

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

11 N° de publication : **3 139 964**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)
21 N° d'enregistrement national : **22 09295**

51 Int Cl⁸ : **H 04 L 41/12 (2022.01), H 04 W 88/16, 84/18**

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION**

A1

22 Date de dépôt : 15.09.22.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 22.03.24 Bulletin 24/12.

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) : **COMETA SAS — FR.**

72 Inventeur(s) : **CARNICELLI Vito et THANH HAI DES-CHAUX BEAUME-DANG Thanh.**

73 Titulaire(s) : **COMETA SAS.**

74 Mandataire(s) : **JACOBACCI CORALIS HARLE.**

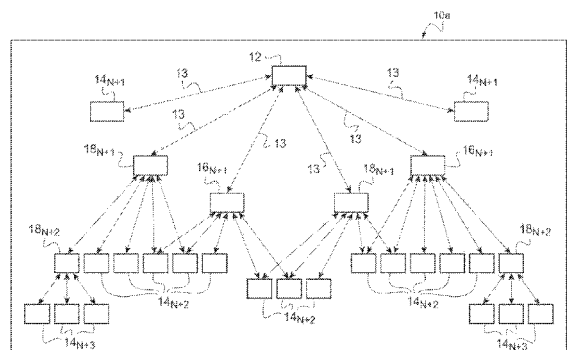
54 Procédé de gestion d'un réseau de communication, réseau de communication et entité associés.

57 L'invention concerne un procédé de gestion d'un réseau de communication (10a) comprenant une passerelle principale (12) et une pluralité d'entités (14N + 1, 16N + 1, 18N + 1, 14N + 2, 18N + 2, 14N + 3), le procédé comprenant une phase de découverte descendante totale comprenant les étapes suivantes :

- émission d'un message radio de découverte de premier niveau par la passerelle principale,
- en cas de réception du message de découverte de premier niveau par une entité réceptrice, émission d'un message radio de réponse de premier niveau par cette entité réceptrice, puis
- émission d'un message radio de découverte de deuxième niveau par chaque entité de premier niveau,
- en cas de réception du message de découverte de deuxième niveau par une entité réceptrice, émission d'un message de réponse de deuxième niveau par l'entité réceptrice, et
- émission d'un message radio de rapport par chaque entité de premier niveau.

L'invention concerne également un réseau de communication et une entité d'un tel réseau.

Figure pour l'abrégié : Fig. 2



FR 3 139 964 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé de gestion d'un réseau de communication, réseau de communication et entité associés

Domaine technique de l'invention

- [0001] La présente invention concerne de manière générale le domaine des réseaux de communication.
- [0002] Elle trouve une application particulièrement avantageuse pour la gestion de services urbains dans le cadre d'une ville intelligente, comme par exemple pour la gestion de l'éclairage public d'un quartier d'une ville.
- [0003] Elle concerne plus particulièrement un procédé de gestion d'un réseau de communication, un réseau de communication et une entité d'un réseau de communication.

Etat de la technique

- [0004] Les villes intelligentes (ou « *smart city* » selon l'appellation d'origine anglo-saxonne) sont des villes intégrant des technologies, comme des réseaux de communication, permettant de gérer les services urbains et d'en améliorer la qualité.
- [0005] La plupart des réseaux de communication mis en œuvre dans un tel contexte repose sur une transmission de signaux unidirectionnelle, en partant d'une passerelle principale (ou « *gateway* ») jusqu'au capteur formant l'extrémité du réseau de communication et fournissant le service associé.
- [0006] Le protocole de communication radio LoRaWAN (pour « *Long-Range Wide-Area Network* ») est un exemple d'un tel réseau de communication utilisé dans le cadre des villes intelligentes.
- [0007] Cependant, dans de tels réseaux de communication basés uniquement sur une transmission de signaux descendante, les canaux de communication sont souvent très encombrés, conduisant alors à un débit de transmission très lent. Cela génère d'ailleurs d'importantes pertes dues à ces collisions de signaux dans ces canaux.
- [0008] Par ailleurs, de tels réseaux de communication nécessitent forcément la connexion à un réseau externe de grande portée (tel qu'un réseau internet). Une coupure de ce réseau externe de grande portée conduit alors au dysfonctionnement des services urbains associés, ce qui peut avoir des conséquences contraignantes pour les utilisateurs.

Présentation de l'invention

- [0009] La présente invention propose d'améliorer la gestion d'un réseau de communication en permettant un fonctionnement local, c'est-à-dire sans connexion à un réseau externe de grande portée et avec de faibles puissances d'émission.
- [0010] Plus particulièrement, on propose selon l'invention un procédé de gestion d'un

réseau de communication radio comprenant une passerelle principale et une pluralité d'entités aptes à communiquer entre elles et avec la passerelle via au moins un canal de communication radio, le procédé comprenant une phase de découverte descendante totale comprenant les étapes suivantes :

- émission d'un message radio de découverte de premier niveau par la passerelle principale, le message radio de découverte de premier niveau étant conçu pour déclencher un message de réponse de premier niveau d'au moins une entité,
- en cas de réception du message de découverte de premier niveau par une entité dite réceptrice, émission d'un message radio de réponse de premier niveau par cette entité réceptrice, le message de réponse étant conçu pour indiquer, à la passerelle principale, d'une part, que l'entité réceptrice possède une faculté de communication directe avec la passerelle principale et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, l'entité réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de premier niveau, puis
- émission d'un message radio de découverte de deuxième niveau par chaque entité de premier niveau, le message de découverte de deuxième niveau étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité n'étant pas qualifiée en tant qu'entité de premier niveau,
- en cas de réception du message de découverte de deuxième niveau par une entité, dite réceptrice, non qualifiée en tant qu'entité de premier niveau, émission d'un message de réponse de deuxième niveau par l'entité réceptrice, le message de réponse de deuxième niveau étant conçu pour indiquer, à l'entité de premier niveau émettrice du message de découverte de premier niveau, d'une part, que l'entité réceptrice présente un canal de communication direct avec l'entité de premier niveau, et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, l'entité réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de deuxième niveau,
- émission d'un message radio de rapport par chaque entité de premier niveau, le message radio de rapport étant conçu pour indiquer, à la passerelle principale, l'identifiant de chaque entité de second niveau apte à communiquer avec ladite entité de premier niveau.

[0011] Ainsi, de manière avantageuse selon l'invention, grâce à une mise en œuvre de proche en proche, entre entités de rangs successifs, la phase découverte totale est optimisée. De plus, la mise en œuvre locale, par une transmission de signaux radio-fréquences, permet d'améliorer l'efficacité de la découverte totale. Cette mise en œuvre ne nécessite pas l'utilisation de connexion à grande portée, ni une gestion par un serveur distant qui risquerait d'entraîner des saturations de certains canaux de communication lors de transmissions simultanées des signaux.

[0012] D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du procédé de gestion d'un réseau de communication conforme à l'invention, prises individuellement ou selon

toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- la phase de découverte descendante totale comprend en outre, dans le cadre d'itérations de rang $n+1$ avec n un nombre entier supérieur ou égal à 2, les étapes suivantes :

- [0013] a1) émission d'un message radio de découverte de niveau $n+1$ par chaque entité de niveau n , le message de découverte de niveau $n+1$ étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité n'étant pas qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur ou égal à n ,
- [0014] b1) en cas de réception du message de découverte de niveau $n+1$ par une entité, dite réceptrice, non qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur à n , émission d'un message de réponse de niveau $n+1$ par l'entité réceptrice, le message de réponse de niveau $n+1$ étant conçu pour indiquer, à l'entité de niveau n émettrice du message de découverte de niveau $n+1$, d'une part, que l'entité réceptrice présente un canal de communication direct avec l'entité de niveau n , et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, l'entité réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de niveau $n+1$,
- [0015] c1) émission d'un message radio de rapport par chaque entité de niveau n , le message radio de rapport étant conçu pour être relayé par les entités de niveau inférieur à n jusqu'à atteindre la passerelle principale et indiquer, à la passerelle principale, l'identifiant de chaque entité de niveau $n+1$ apte à communiquer avec ladite entité de niveau n ;
- il est également prévu une phase de découverte partielle comprenant des étapes de :
- [0016] a2) émission d'un message radio de découverte de niveau k par l'une quelconque des entités et/ou de la passerelle principale, le message de découverte de niveau k étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité n'étant pas qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur ou égal à k ,
- [0017] b2) en cas de réception du message de découverte de niveau k par une entité, dite réceptrice, non qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur à $k-1$, émission d'un message de réponse de niveau k par l'entité réceptrice, le message de réponse de niveau k étant conçu pour indiquer, à l'entité de niveau $k-1$ émettrice du message de découverte de niveau k , d'une part, que l'entité réceptrice présente un canal de communication direct avec l'entité de niveau $k-1$, et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, l'entité réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de niveau k ,
- [0018] c2) émission d'un message radio de rapport par l'entité de niveau $k-1$, le message radio de rapport étant conçu pour être relayé par les entités de niveau inférieur à $k-1$ jusqu'à atteindre la passerelle principale et indiquer, à la passerelle principale, l'identifiant de l'entité de niveau k apte à communiquer avec ladite entité de niveau $k-1$;
- il est également prévu une phase de découverte ascendante d'une nouvelle entité

comprenant des étapes de :

- [0019] a3) émission d'un message radio de présence par la nouvelle entité à destination de la passerelle principale et de la pluralité d'entités, le message de présence étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité parmi la passerelle principale et la pluralité d'entités,
- [0020] b3) puis, en cas de réception du message de présence par la passerelle principale ou l'une des entités parmi la pluralité d'entités, mise en œuvre de la phase de découverte partielle ;
- il y a émission d'un message de réponse uniquement lorsque le message de présence présente un rapport signal sur bruit supérieur à 10 décibels ;
 - il y a émission d'un message de réponse uniquement lorsque le message de découverte présente un rapport signal sur bruit supérieur ou égal à 10 décibels ;
 - il est prévu une phase de découverte horizontale comprenant des étapes de :
- [0021] a4) émission d'un message radio de découverte de niveau k par l'une quelconque des entités de niveau k dite émettrice de niveau k, le message de découverte de niveau k étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une autre entité de niveau k,
- [0022] b4) en cas de réception du message de découverte de niveau k par l'autre entité de niveau k, dite réceptrice de niveau k, émission d'un message de réponse de niveau k par l'entité réceptrice, le message de réponse de niveau k étant conçu pour indiquer, à l'entité émettrice de niveau k, d'une part, que l'entité réceptrice de niveau k présente un canal de communication direct avec l'entité émettrice de niveau k, et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, les entités réceptrice et émettrice de niveau k étant alors qualifiées en tant que entités relais de niveau k,
- [0023] c4) émission d'un message radio de rapport par l'entité réceptrice de niveau k, le message radio de rapport étant conçu pour être relayé par l'entité émettrice de niveau k et des entités de niveau inférieur à k-1 jusqu'à atteindre la passerelle principale et indiquer, à la passerelle principale, les identifiants des entités émettrice et réceptrice de niveau k apte à communiquer ensemble ;
- la passerelle principale dispose d'une liste d'identifiant d'entités autorisées, dite liste blanche, et il est prévu, dans la phase de découverte descendante totale, dans la phase de découverte partielle ou dans la phase de découverte horizontale, une vérification, par la passerelle principale, de l'appartenance de chaque identifiant reçu à la liste blanche ;
 - la passerelle principale dispose d'une liste d'identifiant d'entités interdites, dite liste noire, et il est prévu, dans la phase de découverte descendante totale, dans la phase de découverte partielle ou dans la phase de découverte horizontale, une étape d'exclusion de l'entité concernée si l'identifiant reçu associé appartient à la liste noire ;

- chaque entité, de niveau k, dispose d'une liste des entités de niveau supérieur par rapport à elle avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct ;
- chaque entité, de niveau k, dispose d'une liste des entités de niveau inférieur par rapport elle avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct ;
- chaque entité, de niveau k, dispose d'une liste des entités de même niveau avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct ;
- chaque entité de niveau k comprend un canal de communication configuré pour permettre la transmission et la réception d'un message avec une entité de niveau k-1 et un canal de communication configuré pour permettre la transmission et la réception d'un message avec une entité de niveau k+1 ;
- au moins une entité de niveau k comprend un canal de communication configuré pour permettre la transmission et la réception d'un message avec une autre entité de niveau k ;
- la passerelle principale dispose d'une pluralité de tables de voisinage comprenant, pour chaque entité du réseau de communication, une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct ;
- il est prévu une étape de transmission du message dans le réseau de communication sur la base des tables de voisinage dont dispose la passerelle principale ; et
- pour la transmission du message dans le réseau de communication, pour chaque niveau d'entité, l'entité mettant en œuvre la transmission du message est sélectionnée de manière aléatoire.

