

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :

2 961 054

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21 N° d'enregistrement national :

10 54509

51 Int Cl⁸ : H 04 W 16/14 (2006.01)

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 08.06.10.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 09.12.11 Bulletin 11/49.

56 Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : SIGFOX WIRELESS Société par
actions simplifiée — FR.

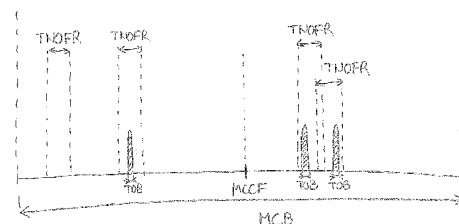
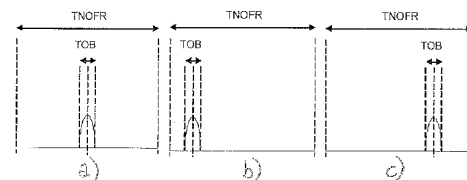
72 Inventeur(s) : FOURTET CHRISTOPHE et
BAILLEUL THIERRY.

73 Titulaire(s) : SIGFOX WIRELESS Société par actions
simplifiée.

74 Mandataire(s) : CABINET SCHMIT CHRETIEN.

54 PROCÉDE D'UTILISATION D'UNE RESSOURCE FREQUENTIELLE PARTAGÉE, PROCÉDE DE
CONFIGURATION DE TERMINAUX, TERMINAUX ET SYSTEME DE TELECOMMUNICATIONS.

57 La présente invention concerne un terminal (10) com-
portant des moyens de transmettre des données en direc-
tion d'une station (20) sous la forme de signaux
radioélectriques, lesdits signaux radioélectriques étant
transmis en utilisant une ressource fréquentielle (MC) par-
tagée entre une pluralité de terminaux (10), caractérisé en
ce que ledit terminal est configuré de façon statique pour
transmettre des signaux radioélectriques dans une seule
sous-bande fréquentielle prédéfinie de la ressource fré-
quentielle (MC) ou d'après une séquence prédéfinie de
sous-bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle
(MC). La présente invention concerne également un procé-
dé d'utilisation d'une ressource fréquentielle, un procédé de
configuration de terminaux et un système de télécommuni-
cations.



FR 2 961 054 - A1



La présente invention appartient au domaine des télécommunications, notamment les télécommunications sans fil. La présente invention concerne plus particulièrement le multiplexage des signaux radioélectriques émis par des terminaux différents partageant une même ressource fréquentielle.

5 Les principales techniques connues de multiplexage de signaux radioélectriques dans les réseaux de télécommunications actuels, pour permettre à différents terminaux d'accéder à une ressource fréquentielle partagée pour communiquer avec une station, consistent principalement à multiplexer lesdits signaux radioélectriques :

- 10 - en les émettant dans des sous-bandes fréquentielles différentes (« Frequency Division Multiple Access » ou FDMA dans la littérature anglo-saxonne) ;
- en les émettant dans des intervalles de temps différents (« Time Division Multiple Access » ou TDMA) ;
- 15 - en étalant leur spectre fréquentiel au moyen de codes généralement sensiblement orthogonaux entre eux (« Code Division Multiple Access » ou CDMA).

Chacune de ces techniques repose sur des mécanismes d'attribution des canaux physiques (sous-bande fréquentielle, intervalle de temps, code
20 d'étalement) aux différents terminaux qui sont souvent très complexes, dynamiques et le centralisés au niveau de la station ou du réseau en général.

Ces mécanismes d'attribution nécessitent une étroite synchronisation en temps et/ou en fréquences d'un terminal avec d'une part la station, et d'autre part les autres terminaux, par l'intermédiaire d'un protocole souvent
25 complexe et gourmand en énergie, car requérant une mise en route fréquente de chaque terminal.

On comprend que ces mécanismes d'attribution sont notamment incompatibles avec des systèmes de télécommunications à très bas débit (de l'ordre de quelques bits par seconde), du fait que ces débits sont insuffisants
30 pour maintenir la synchronisation entre les terminaux et la station, et/ou à très forte portée (de l'ordre de quelques dizaines de kilomètres en milieu rural), du fait qu'il est très complexe de maintenir synchronisés entre eux des terminaux qui sont très éloignés (temps de propagation, effet Doppler, etc.).

La présente invention vise à résoudre les problèmes susmentionnés, et vise notamment à proposer un procédé d'utilisation d'une ressource fréquentielle partagée par plusieurs terminaux qui soit simple et peu coûteux à mettre en œuvre, tout en garantissant un niveau faible de collisions entre signaux radioélectriques émis par des terminaux différents.

