profit de i au détriment de j est interdite alors aucune récupération de canal n'est possible sur le mini-créniaux temporel courant

20 S'il est possible de récupérer un canal sur le mini-créniaux temporel alors (If $test4 = 0$ Then)

Rechercher la requête au détriment de laquelle la ressource va être récupérée

25 Allouer à la requête courante le mini-créniaux temporel sur le canal sélectionné

Dés-allouer les ressources appropriées :

Pour chaque requête en conflit avec la requête courante, son canal sur le mini-créniaux temporel réalloué à la requête courante

30 Pour chaque requête pas en conflit avec la requête courante, son canal uniquement si c'est le canal qui a été réalloué à la requête courante

Trier les requêtes par ordre croissant de leur fonction de coût $f2()$

35 Etape BOUCLE 3 RECHERCHE DE RESSOURCE MINI SLOT LIBRE

Cette procédure est identique à l'étape Etape BOUCLE 2 RECHERCHE DE RESSOURCE MINI-SLOT LIBRE excepté que la condition qui limite l'allocation à une requête d'un mini-créneau temporel par grand créneau temporel n'est plus vérifiée

5

Etape BOUCLE 3 RECUPERATION DE RESSOURCE MINI SLOT

Cette procédure est identique à l'étape Etape BOUCLE 2 RECUPERATION DE RESSOURCE MINI SLOT excepté que la condition qui limite l'allocation à une requête d'un mini-créneau temporel par grand créneau temporel n'est plus vérifiée

10

Dans un mode de réalisation, certains créneaux temporels sont divisés en une pluralité de sous créneaux temporels (un partage avantageux peut-être de partager les créneaux temporels en quatre sous créneaux temporels). Le deuxième dispositif 102 ou le troisième dispositif 103 sont adaptés pour utiliser ces sous créneaux temporels. La configuration des créneaux temporels pouvant être partagés est réalisé durant une étape qui précède l'utilisation du système ou durant l'utilisation du système. Ce partage des créneaux temporels permet de transmettre des données ayant besoin d'un faible débit et d'une faible latence. Ces types de données sont par exemple des données de signalisation ou des données temps réel. Cependant il est nécessaire de traiter ces deux types de données de façon différente, en effet la transmission des données de signalisation est permanente alors que la transmission de données temps réel est activée à la demande. Il en résulte donc que lorsque la transmission de données temps réel n'est pas activée les sous créneaux temporels sont disponibles pour la transmission d'autres types de données. Le troisième dispositif 103 peut ne pas être autorisé à utiliser un sous créneau temporel, alloué à un groupement qui coïncide temporellement avec un autre créneau temporel, contenant des seconds sous créneaux temporels, si des émetteurs/récepteurs radios du groupement participent à un échange de données utilisant un de ces seconds sous créneaux temporels. Afin d'éviter qu'un grand nombre de sous créneaux temporels préemptables soient attribués à un même groupement, le deuxième dispositif n'alloue pas des sous créneaux temporels consécutifs à un même groupement. Si certains

15

20

25

30

35

des sous créneaux temporels n'ont pas pu être alloués à des données temps réels, ils peuvent être utilisés pour la transmission d'autres types de données.

- 5 Dans un mode de réalisation un sixième dispositif permet de mémoriser les ressources utilisables par émetteurs/récepteurs radios ou par groupement. De plus, dans ce mode de réalisation, le deuxième et le troisième dispositif d'allocation sont adaptés pour l'allocation de ressources à un émetteur/récepteur radio ou un groupement, uniquement si la ressource
- 10 est indiquée comme étant utilisable par l'émetteur/récepteur radio ou le groupement. Ce mode de réalisation permet de gérer une possible scission du réseau en deux réseaux indépendants et d'éviter alors des interférences entre ces deux réseaux indépendants.

REVENDICATIONS

1. Système d'allocation de ressources de communications, une ressource
5 comprenant un créneau temporel et au moins un canal associé, ledit canal comprenant au moins une fréquence d'émission et/ou de réception utilisable durant ledit créneau temporel, dans un réseau maillé mobile comprenant:
- un premier ensemble d'émetteurs/récepteurs radios communiquant entre
10 eux par l'intermédiaire de liaisons radios,
 - au moins un groupement, comportant un deuxième ensemble d'au moins un émetteur/récepteur radio dudit premier ensemble, ledit deuxième ensemble comprenant un émetteur/récepteur chef dans une relation chef subordonnés avec l'ensemble des émetteurs/récepteurs radio du
15 deuxième ensemble ; et
 - un émetteur/récepteur radio central du réseau appartenant audit premier ensemble,
- ledit système étant caractérisé en ce qu'il comporte:
- des premiers moyens de détermination dudit ou desdits groupement,
 - 20 – des deuxièmes moyens d'allocation de tout ou partie desdites ressources :
- par affectation d'une ressource à un unique groupement pouvant utiliser ladite ressource pour une ou des communications entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement ; ou
 - 25 – par affectation d'une ressource à un unique premier groupement pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit premier groupement et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à un ou plusieurs groupements voisins destinataires, si aucune des autres
30 ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un desdits groupements destinataires, ou à un deuxième groupement, pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du premier groupement, sauf si le premier groupement et le deuxième groupement n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio
35 commun dans les groupements destinataires