[0024] L'invention concerne également un réseau de communication comprenant une passerelle principale, une pluralité d'entités et un module de commande configuré pour mettre en œuvre un procédé de gestion tel qu'introduit précédemment.

[0025] D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives du réseau de communication conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- chaque entité comprend une unité de communication configurée pour recevoir et émettre un message selon un premier canal de communication et pour recevoir et émettre un message selon un deuxième canal de communication distinct du premier canal de communication ;
- l'unité de communication de chaque entité comprend au moins deux modules récepteurs configurés, chacun respectivement, pour recevoir un message selon le premier canal de communication et pour recevoir un message selon le deuxième canal de communication et au moins un module émetteur configuré pour émettre sur le premier canal de communication et le deuxième canal de communication alternativement ;

- chaque entité comprend une unité de commande configurée pour mémoriser une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct et pour piloter l'unité de communication en fonction de la table de voisinage ; et

- le module de commande comprend une unité de stockage mémorisant la liste blanche, la liste noire et au moins une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles chaque entité peut communiquer via un canal de communication direct.

[0026] L'invention concerne enfin une entité d'un réseau de communication comprenant :

[0027] - une unité de communication configurée pour recevoir et émettre un message selon un premier canal de communication et pour recevoir et émettre un message selon un deuxième canal de communication distinct du premier canal de communication, et

[0028] - une unité de commande configurée pour mémoriser une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct et pour piloter l'unité de communication en fonction de la table de voisinage.

[0029] D'autres caractéristiques avantageuses et non limitatives de l'entité conforme à l'invention, prises individuellement ou selon toutes les combinaisons techniquement possibles, sont les suivantes :

- l'unité de communication comprend au moins deux modules récepteurs configurés, chacun respectivement, pour recevoir un message selon le premier canal de communication et pour recevoir un message selon le deuxième canal de communication et au moins un module émetteur configuré pour émettre un message sur le premier canal de communication et le deuxième canal de communication alternativement ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte descendante totale, l'unité de communication étant configurée pour recevoir un message radio de découverte, pour émettre un message de réponse et pour émettre un message de rapport ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte descendante totale, l'unité de communication étant configurée pour émettre un message radio de découverte, pour recevoir un message de réponse et pour recevoir un message de rapport ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte partielle, l'unité de communication étant configurée pour recevoir un message radio de découverte, pour émettre un message de réponse et pour émettre un message de rapport ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte partielle, l'unité de communication étant configurée pour émettre un message radio de découverte, pour recevoir un message de réponse et pour recevoir un message de

rapport ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte ascendante, l'unité de communication étant configurée pour émettre un message radio de présence ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte ascendante, l'unité de communication étant configurée pour recevoir un message radio de présence ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte horizontale, l'unité de communication étant configurée pour recevoir un message radio de découverte, pour émettre un message de réponse et pour émettre un message de rapport ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de découverte horizontale, l'unité de communication étant configurée pour émettre un message radio de découverte, pour recevoir un message de réponse et pour recevoir un message de rapport ;

- l'unité de commande est configurée pour être placée dans un état de communication, l'unité de communication étant configurée pour transmettre un message de communication vers une autre entité ou une passerelle principale du réseau de communication ; et

- il est prévu des moyens de mesure de données extérieures à l'entité, l'unité de commande étant configurée pour transmettre des données acquises par les moyens de mesure dans le réseau de communication.

[0030] Bien entendu, les différentes caractéristiques, variantes et formes de réalisation de l'invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

Description détaillée de l'invention

[0031] La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

[0032] [Fig.1] représente un ensemble de réseaux de communication conforme à l'invention,

[0033] [Fig.2] est une représentation schématique détaillée d'un réseau de communication conforme à l'invention,

[0034] [Fig.3] est une représentation schématique détaillée d'une passerelle principale comprise dans le réseau de communication de la [Fig.2],

[0035] [Fig.4] est une représentation schématique d'une entité comprise dans le réseau de communication de la [Fig.2],

[0036] [Fig.5] représente, sous forme de logigramme, une phase de découverte descendante

- totale comprise dans un procédé de gestion du réseau de communication de la [Fig.2],
- [0037] [Fig.6] représente, sous forme de logigramme, une phase de découverte partielle comprise dans un procédé de gestion du réseau de communication de la [Fig.2],
- [0038] [Fig.7] représente, sous forme de logigramme, une phase de découverte horizontale comprise dans un procédé de gestion du réseau de communication de la [Fig.2], et
- [0039] [Fig.8] représente, sous forme de logigramme, une phase de découverte ascendante comprise dans un procédé de gestion du réseau de communication de la [Fig.2].
- [0040] La présente invention vise à améliorer la gestion d'un réseau de communication 10a, 10b, 10c compris dans un ensemble 1 de réseaux de communication. Comme le montre la [Fig.1], cet ensemble 1 de réseaux de communication comprend ici trois réseaux de communication 10a, 10b, 10c configurés pour communiquer entre eux par l'intermédiaire de canaux de communication 2a, 2b, 2c.
- [0041] La [Fig.2] représente un exemple du réseau de communication 10a (les réseaux de communication 10b, 10c présentent une structure similaire à celle représentée sur la [Fig.2] pour le réseau de communication 10a). La description qui suit présente l'architecture du réseau de communication 10a, les caractéristiques des réseaux de communication 10b, 10c étant similaires.
- [0042] Le réseau de communication 10a comprend une passerelle principale 12 et une pluralité d'entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} . Chacune des entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} de la pluralité d'entités est apte à communiquer avec une autre entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} de cette pluralité d'entités et avec la passerelle principale 12.
- [0043] La passerelle principale 12 forme la tête du réseau de communication 10a. Cette passerelle principale 12 est tout d'abord configurée pour communiquer avec un serveur distant (non représenté, externe au réseau de communication 10a), par exemple au moyen d'une connexion internet.
- [0044] Ensuite, la passerelle principale 12 du réseau de communication 10a est également apte à communiquer avec les autres passerelles principales des réseaux de communication 10b, 10c, par l'intermédiaire des canaux de communication 2a, 2c. La communication entre les passerelles principales des différents réseaux de communication 10a, 10b, 10c s'effectue par exemple au moyen d'une communication radiofréquence (c'est-à-dire pour laquelle la fréquence de l'onde électromagnétique qui se propage est inférieure à 300 GHz). En variante, la communication entre les passerelles principales des différents réseaux de communication 10a, 10b, 10c peut s'effectuer par l'intermédiaire d'un serveur distant.
- [0045] Enfin, la passerelle principale 12 est apte à communiquer avec les entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} de la pluralité d'entités. Pour les entités pour lesquelles la communication est directe, chaque communication entre la passerelle principale 12 et

l'une des entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} s'effectue par l'intermédiaire d'au moins un canal 13 de communication radiofréquence. De manière avantageuse selon l'invention, la communication radiofréquence s'effectue ici à une fréquence de 433 MHz (MégaHertz). Comme cela sera décrit plus en détails par la suite, l'utilisation de cette fréquence permet que chaque entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} est capable « d'écouter » sur deux canaux de communication simultanément, sans pour autant entraîner des collisions de signaux dans le réseau de communication. De plus, l'utilisation de cette fréquence permet l'utilisation du réseau de communication 1 en parallèle d'autres réseaux de communication, tels que ceux par exemple munis du protocole de communication radio LoRaWAN sans que cela n'entrave leur fonctionnement respectif.

- [0046] La passerelle principale 12 permet donc de faire le relais entre les entités du réseau de communication 10a et les éléments (autre réseau de communication, serveur distant) qui se trouvent en dehors de ce réseau de communication 10a.
- [0047] En pratique, la passerelle principale 12 comprend une unité de commande 12a munie d'un processeur 12b et d'au moins une mémoire 12c ([Fig.3]). L'unité de commande 12a comprend également un ensemble de modules fonctionnels, dont chacun est par exemple réalisé au moyen d'instructions de programme d'ordinateur mémorisées par la mémoire 12c de l'unité de commande 12a et conçues pour mettre en œuvre le module concerné lorsque ces instructions sont exécutées par le processeur 12b de l'unité de commande 12a.
- [0048] Dans le contexte de la présente invention, la pluralité d'entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} peut être classée selon différentes catégories.
- [0049] On distingue tout d'abord les différentes entités de la pluralité d'entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} en fonction de leur rang de communication avec la passerelle principale 12. En considérant que la passerelle principale 12 présente un rang N, et comme cela sera exposé en détails par la suite, les entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} aptes à communiquer directement avec la passerelle principale sont qualifiées « d'entités de premier niveau » (elle sont représentées avec l'indice N+1 sur la [Fig.2]). Puis, les entités aptes à communiquer directement avec ces entités de premier niveau sont qualifiées « d'entités de deuxième niveau » (elle sont représentées avec l'indice N+2 sur la [Fig.2]). Enfin, les entités aptes à communiquer directement avec ces entités de deuxième niveau sont qualifiées « d'entités de troisième niveau » (elle sont représentées avec l'indice N+3 sur la [Fig.2]).
- [0050] En variante, le nombre de niveau d'entités peut être différent de trois (par exemple strictement inférieur à trois, par exemple de deux, ou strictement supérieur à trois, par exemple de quatre ou cinq). De manière générale, il sera alors possible de définir des entités de niveau k par rapport à la passerelle principale 12.

- [0051] Par ailleurs, la pluralité d'entités est également classée selon le type d'entités considéré. On distingue ici trois types différents d'entités : des entités 16_{N+1} dites « répéteurs », des entités 14_{N+1} , 14_{N+2} , 14_{N+3} dites « capteurs finaux » et des entités 18_{N+1} , 18_{N+2} dites « mixtes ».
- [0052] Les entités 16_{N+1} dites « répéteurs » sont configurées pour recevoir et transmettre un message transmis. En d'autres termes, comme leur appellation l'indique, ces entités sont configurées pour répéter (en l'amplifiant ou non) le message qu'elles reçoivent en direction d'une autre entité du réseau de communication 10a ou de la passerelle principale 12.
- [0053] Par « message », on entend dans cette description une trame informatique comprenant notamment des informations d'en-tête et les données à transmettre.
- [0054] Dans l'exemple de la [Fig.2], l'entité 16_{N+1} est une entité « répéteur » de premier niveau.
- [0055] Les entités 14_{N+1} , 14_{N+2} , 14_{N+3} dites « capteurs finaux » sont des capteurs positionnés à l'extrémité du réseau de communication 10a. Dans cette description, on entend par « capteur final » un dispositif final, positionné à l'extrémité du réseau de communication 10a. Ce dispositif final comprend des dispositifs d'actionnement ou des dispositifs de mesure ou une combinaison de dispositifs d'actionnement et de dispositifs de mesure.
- [0056] Ces entités 14_{N+1} , 14_{N+2} , 14_{N+3} sont configurées pour recevoir le message transmis par communication radiofréquence par les autres entités du réseau de communication 10a et/ou par la passerelle principale 12. En d'autres termes, ces entités 14_{N+1} , 14_{N+2} , 14_{N+3} ne sont pas configurées pour répéter le message transmis (elles ne fonctionnent qu'en réception).
- [0057] Ici, le réseau de communication 10a comprend plusieurs entités 14_{N+1} dites « capteurs finaux » de premier niveau, plusieurs entités 14_{N+2} dites « capteurs finaux » de deuxième niveau et plusieurs entités 14_{N+3} dites « capteurs finaux » de troisième niveau.
- [0058] En pratique, dans l'exemple de l'application à la gestion de l'éclairage public d'un quartier d'une ville, les capteurs finaux correspondent par exemple aux actionneurs qui vont permettre de piloter des diodes électroluminescentes permettant cet éclairage public.
- [0059] Le réseau de communication 10a comprend également des entités 18_{N+1} , 18_{N+2} dites « mixtes ». Ces entités 18_{N+1} , 18_{N+2} « mixtes » présentent des caractéristiques similaires aux entités dites « capteurs finaux » (c'est-à-dire qu'elles ne sont pas configurées, dans un premier temps, pour répéter le message transmis).
- [0060] Ici, le réseau de communication 10a comprend des entités 18_{N+1} « mixtes » de premier niveau et des entités 18_{N+2} « mixtes » de deuxième niveau.