La présente invention trouve une application avantageuse, bien que nullement limitative, dans les systèmes de collecte d'informations bas débit, tels que les réseaux de capteurs dans lesquels des capteurs émettent de façon récurrente des données représentatives de la grandeur physique mesurée à destination d'une station de collecte de données. On peut citer, à titre d'exemple non limitatif, des capteurs embarqués dans des compteurs électriques ou gaz, qui émettraient des données relatives à la consommation électrique ou en gaz à une station de collecte en vue d'établir la facturation associée à cette consommation.

15

Selon un premier aspect, l'invention concerne un terminal comportant des moyens de transmettre des données en direction d'une station sous la forme de signaux radioélectriques, lesdits signaux radioélectriques étant transmis en utilisant une ressource fréquentielle partagée entre une pluralité de terminaux. Ledit terminal est configuré de façon statique pour transmettre des signaux radioélectriques dans une seule sous-bande fréquentielle prédéfinie de la ressource fréquentielle ou d'après une séquence prédéfinie de sous-bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle.

De préférence, le terminal est configuré pour déterminer de façon autonome quand émettre dans une sous-bande fréquentielle dans laquelle ledit terminal est configuré pour émettre des signaux radioélectriques, et/ou avec quelle puissance émettre dans ladite sous-bande fréquentielle.

De préférence, le terminal est configuré pour émettre des signaux radioélectriques dont le spectre fréquentiel instantané est de largeur significativement inférieure à la dérive en fréquence d'un moyen de synthèse fréquentielle dudit terminal.

De préférence, les signaux radioélectriques sont des signaux préalablement étalés au moyen d'un code d'étalement, de préférence ledit

terminal est configuré de façon statique pour utiliser un seul code d'étalement prédéfini ou une séquence prédéfinie de codes d'étalement.

De préférence, le terminal comporte des moyens de synthèse fréquentielle comprenant au moins un oscillateur à quartz, dont la fréquence d'oscillation a été modifiée par adjonction d'au moins un composant externe à l'oscillateur à quartz, et/ou par modification d'au moins un composant interne à l'oscillateur à quartz.

Selon un second aspect, l'invention concerne un système de télécommunications comportant au moins une station et une pluralité de terminaux conformes à l'invention. La station comporte des moyens de détecter et de décoder simultanément des signaux radioélectriques émis dans des sous-bandes fréquentielles différentes.

Selon un troisième aspect, l'invention concerne un procédé d'utilisation d'une ressource fréquentielle partagée entre une pluralité de terminaux pour émettre des données sous la forme de signaux radioélectriques à destination d'au moins une station. Chaque terminal est préalablement configuré de façon statique pour émettre des signaux radioélectriques dans une seule sous-bande fréquentielle de la ressource fréquentielle, ou d'après une séquence préalablement définie de sous-bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle, et dans lequel chaque terminal détermine de façon autonome quand émettre dans une sous-bande fréquentielle dans laquelle ledit terminal est configuré pour émettre des signaux radioélectriques, et/ou avec quelle puissance émettre dans ladite sous-bande fréquentielle.

Selon un quatrième aspect, l'invention concerne un procédé de configuration de terminaux destinés à utiliser une ressource fréquentielle partagée conformément au procédé d'utilisation, dans lequel des fréquences centrales d'opération de chacune des sous-bandes fréquentielles à attribuer de façon statique à des terminaux sont déterminées de façon sensiblement aléatoire dans la ressource fréquentielle partagée.

De préférence, pour un terminal comportant un moyen de synthèse fréquentielle du type comprenant au moins un oscillateur à quartz, une fréquence centrale d'opération d'une sous-bande fréquentielle à attribuer de façon statique à ce terminal est obtenue en modifiant la fréquence d'oscillation

dudit au moins un oscillateur à quartz au moyen d'une varicap aux bornes de laquelle on applique une tension générée de façon sensiblement aléatoire.

De préférence, pour un terminal comportant un moyen de synthèse fréquentielle du type comprenant au moins un oscillateur à quartz, une
5 fréquence centrale d'opération d'une sous-bande fréquentielle à attribuer de façon statique à ce terminal est obtenue en corrigeant la fréquence d'oscillation par une modification sensiblement aléatoire de composants internes dudit au moins un oscillateur à quartz, et/ou par adjonction de composants externes
audit au moins un oscillateur à quartz, lesdits composants externes étant
10 choisis de façon sensiblement aléatoire.

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description suivante, donnée à titre d'exemple nullement limitatif, et faite en se référant aux figures qui représentent :

- 15 - Figure 1 : une représentation schématique d'un système de télécommunications comportant une station de base et un ensemble de terminaux,
- Figure 2 : une représentation schématique d'un exemple d'occupation d'une sous-bande fréquentielle par un signal
20 radioélectrique émis par un terminal,
- Figure 3 : une représentation schématique d'un exemple de division d'une ressource fréquentielle en une pluralité de sous-bandes fréquentielles,
- Figure 4 : une représentation schématique d'un exemple de
25 multiplexage statistique de signaux radioélectriques dans la ressource fréquentielle partagée.