- des troisièmes moyens d'allocation, pour tout ou partie des groupements, de tout ou partie des ressources allouées audit groupement, à un des émetteurs/récepteurs radios du groupement

5

2. Système selon la revendication 1 dans lequel lesdits deuxièmes moyens sont adaptés entre autre pour;

- initialiser un indice de priorité associé à chacun desdits groupement à partir;
- 10 – du nombre d'émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement
- du nombre d'émetteurs/récepteurs radios appartenant aux groupements voisins ; et
- 15 – des besoins de ressources nécessaires aux émetteurs/récepteurs radios appartenant au groupement
- affecter une ressource au groupement ayant l'indice de priorité le plus faible et pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement,
- 20 – affecter une ressource au premier groupement ayant l'indice de priorité le plus faible et pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à un
- 25 ou plusieurs groupements destinataires voisins, si aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un des groupements voisins ou à un autre deuxième groupement pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du premier groupement, sauf éventuellement si ledit premier groupement et
- 30 ledit deuxième groupement n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio commun appartenant à l'un des groupements destinataires ; et
- mettre à jour de l'indice de priorité suite à une affectation de
- 35 ressource

3. Système selon la revendication 1 ou 2 dans lequel ;
lesdits premiers moyens de détermination sont en outre adaptés pour la
détermination dudit émetteur/récepteur radio central, ledit système
comprenant en outre;
- des quatrièmes moyens, associés à un groupement, de
transmission des ressources nécessaires par tout ou partie des
émetteurs/récepteurs radios du groupement, vers
l'émetteur/récepteur chef du groupement, de concaténation des
ressources nécessaires par l'ensemble des émetteurs/récepteurs
radios appartenant au groupement et de transmission des
ressources nécessaires concaténées vers l'émetteur/récepteur
radio central,
 - des cinquièmes moyens associés à un groupement, de
transmission des ressources affectées par les deuxièmes moyens
vers l'émetteur/récepteur chef du groupement et de transmission
des ressources affectées par les troisièmes moyens vers les
émetteurs/récepteurs radios du groupement
4. Système selon l'une des revendications 1 à 3 dans lequel les deuxièmes
moyens et/ou les troisièmes moyens sont adaptés pour le partage des
créneaux temporels en sous créneaux temporels et l'affectation des sous
créneaux temporels à des émetteurs/récepteurs radios pouvant être
différents ou des groupements pouvant être différents.
5. Système selon l'une des revendications 1 à 4, comprenant en outre des
sixièmes moyens, pour tout ou partie des émetteurs/récepteurs radios et
des groupements, de mémorisation d'une autorisation d'utilisation par
l'émetteur/récepteur radio ou le groupement de tout ou partie des
ressources disponibles ;
et dans lequel lesdits troisièmes moyens sont adaptés en outre pour ne
pas affecter une ressource à un émetteur/récepteur radio ou à un
groupement si ledit émetteur/récepteur radio ou ledit groupement n'est
pas autorisé à utiliser ladite ressource.

6. Procédé d'allocation de ressources de communications, une ressource comprenant un créneau temporel et au moins un canal associé, ledit canal comprenant au moins une fréquence d'émission ou de réception utilisable durant ledit créneau temporel, dans un réseau maillé mobile comprenant:
- un premier ensemble d'émetteurs/récepteurs radios communiquant entre eux par l'intermédiaire de liaisons radios,
 - au moins un groupement, comportant un deuxième ensemble d'au moins un émetteur/récepteur radio dudit premier ensemble, ledit deuxième ensemble comprenant un émetteur/récepteur chef dans une relation chef subordonné avec l'ensemble des émetteurs/récepteurs radio
 - une émetteur/récepteur radio central du réseau appartenant audit premier ensemble,
- ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte:
- une première étape de détermination du ou desdits groupement
 - une deuxième étape d'allocation de tout ou partie desdites ressources :
 - par affectation d'une ressource à un unique groupement pouvant utiliser ladite ressource pour une ou des communications entre des émetteurs/récepteurs radios dudit groupement; ou
 - par affectation d'une ressource à un unique premier groupement pouvant utiliser ladite ressource pour la communication entre des émetteurs/récepteurs radios dudit premier groupement et des émetteurs/récepteurs radios appartenant à un ou plusieurs groupements voisins destinataires, si aucune des autres ressources partageant le même créneau temporel avec ladite ressource n'est déterminée comme appartenant à un desdits groupements destinataires, ou à un deuxième groupement pour des liaisons vers un desdits groupements destinataires du premier groupement, sauf si le premier groupement et le deuxième groupement n'ont aucun émetteur/récepteur ayant un voisin radio commun dans les groupements destinataires
 - une troisième étape d'allocation, pour tout ou partie des groupements, de tout ou partie des ressources allouées audit groupement, par l'émetteur/récepteur chef du groupement à un des émetteurs/récepteurs radios du groupement.