- [0061] Finalement, chaque entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} du réseau de communication 10a est qualifiée par son rang vis-à-vis de la passerelle principale 12 et par son type.
- [0062] Il est à noter que le nombre de chaque entité de chaque rang et de chaque type considéré ici pour le réseau de communication 10a est donné à titre illustratif. La présente invention s'applique de la même manière avec un réseau de communication présentant un nombre différent d'entités de chaque rang et de chaque type. Par exemple, le réseau de communication pourrait comprendre une entité de type « répéteur » de deuxième niveau.
- [0063] En pratique, chaque entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} du réseau de communication 10a comprend une unité de communication 15a et une unité de commande 15d. La [Fig.4] représente schématiquement un exemple de structure de l'entité 16_{N+1} (les autres entités présentant une structure similaire).
- [0064] L'unité de communication 15a est configurée pour recevoir et émettre un message selon un premier canal de communication C1 et pour recevoir et émettre un message selon un deuxième canal de communication C2. Cela signifie alors que chaque entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} est capable « d'écouter » sur deux canaux de communication simultanément.
- [0065] Pour cela, l'unité de communication 15a comprend alors au moins deux modules récepteurs 15b, configurés, chacun respectivement, pour recevoir un message selon le premier canal de communication C1 et pour recevoir un message selon le deuxième canal de communication C2. L'unité de communication 15a comprend également au moins un module émetteur 15c configuré pour émettre un message sur le premier canal de communication C1 ou sur le deuxième canal de communication C2.
- [0066] L'unité de commande 15d comprend un processeur 15e et au moins une mémoire 15f.
- [0067] Chaque entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} comprend également des moyens de mesure de données extérieures (à l'entité). Les données mesurées peuvent ensuite être transmises dans le réseau de communication 10a. Ces données extérieures sont par exemple des données de localisation concernant les entités du réseau.
- [0068] La présente invention concerne plus particulièrement la gestion du réseau de communication 10a. Elle vise notamment à permettre un fonctionnement local du réseau de communication 10a, c'est-à-dire que toutes les fonctionnalités du réseau de communication 10a sont accessibles grâce au seul réseau lui-même, sans connexion de grande portée (par exemple sans connexion internet).
- [0069] De manière générale, la gestion du réseau de communication 10a permet d'établir l'architecture du réseau de communication en découvrant les entités qui le constituent et en les qualifiant. La gestion du réseau de communication 10a concerne également la

transmission des signaux entre les différentes entités de ce réseau. Cette gestion concerne enfin une mise à jour du réseau de communication, par la découverte de nouvelles entités ou la redécouverte d'entités précédemment actives qui ne faisaient plus partie du réseau de communication.

- [0070] Le procédé de gestion du réseau de communication 10a conforme à l'invention comprend alors différentes phases décrites ci-après et représentées sur les figures 5 à 8. Les différentes phases de ce procédé décrites ci-après sont mises en œuvre par le processeur 12b de l'unité de commande 12a.
- [0071] La [Fig.5] est un logigramme représentant un exemple de phase Down de découverte descendante totale.
- [0072] Dans cette description, on entend par « découverte », une phase pendant laquelle chacune des entités du réseau de communication est qualifiée, c'est-à-dire que son rang (par rapport à la passerelle principale 12) est déterminé.
- [0073] On entend ici par « découverte totale », la première découverte des entités mise en œuvre dans le réseau de communication 10a. En d'autres termes, la phase de découverte totale correspond à la découverte initiale des entités du réseau de communication 10a, préalablement au fonctionnement de ce réseau.
- [0074] Enfin, une phase de découverte dite « descendante » est une phase de découverte initiée par la passerelle principale 12.
- [0075] Comme le montre la [Fig.5], la phase Down de découverte descendante totale débute par une étape E0. Lors de cette étape, la passerelle principale 12 reçoit une liste d'identifiants d'entités autorisées, dite liste blanche. La passerelle principale 12 reçoit également une liste d'identifiants d'entités interdites, dite liste noire.
- [0076] La liste blanche et la liste noire sont par exemple transmises par le serveur distant, au moyen d'une connexion filaire ou radiofréquence. En variante, la passerelle principale 12 peut recevoir la liste blanche et la liste noire par l'intermédiaire d'une connexion Bluetooth à basse consommation (ou BLE pour « Bluetooth Low Energy » selon l'acronyme d'origine anglo-saxonne couramment utilisé).
- [0077] A l'issue de l'étape E0, la passerelle principale 12 mémorise la liste blanche et la liste noire dans la mémoire 12c de son unité de commande 12a.
- [0078] La phase Down de découverte descendante totale se poursuit ensuite à l'étape E2 lors de laquelle la passerelle principale 12 dispose d'une liste courante répertoriant l'ensemble des entités composant le réseau de communication 10a. Initialement (c'est-à-dire au début de la mise en œuvre de la phase Down de découverte descendante totale), cette liste courante est vide.
- [0079] La phase Down de découverte ascendante totale comprend ensuite une étape E4 d'initialisation d'une valeur N. Cette valeur N est associée à l'entité courante qui initie le tour courant de découverte. En d'autres termes, cette valeur N correspond au rang de

l'entité qui initie le tour courant de découverte.

- [0080] Par exemple, comme indiqué précédemment, la phase Down de découverte descendante totale est initiée par la passerelle principale 12. La valeur N initiale correspond donc au rang de la passerelle initiale 12.
- [0081] Ensuite, à l'étape E6, l'entité de rang N émet un message radiofréquence (ou message radio) de découverte de premier niveau. Ce message radio de découverte de premier niveau est émis à destination de l'ensemble des entités présentes à proximité de l'entité de rang N. Ce message radio est donc émis en mode « Broadcast », c'est-à-dire sans discrimination d'entités.
- [0082] L'émission de ce message radio de découverte de premier niveau vise à permettre la découverte de toutes les entités de premier niveau du réseau de communication 10a. Le premier niveau concerne le rang d'entités par rapport au rang de l'entité qui initie la découverte ici. En d'autres termes, le premier niveau concerne ici un rang en dessous du rang de l'entité qui émet le message radio de découverte lors de l'étape E6. Ici, l'entité qui initie la découverte est l'entité de rang N, la notation associée au premier niveau est alors « N+1 ».
- [0083] Ce message radio de découverte de premier niveau est alors conçu pour déclencher un message de réponse de premier niveau (par rapport au rang N de l'entité qui initie la découverte) d'au moins une entité dite réceptrice. A l'étape E8, le message radio de découverte de premier niveau est donc reçu par au moins une entité réceptrice (présente à proximité de l'entité de rang N).
- [0084] La phase Down de découverte descendante totale se poursuit alors par l'étape E10. Lors de cette étape, chaque entité réceptrice, qui a reçu le message radio de découverte de premier niveau, évalue un rapport signal sur bruit associé à ce message radio de découverte de premier niveau reçu. Cette évaluation permet de s'assurer d'un faible risque de perte de communication pendant la transmission du message.
- [0085] Si ce rapport signal sur bruit est inférieur à une valeur seuil, la phase Down de découverte descendante totale reprend à l'étape E8.
- [0086] En revanche, si, pour au moins pour une entité réceptrice, le rapport signal sur bruit est supérieur à cette valeur seuil, le phase Down de découverte descendante totale se poursuit à l'étape E12. La valeur seuil est par exemple ici de l'ordre de 10 décibels (dB).
- [0087] A l'étape E12, l'entité réceptrice concernée émet alors un message radio de réponse de premier niveau, par l'intermédiaire d'un premier canal de communication. Ce message radio de réponse de premier niveau est conçu pour indiquer à l'entité de rang N que l'entité réceptrice possède la faculté de communiquer directement avec elle. Ce message radio de réponse de premier niveau comprend également un identifiant de l'entité réceptrice. Chaque entité réceptrice est qualifiée d'entité réceptrice « de

premier niveau » (c'est-à-dire du premier niveau en dessous de l'entité N).

- [0088] Dans le cas où plusieurs entités réceptrices sont concernées, les messages radio de réponse de premier niveau associés ne sont pas envoyés simultanément afin d'éviter les collisions dans le réseau. L'ordre d'émission par chaque entité réceptrice est pas exemple aléatoire.
- [0089] Ainsi, dans l'exemple de la [Fig.2], à l'étape E12, les entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} reçoivent chacune le message radio de découverte de premier niveau. Chacune y répond alors en émettant un message radio de réponse de premier niveau, par l'intermédiaire du canal de communication 13. Pour chaque entité 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , le message radio de réponse de premier niveau comprend l'identifiant qui lui ait associé (par exemple respectivement 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}).
- [0090] La phase Down de découverte descendante totale se poursuit à l'étape E14. Lors de cette étape, l'entité de rang N reçoit le message radio de réponse de premier niveau (émis par chacune des entités réceptrices à l'étape E12). Cette entité de rang N reçoit donc l'information concernant l'identifiant de chaque entité réceptrice et sur la possibilité de communication directe entre elles.
- [0091] Ainsi, à l'issue de l'étape E14, l'entité de rang N dispose d'une liste de découverte, répertoriant toutes les entités ayant répondu au message radio de découverte de premier niveau. En d'autres termes, l'entité de rang N dispose d'une liste de découverte répertoriant les entités qualifiées de premier niveau.
- [0092] Comme le montre la [Fig.5], la phase Down de découverte descendante totale se poursuit à l'étape E16. Lors de cette étape, l'entité de rang N émet un message radio de contrôle à l'ensemble des entités qualifiées de premier niveau. Le message de contrôle est émis, par l'intermédiaire du premier canal de communication (par lequel chaque entité réceptrice a émis le message radio de réponse de premier niveau lors de l'étape E12). Le message radio de contrôle est émis ici en mode « Broadcast », c'est-à-dire à destination de toutes les entités qualifiées de premier niveau.
- [0093] Ce message radio de contrôle est alors reçu par les entités de premier niveau (étape E18). Si une des entités réceptrices du message radio de découverte de premier niveau (à l'étape E8) ne reçoit pas le message radio de contrôle, cela signifie que l'entité de rang N n'a pas répertorié cette entité réceptrice comme une entité de premier niveau. La phase Down de découverte descendante totale reprend à l'étape E10 (l'entité de premier niveau n'ayant pas reçu le message radio de contrôle émettant à nouveau un message radio de réponse de premier niveau). Les étapes E8 à E18 sont répétées (sous l'initiative de l'entité de rang N) jusqu'à ce que toutes entités réceptrices du message radio de découverte de premier niveau soient répertoriées en tant qu'entité de premier niveau par l'entité de rang N.
- [0094] A l'issue de cette boucle d'étapes, l'entité de rang N dispose donc d'une liste de dé-

couverte répertoriant toutes les entités de premier niveau. La liste courante est donc actualisée à partir de la liste de découverte obtenue.