La figure 1 représente, de façon très schématique, un système 1 de télécommunications comprenant plusieurs terminaux 10 et une station 20.

30 L'invention concerne tout d'abord un procédé d'utilisation d'une ressource fréquentielle partagée entre plusieurs terminaux 10 pour émettre des données sous la forme de signaux radioélectriques à destination de la station 20.

Dans le contexte de l'invention, on entend de manière générale par « station » un dispositif récepteur adapté à recevoir des signaux radioélectriques dans la globalité de la ressource fréquentielle partagée. La station 20 est par exemple l'un quelconque des terminaux 10, ou un dispositif particulier tel qu'un point d'accès à un réseau filaire de télécommunications, centralisant les données émises par chacun des terminaux 10.

On entend par « signal radioélectrique » une onde électromagnétique se propageant via des moyens non filaires, dont les fréquences sont comprises dans le spectre traditionnel des radioélectriques (quelques hertz à plusieurs centaines de gigahertz) ou dans des bandes de fréquences voisines.

Il est à noter qu'on considère principalement le cas d'une émission unidirectionnelle de données des terminaux 10 vers la station 20. Rien n'exclut que le système 1 soit bidirectionnel et permette l'émission de données de la station 20 vers les terminaux 10.

Les terminaux 10 comportent des moyens d'émettre des signaux radioélectriques, considérés comme connus de l'homme de l'art. En outre, chaque terminal 10 comporte de préférence un dispositif du type ordinateur programmé, comprenant notamment un processeur relié à une ou des mémoires électroniques dans lesquelles sont mémorisées des instructions de code de programme d'ordinateur.

La station 20 comporte des moyens de recevoir des signaux radioélectriques, considérés comme connus de l'homme de l'art. En outre, la station 20 comporte de préférence un dispositif du type ordinateur programmé, comprenant notamment un processeur relié à une ou des mémoires électroniques dans lesquelles sont mémorisées des instructions de code de programme d'ordinateur.

L'invention repose sur un principe de multiplexage en fréquences FDMA, c'est-à-dire que les signaux radioélectriques sont émis dans des sous-bandes fréquentielles différentes de la ressource fréquentielle.

Dans la suite de la description, on se place dans le cas non limitatif où la ressource fréquentielle est constituée d'une seule bande fréquentielle, dite « bande de multiplexage » MC (« Multiplex Channel »), de sorte qu'on utilisera la référence MC indifféremment pour la bande de multiplexage et la ressource

fréquentielle. Rien n'exclut, suivant d'autres exemples non détaillés, que la ressource fréquentielle se décompose en plusieurs bandes de multiplexage différentes, éventuellement non adjacentes.

La ressource fréquentielle MC est de largeur fréquentielle désignée par « largeur fréquentielle de multiplexage » MCB (« Multiplex Channel Bandwidth »), et de fréquence centrale désignée par « fréquence centrale de multiplexage » MCCF (« Multiplex Channel Central Frequency »).

Selon le procédé d'utilisation de la ressource fréquentielle MC, chaque terminal est préalablement configuré de façon statique pour émettre des signaux radioélectriques dans une seule sous-bande fréquentielle de la ressource fréquentielle MC, ou d'après une séquence préalablement définie de sous-bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle, à utiliser successivement pour la transmission de signaux radioélectriques.

On note dès à présent qu'une séquence prédéfinie une séquence de sous-bandes fréquentielles, que le terminal 10 va utiliser successivement lorsqu'il aura des signaux radioélectriques à transmettre, et ce de façon cyclique. Par « de façon cyclique », on entend que lorsque le terminal aura utilisé la dernière sous-bande fréquentielle de la séquence, il rebasculera, pour la transmission suivante, dans une utilisation de la première sous-bande fréquentielle de la séquence. De préférence, des séquences différentes sont utilisées pour configurer chacun des terminaux 10, afin de limiter la probabilité de collision entre des signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 différents dans une même sous-bande fréquentielle.

On comprend qu'en forçant chaque terminal 10 à émettre dans une seule sous-bande fréquentielle ou suivant une séquence prédéfinie de sous-bandes fréquentielles, la configuration se fait une fois pour toutes, et chaque terminal 10 est adapté à déterminer de façon indépendante une sous-bande fréquentielle à utiliser pour l'émission de signaux radioélectriques.