- [0095] Comme cela est représenté sur la [Fig.5], la phase Down de découverte descendante totale se poursuit à l'étape E20. Lors de cette étape, l'unité de commande 12a détermine si d'autres entités, autres que l'entité de rang N et les entités qualifiées de premier niveau, sont présentes.
- [0096] Si c'est le cas, la phase Down de découverte descendante totale se poursuit à l'étape E22 lors de laquelle la valeur N est écrasée par la valeur N+1. Cela signifie qu'il n'y a plus d'entités de premier niveau à découvrir mais qu'il est nécessaire d'initier la phase de découverte pour des entités de rangs autres (par exemple deuxième niveau, troisième niveau, k-ième niveau). La phase Down de découverte descendante totale reprend alors à l'étape E6 pour permettre la découverte des entités d'autres rangs.
- [0097] Les étapes E6 à E22 sont donc répétées, de manière itérative selon le rang de l'entité qui initie la découverte, pour permettre de découvrir toutes les entités présentes, en les répertoriant selon leur rang.
- [0098] Dans l'exemple de la [Fig.2], les entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} sont qualifiées d'entités de premier niveau lors de la première boucle d'étapes E6 à E22. Puis, lors d'une deuxième boucle d'étapes E6 à E22, ces entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} initient à leur tour la découverte pour qualifier les entités 14_{N+2} , 18_{N+2} d'entités de deuxième niveau. Puis encore, lors d'une troisième boucle d'étapes E6 à E22, les entités 14_{N+2} , 18_{N+2} initient la découverte pour qualifier les entités 14_{N+3} d'entités de troisième niveau.
- [0099] En pratique, les entités de même niveau (par exemple les entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} de premier niveau) n'initient pas la découverte de manière simultanée (afin d'éviter les collisions de signaux). L'entité de rang supérieur (par exemple ici l'entité de rang N) impose la séquence de découverte des entités de rang inférieur. Par exemple, la passerelle principale 12 impose que l'entité 16_{N+1} initie, en premier, la phase de découverte d'autres entités, puis l'entité 18_{N+1} .
- [0100] En variante, la séquence de découverte est mise en œuvre de manière aléatoire.
- [0101] Par ailleurs, il est à noter que les entités dites « capteurs finaux » sont associées, au maximum, à deux entités de rang supérieur (et de même rang). En d'autres termes, lors des séquences de découverte, si une entité dite « capteur final » a déjà répondu aux requêtes de deux entités différentes de rang supérieur (mais de même rang), elle ignorera les requêtes suivantes.
- [0102] Lorsque, à l'étape E20, toutes les entités ont été qualifiées, la phase Down de découverte descendante totale se poursuit à l'étape E30. Lors de cette étape, chaque entité de niveau i transmet, aux entités de rang i-1 qui lui sont associées, la liste répertoriant les entités de rangs inférieurs. Par « entités qui lui sont associées », on entend les entités de rang i-1 avec qui l'entité de rang i peut communiquer directement.

Il s'agit ici d'une transmission de la liste d'entités et de leur qualification en mode dit « Multicast », c'est-à-dire avec un groupe d'entités particulier (ici les entités en communication directe avec l'entité concernée).

- [0103] Par exemple, à titre d'illustration, l'entité 18_{N+2} de deuxième niveau transmet à l'entité 16_{N+1} de premier niveau avec qui elle communique directement, la liste des entités 14_{N+3} de troisième niveau qu'elle a qualifiées.
- [0104] Finalement, l'entité de rang le plus élevé, ici en pratique la passerelle principale 12, reçoit une liste complète répertoriant l'ensemble des entités qui ont répondu lors de la phase Down de découverte descendante totale (ainsi que leur qualification). La passerelle principale 12 reçoit également le lien de communication entre les différentes entités qui ont répondu lors de cette phase.
- [0105] A l'étape E32, l'entité de rang le plus élevé (ici la passerelle principale 12) compare la liste complète, obtenue à l'issue de l'étape E30, avec la liste blanche. En d'autres termes, la passerelle principale 12 vérifie que toutes les entités identifiées dans la liste complète sont des entités autorisées. Toutes les entités présentes dans la liste complète mais pas dans la liste blanche ne sont pas considérées comme autorisées. Elles sont alors automatiquement répertoriées dans la liste noire et sont exclues du réseau de communication 10a.
- [0106] Toutes les entités présentes dans la liste complète et la liste blanche font partie du réseau de communication 10a. La passerelle principale 12 établit alors une liste finale répertoriant l'ensemble des entités comprises dans le réseau de communication 10a. Ainsi, dans l'exemple de la [Fig.2], la liste finale recense les entités 14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3} comme éléments du réseau de communication 10a. Cette liste finale est mémorisée dans la mémoire 12c de l'unité de commande 12a de la passerelle principale 12.
- [0107] Par ailleurs, la passerelle principale 12 dispose également, pour chaque entité de son réseau, des informations concernant les entités (de rang inférieur et de rang supérieur) en communication directe avec l'entité concernée. Ainsi, pour chaque entité du réseau de communication 10a, une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer par l'intermédiaire d'un canal de communication direct est établie. Dans l'exemple de la [Fig.2], la table de voisinage de l'entité 18_{N+2} indique que cette entité 18_{N+2} est en communication directe, via un premier canal de communication, avec l'entité 16_{N+1} et, via un deuxième canal de communication, avec des entités 14_{N+3} .
- [0108] La mémoire 12c de l'unité de commande 12a de la passerelle principale 12 mémorise l'ensemble des tables de voisinage des entités comprises dans le réseau de communication 10a.
- [0109] Puis, à l'étape E34, la passerelle principale 12 initie la transmission en cascade, selon

le rang des entités, de cette liste finale. Ainsi, une entité de rang N transmet la liste finale aux entités de rang N+1 qui lui sont associées (c'est-à-dire avec qui elle est en communication directe). Chaque entité de rang N+1 confirme par un message de réception la réception de cette liste finale et compare, la liste finale, à la liste de découverte qu'elle a obtenue à l'issue de l'étape E20 afin de l'actualiser. Puis, à leur tour, chaque entité de rang N+1 transmet la liste finale aux entités de rang N+2 qui lui sont associées.

- [0110] Finalement, à l'issue de l'étape E34, et donc de la phase Down de découverte descendante totale, l'architecture du réseau de communication 10a, avec les entités qu'il comprend, est connue. De plus, chaque entité de ce réseau de communication 10a connaît les entités (de rang supérieur et de rang inférieur) avec qui elle peut communiquer directement, par l'intermédiaire d'un canal de communication direct. Chaque entité du réseau de communication 10a mémorise donc une table de voisinage répertoriant la liste des entités (de rang supérieur et de rang inférieur) avec lesquelles elle peut communiquer directement.
- [0111] Enfin, comme indiqué précédemment, et afin de permettre la gestion du réseau de communication 10a (en particulier pour la transmission des signaux au travers de ce réseau), la passerelle principale 12, en tant que tête du réseau de communication 10a, mémorise l'ensemble des tables de voisinage des entités du réseau.
- [0112] Selon une variante de réalisation, l'étape E0 peut être optionnelle. Aucune liste d'entités autorisées ou à exclure n'est fournie à la passerelle principale en début de phase de découverte. Ces listes sont alors construites au fur et à mesure de la mise en œuvre de la phase de découverte descendante totale.
- [0113] Selon une autre variante de réalisation, seule la liste blanche peut être fournie à la passerelle principale à l'étape E0 (la liste noire étant construite au fur et à mesure de la mise en œuvre de la phase de découverte descendante totale).
- [0114] La phase Down de découverte descendante totale est la phase de découverte la plus longue qui permet de déterminer l'ensemble des entités formant le réseau de communication 10a. De manière avantageuse selon l'invention, cette découverte totale est optimisée car réalisée de proche en proche selon les rangs des entités. De plus, la mise en œuvre locale, par une transmission de signaux radiofréquences, permet d'améliorer l'efficacité de la découverte totale. Cette mise en œuvre ne nécessite pas l'utilisation de connexion à grande portée, ni une gestion par un serveur distant qui risquerait d'entraîner des saturations de certains canaux de communication lors de transmissions simultanées des signaux.
- [0115] Il est à noter que la phase de découverte descendante totale est conçue de telle manière que si une entité se voit attribuer deux rangs différents par deux entités distinctes, le rang le plus élevé est associé à l'entité concernée.

- [0116] Après la phase Down de découverte descendante totale, le procédé de gestion du réseau de communication 10a comprend d'autres phases de découverte permettant l'optimisation régulière de l'architecture du réseau de communication.
- [0117] En particulier, le procédé de gestion comprend une phase Part de découverte partielle. La [Fig.6] est un logigramme représentant un exemple de phase Part de découverte partielle.
- [0118] Cette phase Part de découverte est également une phase de découverte descendante. Elle est par exemple initiée par une entité de rang k . La phase Part de découverte partielle débute donc à l'étape E50, lors de laquelle l'entité de rang k initie la découverte partielle, de manière à qualifier une entité de rang $k+1$.
- [0119] Pour cela, à l'étape E52 (similaire à l'étape E6 décrite précédemment), l'entité de rang k émet un message radiofréquence (ou message radio) de découverte de niveau $k+1$. Ce message radio de découverte de niveau $k+1$ est émis à destination de l'ensemble des entités présentes à proximité de l'entité de niveau k . Ce message radio est donc émis en mode « Broadcast ».
- [0120] L'émission de ce message radio de découverte de niveau $k+1$ vise à permettre la découverte d'une entité de niveau $k+1$ du réseau de communication 10a. Ce message radio de découverte de niveau $k+1$ est alors conçu pour déclencher un message de réponse de niveau $k+1$ d'au moins une entité dite réceptrice. A l'étape E54 (comme à l'étape E8 décrite précédemment), le message radio de découverte de niveau $k+1$ est donc reçu par au moins une entité réceptrice (présente à proximité de l'entité de niveau k).
- [0121] La phase Part de découverte partielle se poursuit alors par l'étape E56. Lors de cette étape, comme lors de l'étape E10, l'entité réceptrice, qui a reçu le message radio de découverte de niveau $k+1$, évalue un rapport signal sur bruit associé à ce message radio de découverte de niveau $k+1$ reçu. Si ce rapport signal sur bruit est inférieur à une valeur seuil, la phase Part de découverte partielle reprend à l'étape E54.
- [0122] En revanche, si le rapport signal sur bruit est supérieur à cette valeur seuil, la phase Part de découverte partielle se poursuit à l'étape E58. Ici aussi, la valeur seuil est par exemple ici de l'ordre de 10 décibels (dB).
- [0123] A l'étape E58, l'entité réceptrice concernée émet alors un message radio de réponse de niveau $k+1$, par l'intermédiaire d'un premier canal de communication. Ce message radio de réponse de niveau $k+1$ est conçu pour indiquer à l'entité de rang k que l'entité réceptrice possède la faculté de communiquer directement avec elle. Ce message radio de réponse de niveau $k+1$ comprend également un identifiant de l'entité réceptrice. L'entité réceptrice est qualifiée d'entité réceptrice « de niveau $k+1$ » (c'est-à-dire du premier niveau en dessous de l'entité k).
- [0124] Puis, la phase Part de découverte partielle se poursuit à l'étape E60, similaire à

l'étape E14 décrite précédemment. Lors de cette étape, l'entité de rang k reçoit le message radio de réponse de niveau $k+1$ (émis par chacune des entités réceptrices à l'étape E58). Cette entité de rang k reçoit donc l'information concernant l'identifiant de chaque entité réceptrice et sur la possibilité de communication directe entre elles.

- [0125] Ainsi, à l'issue de l'étape E60, l'entité de rang k actualise la liste de découverte, en répertoriant l'entité ayant répondu au message radio de découverte de niveau $k+1$.
- [0126] Comme le montre la [Fig.6], la phase Part de découverte partielle se poursuit à l'étape E62. Lors de cette étape, similaire à l'étape E16 décrite précédente, l'entité de rang k émet un message radio de contrôle à destination de l'entité qualifiée de niveau $k+1$. Le message de contrôle est émis, par l'intermédiaire du premier canal de communication (par lequel l'entité réceptrice a émis le message radio de réponse de niveau $k+1$ lors de l'étape E58). Ce message radio de contrôle est alors reçu par l'entité de niveau $k+1$ (étape E64).
- [0127] Comme le montre la [Fig.6], la phase Part de découverte partielle se poursuit à l'étape E66. Lors de cette étape, l'entité de niveau $k+1$ émet un message radio de rapport. Ce message radio de rapport est conçu pour être relayé, jusqu'à la passerelle principale 12, par les entités de rang compris entre $k+1$ et la passerelle principale 12. Ce message radio de rapport permet alors d'indiquer à la passerelle principale l'entité de rang $k+1$ découverte, ainsi que son identifiant. La passerelle principale 12 reçoit également le lien de communication entre l'entité $k+1$ qui a été découverte lors de cette phase et les autres entités connues du réseau de communication 10a.
- [0128] A l'étape E68, similaire à l'étape E32 décrite précédemment, la passerelle principale 12 vérifie si l'entité de rang $k+1$ ayant répondu au message radio de découverte de niveau $k+1$ est répertoriée dans la liste blanche des entités autorisées. Si cette entité de rang $k+1$ n'est pas dans la liste blanche, elle est exclue du réseau de communication 10a (et devient répertorié dans la liste noire).
- [0129] Si l'entité de niveau $k+1$ est répertoriée dans la liste blanche, la passerelle principale 12 actualise la liste finale des entités comprises dans le réseau de communication 10a en ajoutant l'entité de niveau $k+1$ découverte pendant la phase Part de découverte partielle.
- [0130] Par ailleurs, pour cette entité de niveau $k+1$, la passerelle principale 12 dispose également de la table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer par l'intermédiaire d'un canal de communication direct.
- [0131] Enfin, à l'étape E70, la passerelle principale 12 initie la transmission en cascade, selon le rang des entités, de cette liste finale actualisée tenant compte de l'entité de niveau $k+1$ découverte lors de la phase Part (de manière similaire à l'étape E34 décrite précédemment).
- [0132] Finalement, à l'issue de la phase Part de découverte partielle, l'entité de rang $k+1$ dé-

couverte est incluse dans le réseau de communication 10a.

- [0133] Le procédé de gestion comprend une phase Hor de découverte horizontale. La [Fig.7] est un logigramme représentant un exemple de phase Hor de découverte horizontale.
- [0134] Cette phase Hor de découverte horizontale est également une phase de découverte partielle (dans le sens où elle est mise en œuvre après la phase de découverte totale, pour optimiser l'architecture du réseau de communication 10a).
- [0135] Elle est par exemple initiée par une entité de rang k (dite entité initiatrice de rang k dans la suite). La phase Hor de découverte horizontale débute donc à l'étape E80, lors de laquelle l'entité de rang k initie la découverte horizontale, de manière à qualifier une entité de niveau k, c'est-à-dire de même rang que l'entité initiatrice.
- [0136] Pour cela, à l'étape E82 (similaire à l'étape E52 décrite précédemment), l'entité de rang k émet un message radiofréquence (ou message radio) de découverte de niveau k. Ce message radio de découverte de niveau k est émis à destination de l'ensemble des entités présentes à proximité de l'entité initiatrice de rang k.
- [0137] L'émission de ce message radio de découverte de niveau k vise à permettre la découverte d'une entité de niveau k du réseau de communication 10a. Ce message radio de découverte de niveau k est alors conçu pour déclencher un message de réponse de niveau k d'au moins une entité dite réceptrice (de niveau k). A l'étape E84 (comme à l'étape E54 décrite précédemment), le message radio de découverte de niveau k est donc reçu par au moins une entité réceptrice (présente à proximité de l'entité initiatrice de rang k).
- [0138] La phase Hor de découverte horizontale se poursuit alors par l'étape E86. Lors de cette étape, comme lors de l'étape E56, l'entité réceptrice, qui a reçu le message radio de découverte de niveau k, évalue un rapport signal sur bruit associé à ce message radio de découverte de niveau k reçu. Si ce rapport signal sur bruit est inférieur à une valeur seuil, la phase Hor de découverte horizontale reprend à l'étape E84.
- [0139] En revanche, si le rapport signal sur bruit est supérieur à cette valeur seuil, le phase Hor de découverte horizontale se poursuit à l'étape E88. Ici aussi, la valeur seuil est par exemple ici de l'ordre de 10 décibels (dB).
- [0140] A l'étape E88, l'entité réceptrice concernée émet alors un message radio de réponse de niveau k, par l'intermédiaire d'un premier canal de communication. Ce message radio de réponse de niveau k est conçu pour indiquer à l'entité initiatrice de rang k que l'entité réceptrice possède la faculté de communiquer directement avec elle. Ce message radio de réponse de niveau k comprend également un identifiant de l'entité réceptrice. L'entité réceptrice est qualifiée d'entité réceptrice « de niveau k » (c'est-à-dire du même niveau que l'entité initiatrice de rang k).
- [0141] Puis, la phase Hor de découverte horizontale se poursuit à l'étape E90, similaire à l'étape E60 décrite précédemment. Lors de cette étape, l'entité initiatrice de rang k

reçoit le message radio de réponse de niveau k (émis par l'entité réceptrice à l'étape E88). L'entité initiatrice de rang k reçoit donc l'information concernant l'identifiant de l'entité réceptrice et sur la possibilité de communication directe entre elles.

[0142] Ainsi, à l'issue de l'étape E90, l'entité initiatrice de rang k actualise la liste de découverte, en y répertoriant l'entité ayant répondu au message radio de découverte de niveau k.

[0143] Comme le montre la [Fig.7], la phase Hor de découverte horizontale se poursuit à l'étape E92. Lors de cette étape, similaire à l'étape E62 décrite précédente, l'entité initiatrice de rang k émet un message radio de contrôle à destination de l'entité qualifiée de niveau k. Le message de contrôle est émis, par l'intermédiaire du premier canal de communication (par lequel l'entité réceptrice a émis le message radio de réponse de niveau k lors de l'étape E88). Ce message radio de contrôle est alors reçu par l'entité de niveau k (étape E94).

[0144] Comme le montre la [Fig.7], la phase Hor de découverte horizontale se poursuit à l'étape E96. Lors de cette étape, l'entité de niveau k émet un message radio de rapport. Ce message radio de rapport est conçu pour être relayé, jusqu'à la passerelle principale 12, par les entités de rang compris entre k et la passerelle principale 12. Ce message radio de rapport permet alors d'indiquer à la passerelle principale l'entité de niveau k découverte, ainsi que son identifiant. La passerelle principale 12 reçoit également le lien de communication entre l'entité de niveau k qui a été découverte lors de cette phase et les autres entités connues du réseau de communication 10a.

[0145] A l'étape E98, similaire à l'étape E68 décrite précédemment, la passerelle principale 12 vérifie si l'entité de niveau k ayant répondu au message radio de découverte de niveau k est répertoriée dans la liste blanche des entités autorisées. Si cette entité de niveau k n'est pas dans la liste blanche, elle est exclue du réseau de communication 10a (et devient répertoriée dans la liste noire).

[0146] Si l'entité de niveau k est répertoriée dans la liste blanche, la passerelle principale 12 actualise la liste finale des entités comprises dans le réseau de communication 10a en ajoutant l'entité de niveau k découverte pendant la phase Hor de découverte horizontale.

[0147] Par ailleurs, pour cette entité de niveau k, la passerelle principale 12 dispose également de la table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer par l'intermédiaire d'un canal de communication direct.

[0148] Enfin, à l'étape E100, la passerelle principale 12 initie la transmission en cascade, selon le rang des entités, de cette liste finale actualisée tenant compte de l'entité de niveau k découverte lors de la phase Hor (de manière similaire à l'étape E70 décrite précédemment).

[0149] Finalement, à l'issue de la phase Hor de découverte horizontale, l'entité de niveau k

découverte est incluse dans le réseau de communication 10a.

- [0150] Le procédé de gestion du réseau de communication 10a conforme à l'invention vise également à étendre ce réseau, en ajoutant de nouvelles entités à l'architecture du réseau. Le procédé de gestion du réseau de communication 10a comprend alors une phase de découverte de nouvelles entités. Cette phase de découverte de nouvelles entités est une phase Up de découverte ascendante.
- [0151] Cette phase Up de découverte ascendante est également particulièrement avantageuse pour permettre d'intégrer au réseau de communication 10a des entités qui étaient par exemple identifiées dans la liste de découverte et qui ont été exclues ensuite car elles n'étaient pas présentes dans la liste blanche.
- [0152] La [Fig.8] est un logigramme représentant un exemple de phase Up de découverte ascendante.
- [0153] La phase Up de découverte ascendante débute par une étape E102. Lors de cette étape, la nouvelle entité (qui souhaite rejoindre le réseau de communication 10a) émet un message radio de présence à destination de l'ensemble des entités comprises dans le réseau de communication 10a (y compris la passerelle principale 12). La nouvelle entité émet donc ce message radio de présence en mode « Broadcast ». Ce message radio de présence est émis, par l'intermédiaire d'un premier canal de communication.
- [0154] Ce message radio de présence est conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité du réseau de communication 10a. A l'étape E104, le message radio de présence est reçu par au moins une entité du réseau de communication 10a.
- [0155] La phase Up de découverte ascendante se poursuit à l'étape E106, lors de laquelle chaque entité du réseau de communication 10a, qui a reçu le message radio de présence, évalue un rapport signal sur bruit associé à ce message radio de présence reçu. Si ce rapport signal sur bruit est inférieur à une valeur seuil, la phase Up de découverte ascendante reprend à l'étape E104.
- [0156] En revanche, si, pour au moins pour une entité du réseau de communication 10a, le rapport signal sur bruit est supérieur à cette valeur seuil, la phase Up de découverte ascendante se poursuit à l'étape E108. La valeur seuil est par exemple ici de l'ordre de 10 décibels (dB).
- [0157] A l'étape E108, chaque entité du réseau de communication 10a, ayant reçu le message radio de présence, émet un message radio de réponse, à destination de la nouvelle entité, par l'intermédiaire du premier canal de communication. Ce message radio de réponse comprend une information concernant le rang de chaque entité du réseau de communication 10a ayant reçu le message radio de présence.
- [0158] A l'étape E110, la nouvelle entité analyse le rang de chacune des entités ayant répondu au message radio de présence. La nouvelle entité établit alors une liste des entités ayant répondu dont le rang est le plus élevé.

- [0159] Puis, comme le montre la [Fig.8], la phase Up de découverte ascendante se poursuit à l'étape E112. Lors de cette étape la nouvelle entité émet un message radio de contrôle à toutes les entités répertoriées dans la liste établie à l'étape E110. Le message radio de contrôle est émis, par l'intermédiaire du premier canal de communication (par lequel les entités du réseau de communication 10a ont répondu au message de présence).
- [0160] A l'étape E114, ce message radio de contrôle est alors reçu par les entités du réseau de communication 10a figurant dans la liste obtenue à l'étape E110. Si une des entités réceptrices du message radio de présence (à l'étape E104), et dont le rang est supérieur ou égal à celui des entités répertoriées dans la liste de l'étape E110, ne reçoit pas le message radio de contrôle, cela signifie que la nouvelle entité ne l'a pas répertoriée comme entité de rang élevé. La phase Up de découverte ascendante reprend à l'étape E104 (l'entité du réseau de communication 10a concernée n'ayant pas reçu le message radio de contrôle émettant à nouveau un message radio de réponse). Les étapes E104 à E114 sont répétées (sous l'initiative de la nouvelle entité) jusqu'à ce que toutes entités (du réseau de communication) réceptrices du message radio de présence et de rang élevé soient répertoriées dans la liste.
- [0161] A l'issue de cette boucle d'étapes, la nouvelle entité dispose donc d'une liste de découverte répertoriant toutes les entités présentant un rang supérieur au sien.
- [0162] Puis, une phase Part de découverte partielle telle que décrite précédemment est mise en œuvre pour intégrer la nouvelle entité à l'architecture du réseau de communication 10a.
- [0163] Cette phase de découverte ascendante trouve une application particulièrement avantageuse pour la redécouverte d'entités qui faisaient partie du réseau de communication 10a antérieurement et qui n'en font plus partie à l'état courant du réseau. Il s'agit par exemple d'entités qui n'ont pas fonctionné récemment, ou dont la puissance du message en réception était trop faible.
- [0164] De manière avantageuse, cette redécouverte d'entités permet de modifier l'architecture du réseau de communication 10a et donc d'en optimiser sa topologie.
- [0165] Le procédé de gestion du réseau de communication 10a conforme à l'invention concerne également la transmission des signaux à travers ce réseau (en particulier lors des différentes phases de découverte décrites précédemment).
- [0166] Comme présenté précédemment, dans le réseau de communication 10a, un message peut être émis en mode « Broadcast », c'est-à-dire à destination de l'ensemble des entités du réseau (par exemple le message de découverte de premier niveau émis par la passerelle principale 12), ou en mode « Multicast », c'est-à-dire à destination d'un groupe d'entités particulier ou encore en mode « Peer-to-Peer » (ou Pair-à-Pair »), à destination d'une entité particulière.
- [0167] De manière générale, la transmission des signaux s'effectue selon trois modes

possibles : un mode de transmission descendante, depuis la passerelle principale vers les entités comprises dans le réseau, un mode de transmission ascendante, depuis les entités comprises dans le réseau vers la passerelle principale et un mode de transmission horizontale, entre entités du réseau de même niveau.

- [0168] Le mode de transmission est indiqué en information d'en-tête de chaque message transmis. Par exemple, dans le cas du message de présence émis par une entité lors de la phase de découverte ascendante, l'information d'en-tête précise qu'il s'agit d'un mode de transmission ascendante.
- [0169] On s'intéresse tout d'abord à une phase Trans_Up de transmission ascendante.
- [0170] Lors de cette phase, une entité de niveau $N+k$ souhaite transmettre un message à destination de la passerelle principale 12 (ou d'un serveur distant externe au réseau de communication 10a). La phase Trans_Up de transmission ascendante vise donc à « remonter » le message dans le réseau de communication 10a.
- [0171] Comme l'entité de niveau $N+k$ dispose d'une table de voisinage répertoriant toutes les entités de rang supérieur avec lesquelles elle peut communiquer de manière directe, la phase Trans_Up de transmission ascendante débute par une étape lors de laquelle l'entité de niveau $N+k$ sélectionne l'entité de rang supérieur (c'est-à-dire de niveau $N+k-1$) vers laquelle elle va émettre le message à transmettre. Cette sélection est par exemple effectuée de manière aléatoire parmi toutes les entités de rang supérieur avec lesquelles elle peut communiquer directement.
- [0172] En variante, cette sélection peut être réalisée de manière pseudo-aléatoire afin de s'assurer que la transmission ne s'effectue pas toujours par l'intermédiaire des mêmes entités.
- [0173] Une fois l'entité de niveau $N+k-1$ sélectionnée, le message lui est transmis. Puis, cette entité de niveau $N+k-1$ reçoit le message et déduit de son information d'en-tête qu'il s'agit d'une transmission ascendante. De la même façon que l'entité $N+k$ précédemment, en se basant sur la table de voisinage dont elle dispose, l'entité de niveau $N+k-1$ sélectionne l'entité de rang supérieur vers laquelle elle va émettre le message à transmettre. Cette sélection est par exemple mise en œuvre de manière aléatoire ou pseudo-aléatoire.
- [0174] Ces étapes successives sont mises en œuvre pour toutes les entités de rang supérieur jusqu'à atteindre la passerelle principale 12. Partant d'une entité de niveau k , il y aura k étapes de transmission du message (correspondant à chaque niveau de remontée du message dans le réseau de communication 10a). Le nombre d'étapes dépend donc du rang de l'entité émettrice.
- [0175] Le message est alors finalement transmis à la passerelle principale 12.
- [0176] Cette phase Trans_Up de transmission ascendante conforme à l'invention présente l'avantage qu'elle ne nécessite pas de connaître l'entité de destination pour aboutir à

une transmission du message la plus efficace (c'est-à-dire selon une image du chemin le plus court).

- [0177] Le procédé de gestion du réseau de communication 10a comprend également une phase Trans_Down de transmission descendante du message.
- [0178] Lors de cette phase, la passerelle principale 12 souhaite transmettre un message à destination d'une entité de niveau N+k. La phase Trans_Down de transmission descendante vise donc à « descendre » le message dans le réseau de communication 10a. Contrairement à la phase Trans_Up de transmission ascendante décrite précédemment, le destinataire du message doit être connu dans la phase Trans_Down de transmission descendante.
- [0179] La passerelle principale 12 sélectionne tout d'abord une entité de niveau N+1 vers qui elle va transmettre le message. Comme la passerelle principale 12 dispose des tables de voisinage de toutes les entités du réseau de communication 10a, elle dispose notamment des entités de niveau N+1 associées à l'entité N+k visée. Parmi les entités de niveau N+1 concernées, la passerelle principale 12 en sélectionne une vers laquelle elle va émettre le message à transmettre. Cette sélection est par exemple mise en œuvre de manière aléatoire ou pseudo-aléatoire.
- [0180] Une fois l'entité de niveau N+1 sélectionnée, le message lui est transmis. Puis, cette entité de niveau N+1 reçoit le message et déduit de son information d'en-tête qu'il s'agit d'une transmission descendante et quel le message doit être transmis à l'entité de niveau N+k. De la même façon que la passerelle principale 12, l'entité de niveau N+1, en se basant sur les tables de voisinage dont elle dispose, identifie les entités de niveau N+2 associées à l'entité N+k visée. Parmi les entités de niveau N+2 concernées, l'entité de niveau N+1 en sélectionne une vers laquelle elle va émettre le message à transmettre. Cette sélection est par exemple mise en œuvre de manière aléatoire ou pseudo-aléatoire.
- [0181] Ces étapes successives sont mises en œuvre pour toutes les entités de rang inférieur jusqu'à atteindre l'entité de niveau N+k visée. Cherchant à transmettre le message vers l'entité de niveau k, il y aura k étapes de transmission du message (correspondant à chaque niveau de descente du message dans le réseau de communication 10a). Le nombre d'étapes dépend donc du rang de l'entité de destination.
- [0182] Le message est alors finalement transmis à l'entité de niveau N+k.
- [0183] Cette phase Trans_Down de transmission descendante conforme à l'invention présente l'avantage qu'elle ne nécessite pas de connaître le chemin de transmission du message en amont.
- [0184] Le procédé de gestion du réseau de communication 10a comprend également une phase Trans_Hor de transmission horizontale du message.
- [0185] Lors de cette phase, une entité de niveau N+i souhaite transmettre un message à des-

mination d'une entité de niveau $N+k$. La phase Trans_Hor de transmission horizontale correspond à une combinaison des phases de transmission descendante et ascendante. Plus particulièrement, la phase Trans_Hor comprend une phase Trans-Up de transmission ascendante depuis l'entité de niveau $N+i$ (jusqu'à la passerelle principale 12), puis une phase Trans_Down de transmission descendante depuis la passerelle principale 12 vers l'entité de niveau $N+k$.

- [0186] Quel que soit le mode de transmission considéré, le chemin de transmission choisi n'a pas besoin d'être connu en amont de la transmission. Il est déterminé localement, à partir de l'architecture actuelle du réseau de communication. Ce mode de fonctionnement local est particulièrement efficace car il ne nécessite pas l'intervention d'un serveur externe et il permet de s'adapter, en temps réel, à toute modification observée dans l'architecture du réseau.
- [0187] Le procédé de gestion du réseau de communication 10a selon l'invention comprend également une phase Ver de vérification. Cette phase vise à vérifier le bon fonctionnement d'une entité du réseau de communication 10a lorsque celle-ci n'a pas donné de signe de vie récent.
- [0188] Pour cela, par un mode de transmission descendante, la passerelle principale 12 émet un message de vérification à destination de l'entité concernée. Si l'entité concernée est toujours présente et opérationnelle dans le réseau, elle émet en retour un message de réponse (par un mode de transmission ascendante).
- [0189] Si, en revanche, la passerelle principale 12 ne reçoit aucun message de réponse, elle supprime l'entité concernée des listes des entités comprises dans le réseau.
- [0190] En variante, la passerelle principale 12 peut mettre en œuvre une série d'émission de signaux de vérification (si un message de réponse est émis en retour, l'étape de suppression n'a pas lieu).
- [0191] De manière générale, chaque entité du réseau de communication 10a peut émettre de manière périodique, en mode de transmission ascendante, des signaux de vie afin d'attester de son fonctionnement correct dans le réseau. Le message de vie comprend des informations concernant le type de l'entité, les informations sur les éléments logiciels utilisés, la date, etc.
- [0192] En variante, une entité de niveau $N+k$ peut émettre un message à destination de toutes les entités de niveau $N+k+1$ qui lui sont associées afin de leur demander de transmettre un message de vie.

Revendications

[Revendication 1]

Procédé de gestion d'un réseau de communication (10a, 10b, 10c) radio comprenant une passerelle principale (12) et une pluralité d'entités (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) aptes à communiquer entre elles et avec la passerelle principale (12) via au moins un canal de communication (13, C1, C2) radio, le procédé comprenant une phase (Down) de découverte descendante totale comprenant les étapes suivantes :

- émission d'un message radio de découverte de premier niveau par la passerelle principale (12), le message radio de découverte de premier niveau étant conçu pour déclencher un message de réponse de premier niveau d'au moins une entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}),
- en cas de réception du message de découverte de premier niveau par une entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}) dite réceptrice, émission d'un message radio de réponse de premier niveau par cette entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}) réceptrice, le message de réponse étant conçu pour indiquer, à la passerelle principale (12), d'une part, que l'entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}) réceptrice possède une faculté de communication directe avec la passerelle principale (12) et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}), l'entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}) réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de premier niveau, puis
- émission d'un message radio de découverte de deuxième niveau par chaque entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}) de premier niveau, le message de découverte de deuxième niveau étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité (14_{N+2} , 18_{N+2}) n'étant pas qualifiée en tant qu'entité de premier niveau,
- en cas de réception du message de découverte de deuxième niveau par une entité (14_{N+2} , 18_{N+2}), dite réceptrice, non qualifiée en tant qu'entité de premier niveau, émission d'un message de réponse de deuxième niveau par l'entité (14_{N+2} , 18_{N+2}) réceptrice, le message de réponse de deuxième niveau étant conçu pour indiquer, à l'entité de premier niveau émettrice du message de découverte de premier niveau, d'une part, que l'entité (14_{N+2} , 18_{N+2}) réceptrice présente un canal de communication direct avec l'entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1}) de premier niveau, et, d'autre part, un identifiant de l'entité (14_{N+2} , 18_{N+2}) réceptrice, l'entité (14_{N+2} , 18_{N+2}) réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de deuxième niveau, et
- émission d'un message radio de rapport par chaque entité (14_{N+1} , 16_{N+1} ,

18_{N+1}) de premier niveau, le message radio de rapport étant conçu pour indiquer, à la passerelle principale (12), l'identifiant de chaque entité (14_{N+2}, 18_{N+2}) de second niveau apte à communiquer avec ladite entité (14_{N+1}, 16_{N+1}, 18_{N+1}) de premier niveau.

[Revendication 2]

Procédé selon la revendication 1, dans lequel, la phase (Down) de découverte descendante totale comprend en outre, dans le cadre d'itérations de rang n+1 avec n un nombre entier supérieur ou égal à 2, les étapes suivantes :

- émission d'un message radio de découverte de niveau n+1 par chaque entité de niveau n, le message de découverte de niveau n+1 étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité n'étant pas qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur ou égal à n,
- en cas de réception du message de découverte de niveau n+1 par une entité, dite réceptrice, non qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur à n, émission d'un message de réponse de niveau n+1 par l'entité réceptrice, le message de réponse de niveau n+1 étant conçu pour indiquer, à l'entité de niveau n émettrice du message de découverte de niveau n+1, d'une part, que l'entité réceptrice présente un canal de communication direct avec l'entité de niveau n, et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, l'entité réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de niveau n+1, et
- émission d'un message radio de rapport par chaque entité de niveau n, le message radio de rapport étant conçu pour être relayé par les entités de niveau inférieur à n jusqu'à atteindre la passerelle principale(12) et indiquer, à la passerelle principale (12), l'identifiant de chaque entité de niveau n+1 apte à communiquer avec ladite entité de niveau n.

[Revendication 3]

Procédé selon la revendication 2, dans lequel il est également prévu une phase (Part) de découverte partielle comprenant des étapes de :

- émission d'un message radio de découverte de niveau k par l'une quelconque des entités et/ou de la passerelle principale (12), le message de découverte de niveau k étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité n'étant pas qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur ou égal à k,
- en cas de réception du message de découverte de niveau k par une entité, dite réceptrice, non qualifiée en tant qu'entité de niveau inférieur à k-1, émission d'un message de réponse de niveau k par l'entité réceptrice, le message de réponse de niveau k étant conçu pour indiquer, à l'entité de niveau k-1 émettrice du message de découverte de niveau k,

d'une part, que l'entité réceptrice présente un canal de communication direct avec l'entité de niveau $k-1$, et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, l'entité réceptrice étant alors qualifiée en tant qu'entité de niveau k , et

- émission d'un message radio de rapport par l'entité de niveau $k-1$, le message radio de rapport étant conçu pour être relayé par les entités de niveau inférieur à $k-1$ jusqu'à atteindre la passerelle principale (12) et indiquer, à la passerelle principale (12), l'identifiant de l'entité de niveau k apte à communiquer avec ladite entité de niveau $k-1$.

[Revendication 4] Procédé selon la revendication 3, dans lequel il est également prévu une phase (Up) de découverte ascendante d'une nouvelle entité comprenant des étapes de :

- émission d'un message radio de présence par la nouvelle entité à destination de la passerelle principale (12) et de la pluralité d'entités (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}), le message de présence étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une entité parmi la passerelle principale (12) et la pluralité d'entités (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}),

- puis, en cas de réception du message de présence par la passerelle principale (12) ou l'une des entités (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) parmi la pluralité d'entités, mise en œuvre de la phase (Part) de découverte partielle.

[Revendication 5] Procédé selon la revendication 4, dans lequel il y a émission d'un message de réponse uniquement lorsque le message de présence présente un rapport signal sur bruit supérieur à 10 décibels.

[Revendication 6] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel il y a émission d'un message de réponse uniquement lorsque le message de découverte présente un rapport signal sur bruit supérieur ou égal à 10 décibels.

[Revendication 7] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel il est prévu une phase (Hor) de découverte horizontale comprenant des étapes de :

- émission d'un message radio de découverte de niveau k par l'une quelconque des entités de niveau k dite émettrice de niveau k , le message de découverte de niveau k étant conçu pour déclencher un message de réponse d'au moins une autre entité de niveau k ,

- en cas de réception du message de découverte de niveau k par l'autre entité de niveau k , dite réceptrice de niveau k , émission d'un message de

réponse de niveau k par l'entité réceptrice, le message de réponse de niveau k étant conçu pour indiquer, à l'entité émettrice de niveau k, d'une part, que l'entité réceptrice de niveau k présente un canal de communication direct avec l'entité émettrice de niveau k, et, d'autre part, un identifiant de l'entité réceptrice, les entités réceptrice et émettrice de niveau k étant alors qualifiées en tant que entités relais de niveau k, et - émission d'un message radio de rapport par l'entité réceptrice de niveau k, le message radio de rapport étant conçu pour être relayé par l'entité émettrice de niveau k et des entités de niveau inférieur à k-1 jusqu'à atteindre la passerelle principale (12) et indiquer, à la passerelle principale (12), les identifiants des entités émettrice et réceptrice de niveau k apte à communiquer ensemble.

[Revendication 8] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel, la passerelle principale (12) dispose d'une liste d'identifiant d'entités autorisées, dite liste blanche, et il est prévu, dans la phase (Down) de découverte descendante totale, dans la phase (Part) de découverte partielle ou dans la phase (Hor) de découverte horizontale, une vérification, par la passerelle principale (12), de l'appartenance de chaque identifiant reçu à la liste blanche.

[Revendication 9] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel, la passerelle principale (12) dispose d'une liste d'identifiant d'entités interdites, dite liste noire, et il est prévu, dans la phase (Down) de découverte descendante totale, dans la phase (Part) de découverte partielle ou dans la phase (Hor) de découverte horizontale, une étape d'exclusion de l'entité concernée si l'identifiant reçu associé appartient à la liste noire.

[Revendication 10] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel chaque entité, de niveau k, dispose d'une liste des entités de niveau supérieur par rapport à elle avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct.

[Revendication 11] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel chaque entité, de niveau k, dispose d'une liste des entités de niveau inférieur par rapport elle avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct.

[Revendication 12] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel chaque entité, de niveau k, dispose d'une liste des entités de même niveau avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct.

- [Revendication 13] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, dans lequel chaque entité de niveau k comprend un canal de communication configuré pour permettre la transmission et la réception d'un message avec une entité de niveau $k-1$ et un canal de communication configuré pour permettre la transmission et la réception d'un message avec une entité de niveau $k+1$.
- [Revendication 14] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, dans lequel au moins une entité de niveau k comprend un canal de communication configuré pour permettre la transmission et la réception d'un message avec une autre entité de niveau k .
- [Revendication 15] Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 14, dans lequel la passerelle principale (12) dispose d'une pluralité de tables de voisinage comprenant, pour chaque entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) du réseau de communication (10a), une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct.
- [Revendication 16] Procédé selon la revendication 15, dans lequel il est prévu une étape de transmission du message dans le réseau de communication (10a) sur la base des tables de voisinage dont dispose la passerelle principale (12).
- [Revendication 17] Procédé selon la revendication 16, dans lequel, pour la transmission du message dans le réseau de communication, pour chaque niveau d'entité, l'entité mettant en œuvre la transmission du message est sélectionnée de manière aléatoire.
- [Revendication 18] Réseau de communication (10a) comprenant une passerelle principale (12), une pluralité d'entités (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) et un module de commande (12a) configuré pour mettre en œuvre un procédé de gestion selon l'une quelconque des revendications 1 à 17.
- [Revendication 19] Réseau de communication (10a) selon la revendication 18, dans lequel chaque entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) comprend une unité de communication (15a) configurée pour recevoir et émettre un message selon un premier canal de communication (C1) et pour recevoir et émettre un message selon un deuxième canal de communication (C2) distinct du premier canal de communication (C1).
- [Revendication 20] Réseau de communication (10a) selon la revendication 19, dans lequel l'unité de communication (15a) de chaque entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) comprend au moins deux modules récepteurs (15b) configurés, chacun respectivement, pour recevoir un message selon le premier canal de communication (C1) et pour recevoir un message selon le deuxième canal de communication (C2) et au moins un module

émetteur (15c) configuré pour émettre sur le premier canal de communication (C1) et le deuxième canal de communication (C2) alternativement.

- [Revendication 21] Réseau de communication (10a) selon la revendication 19 ou 20, dans lequel chaque entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) comprend une unité de commande (15d) configurée pour mémoriser une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct et pour piloter l'unité de communication (15a) en fonction de la table de voisinage.
- [Revendication 22] Réseau de communication (10a) selon l'une quelconque des revendications 18 à 21, dans lequel le module de commande (12a) comprend une unité de stockage (12c) mémorisant la liste blanche, la liste noire et au moins une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles chaque entité peut communiquer via un canal de communication direct.
- [Revendication 23] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) d'un réseau de communication (10a) comprenant :
- une unité de communication (15a) configurée pour recevoir et émettre un message selon un premier canal de communication (C1) et pour recevoir et émettre un message selon un deuxième canal de communication (C2) distinct du premier canal de communication (C1), et
 - une unité de commande (15d) configurée pour mémoriser une table de voisinage comprenant une liste des entités avec lesquelles elle peut communiquer via un canal de communication direct et pour piloter l'unité de communication en fonction de la table de voisinage.
- [Revendication 24] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon la revendication 23, dans laquelle l'unité de communication (15a) comprend au moins deux modules récepteurs (15b) configurés, chacun respectivement, pour recevoir un message selon le premier canal de communication (C1) et pour recevoir un message selon le deuxième canal de communication (C2) et au moins un module émetteur (15c) configuré pour émettre un message sur le premier canal de communication (C1) et le deuxième canal de communication (C2) alternativement.
- [Revendication 25] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon la revendication 23 ou 24, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte descendante totale, l'unité de communication (15a) étant configurée pour recevoir un message radio de découverte, pour émettre un message de réponse et pour émettre un

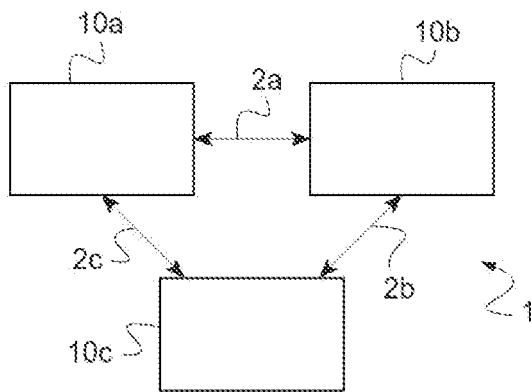
- message de rapport.
- [Revendication 26] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon la revendication 23 ou 24, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte descendante totale, l'unité de communication (15a) étant configurée pour émettre un message radio de découverte, pour recevoir un message de réponse et pour recevoir un message de rapport.
- [Revendication 27] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 26, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte partielle, l'unité de communication (15a) étant configurée pour recevoir un message radio de découverte, pour émettre un message de réponse et pour émettre un message de rapport.
- [Revendication 28] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 26, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte partielle, l'unité de communication étant configurée pour émettre un message radio de découverte, pour recevoir un message de réponse et pour recevoir un message de rapport.
- [Revendication 29] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 28, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte ascendante, l'unité de communication (15a) étant configurée pour émettre un message radio de présence.
- [Revendication 30] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 28, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte ascendante, l'unité de communication (15a) étant configurée pour recevoir un message radio de présence.
- [Revendication 31] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 30, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte horizontale, l'unité de communication (15a) étant configurée pour recevoir un message radio de découverte, pour émettre un message de réponse et pour émettre un message de rapport.
- [Revendication 32] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 30, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de découverte horizontale,

l'unité de communication (15a) étant configurée pour émettre un message radio de découverte, pour recevoir un message de réponse et pour recevoir un message de rapport.

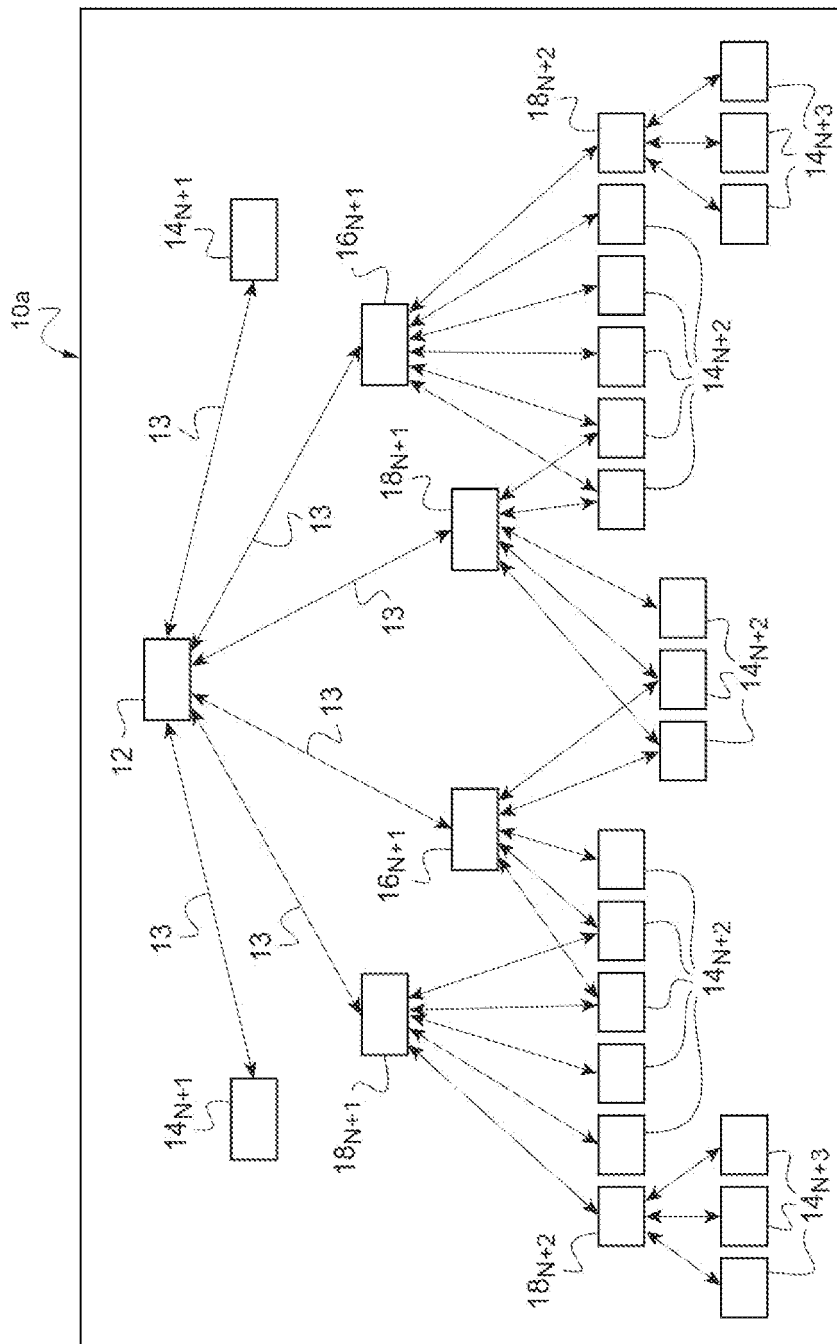
[Revendication 33] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 32, dans laquelle l'unité de commande (15d) est configurée pour être placée dans un état de communication, l'unité de communication (15a) étant configurée pour transmettre un message de communication vers une autre entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) ou une passerelle principale (12) du réseau de communication (10a).

[Revendication 34] Entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}) selon l'une quelconque des revendications 23 à 33, dans laquelle il est prévu des moyens de mesure de données extérieures à l'entité (14_{N+1} , 16_{N+1} , 18_{N+1} , 14_{N+2} , 18_{N+2} , 14_{N+3}), l'unité de commande (15d) étant configurée pour transmettre des données acquises par les moyens de mesure dans le réseau de communication (10a).

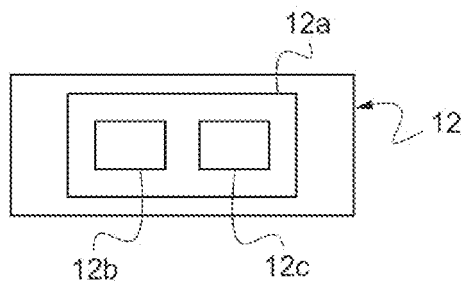
[Fig. 1]



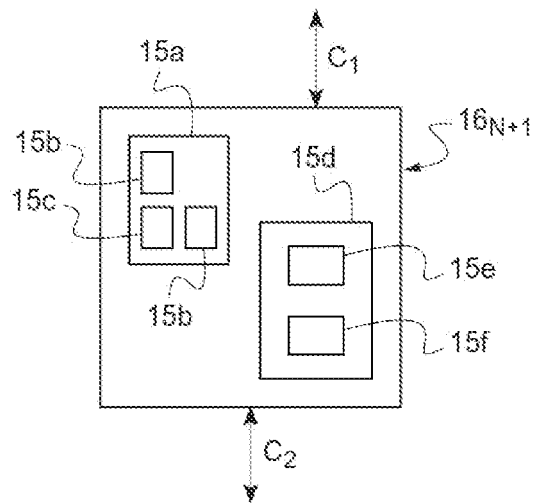
[Fig. 2]



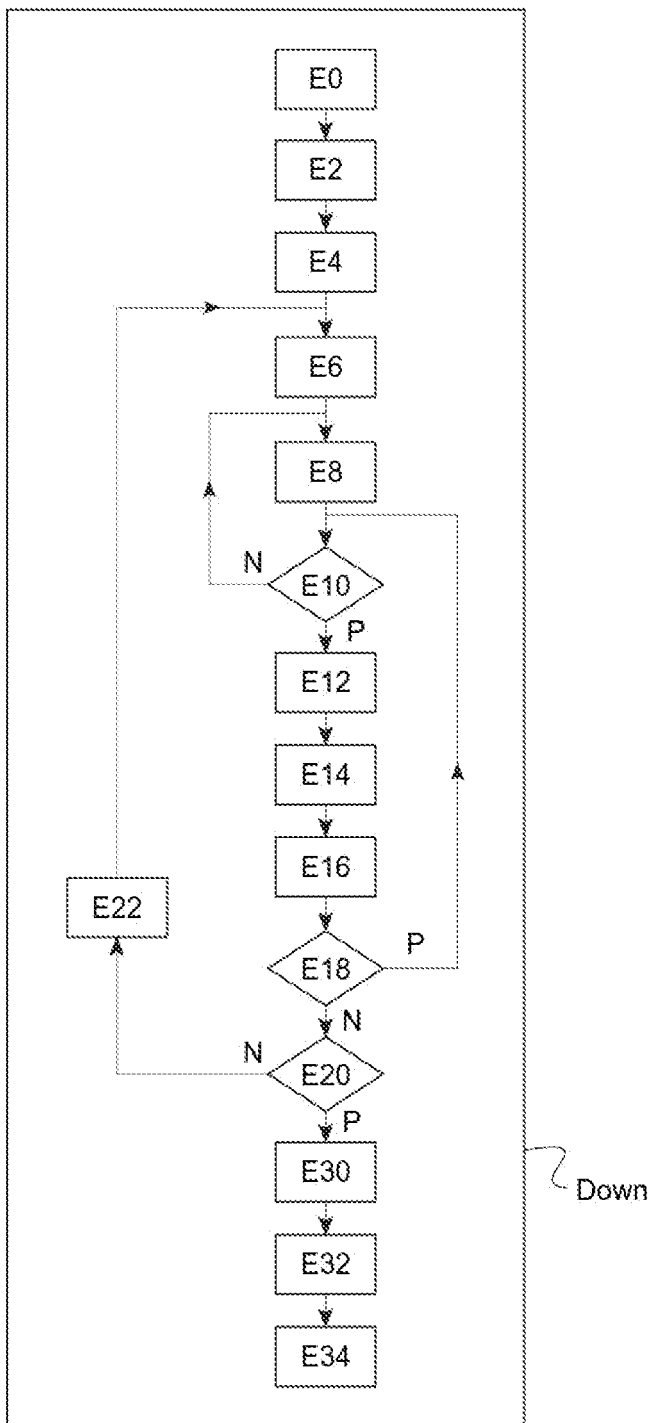
[Fig. 3]



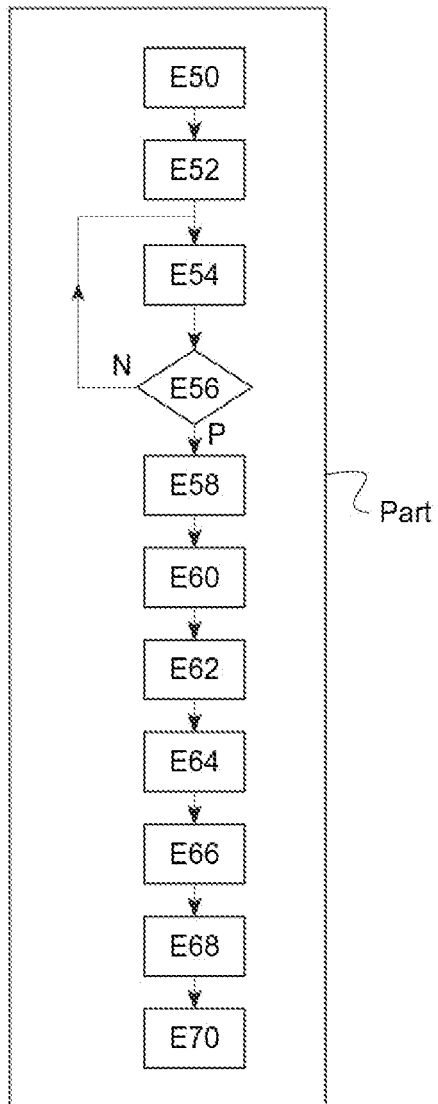
[Fig. 4]



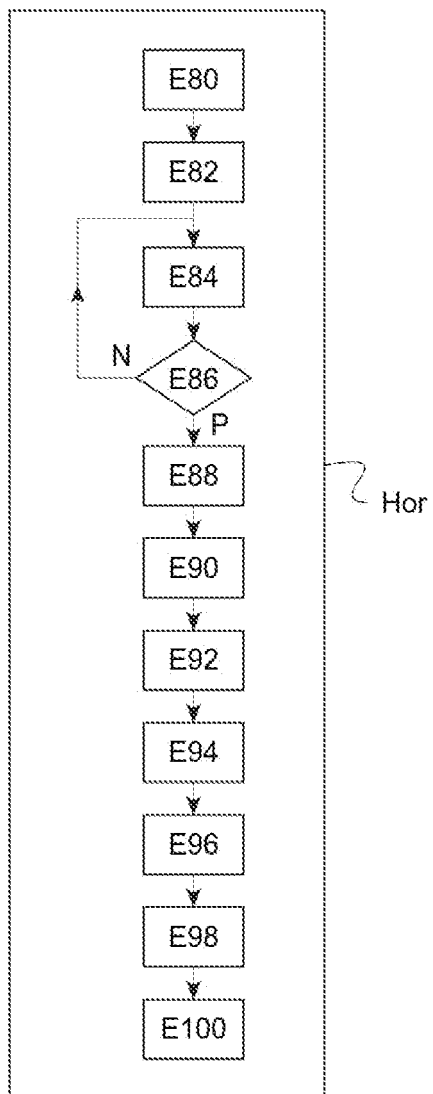
[Fig. 5]



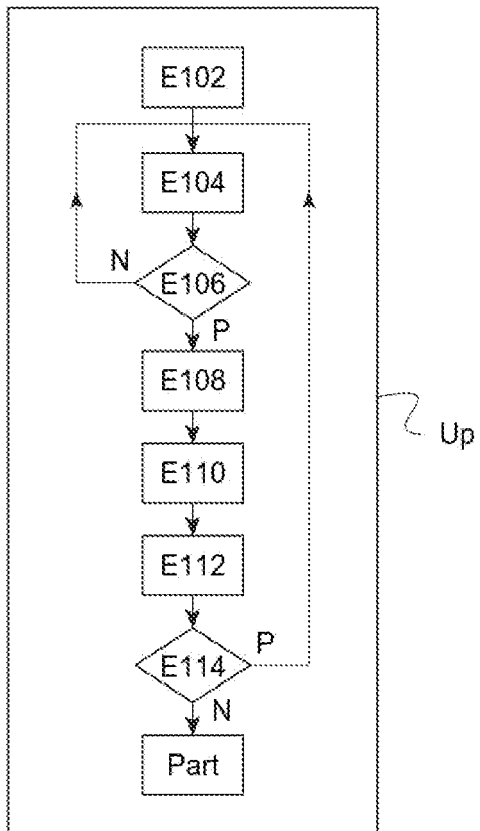
[Fig. 6]



[Fig. 7]



[Fig. 8]



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 911221
FR 2209295

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 2003/104829 A1 (ALZOUBI KHALED MUHYEDDIN M [US] ET AL) 5 juin 2003 (2003-06-05) * figure 1 * * alinéa [0004] * * alinéa [0016] * * alinéa [0017] * * alinéa [0008] * * alinéa [0021] * * alinéa [0018] * * alinéa [0019] - alinéa [0020] * -----	1-22	H04L41/12 H04W88/16 H04W84/18		
	X			US 2021/250749 A1 (CHENG HONG [US] ET AL) 12 août 2021 (2021-08-12) * alinéa [0107] * * alinéa [0116] * * alinéa [0118] * * alinéa [0107] - alinéa [0109] * -----	23-34
	A			WO 2014/186733 A1 (CONVIDA WIRELESS LLC [US]) 20 novembre 2014 (2014-11-20) * alinéa [0005] - alinéa [0008] * -----	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)		
			H04W		
Date d'achèvement de la recherche		Examineur			
14 avril 2023		Gregori, Stefano			
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			
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.			
A : arrière-plan technologique		D : cité dans la demande			
O : divulgation non-écrite		L : cité pour d'autres raisons			
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 2209295 FA 911221**

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 **14-04-2023**
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 2003104829 A1	05-06-2003	AUCUN	

US 2021250749 A1	12-08-2021	CN 115053625 A	13-09-2022
		EP 4101252 A1	14-12-2022
		US 2021250749 A1	12-08-2021
		WO 2021158321 A1	12-08-2021

WO 2014186733 A1	20-11-2014	CN 105409248 A	16-03-2016
		EP 2997747 A1	23-03-2016
		JP 6302050 B2	28-03-2018
		JP 2016524747 A	18-08-2016
		JP 2018042288 A	15-03-2018
		KR 20160007639 A	20-01-2016
		KR 20180041771 A	24-04-2018
		US 2016072678 A1	10-03-2016
		WO 2014186733 A1	20-11-2014