Par « une fois pour toutes », on entend qu'un terminal 10, une fois configuré, utilise par défaut toujours la même sous-bande fréquentielle ou la même séquence de sous-bandes fréquentielles, de façon indépendante de la station 20, c'est-à-dire sans se synchroniser en fréquences avec ladite station

20 et sans négocier avec ladite station 20 la permission d'utiliser une sous-bande fréquentielle. En d'autres termes, la configuration d'un terminal 10, et par conséquent l'attribution d'une sous-bande fréquentielle ou d'une séquence de sous-bandes fréquentielles à ce terminal 10, est statique.

5 Rien n'exclut toutefois qu'un terminal 10 puisse être reconfiguré dans le temps, notamment s'il s'avère a posteriori que certaines sous-bandes fréquentielles sont inexploitable du fait de la présence, dans ces sous-bandes fréquentielles, de signaux parasites dont le niveau ne permet pas à la station 20 de décoder correctement les signaux radioélectriques transmis par des
10 terminaux 10. Une telle reconfiguration peut par exemple s'effectuer par une mise à jour du logiciel embarqué dans un terminal 10.

De préférence, chaque terminal 10 détermine de façon indépendante quand émettre des signaux radioélectriques dans une sous-bande fréquentielle qui lui est attribuée de façon statique, sans se synchroniser temporellement
15 avec ladite station 20 et sans négocier avec ladite station 20 la permission d'utiliser cette sous-bande fréquentielle à un instant donné. Dans une variante, un terminal 10 peut mettre en œuvre un mécanisme de recherche préalable d'activité sur une sous-bande fréquentielle qui lui est attribuée de façon statique, et conditionner l'émission d'un signal radioélectriques à la non-
20 détection dans cette sous-bande fréquentielle.

La figure 2 représente schématiquement une sous-bande fréquentielle attribuée de façon statique à un terminal 10.

Une telle sous-bande fréquentielle est déterminée principalement par sa fréquence centrale, dite « fréquence typique d'opération du terminal » TTOF (« Terminal Typical Operating Frequency ») et par sa largeur, dite « largeur fréquentielle d'opération naturelle du terminal » TNOFR (« Terminal Natural Operating Frequency Range »). La largeur fréquentielle d'opération TNOFR d'un terminal 10 correspond à la largeur fréquentielle effectivement occupée
25 par un signal radioélectrique au cours du temps, en tenant compte d'une dérive de la fréquence typique d'opération TTOF.
30

La figure 3 illustre cette dérive en fréquence de la fréquence typique d'opération TTOF du fait par exemple de la température. Les parties a), b) et c)

représentent la fréquence typique d'opération TTOF dans la largeur fréquentielle d'opération TNOFR pour trois températures différentes.

De préférence, le spectre des signaux radioélectriques émis par le terminal 10 est de largeur, dite « largeur fréquentielle occupée » TOB (« Terminal Occupied Bandwidth »), significativement inférieure à la dérive en fréquence d'un moyen de synthèse fréquentielle de ce terminal 10. En d'autres termes, la largeur fréquentielle d'opération TNOFR est préférentiellement significativement supérieure à la largeur fréquentielle occupée TOB, par exemple au moins cinq fois supérieure, voire au moins dix fois supérieure.

On comprend que plus le rapport entre la largeur fréquentielle occupée TOB et la largeur fréquentielle d'opération TNOFR est petit, plus la dérive en fréquence est importante. On comprend cependant que plus la dérive tolérée en fréquence est importante, plus des moyens de synthèse fréquentielle à bas coût peuvent être mis en œuvre dans chacun des terminaux 10.

En outre, le manque de stabilité intrinsèque en fréquence des terminaux 10 (c'est-à-dire leur dérive en fréquence), peut être statistiquement tiré à profit pour diminuer la probabilité de collision entre des signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 différents.

En effet, on verra par la suite que les fréquences typiques d'opération TTOF des différents terminaux 10 seront déterminées de façon sensiblement aléatoire dans la ressource fréquentielle MC, de sorte que des terminaux 10 différents ne sont pas assurés de se voir attribuer des fréquences typiques d'opération TTOF différentes et/ou des sous-bandes fréquentielles qui ne se recouvrent pas. On comprend donc qu'en considérant des signaux radioélectriques de largeur fréquentielle occupée TOB significativement inférieure à la largeur fréquentielle d'opération TNOFR, la dérive en fréquences contribuera avantageusement à multiplexer en fréquences des signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 différents dans des sous-bandes fréquentielles se recouvrant au moins partiellement.

On comprend que, plus le rapport entre la largeur fréquentielle occupée TOB et la largeur fréquentielle d'opération TNOFR diminue, plus la probabilité de collision entre des signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 différents diminue.

Tel qu'on l'a vu, la présente invention est avantageusement appliquée à des systèmes très bas débits, par exemple du type réseau de capteurs. Dans un tel scénario, la largeur fréquentielle occupée TOB est par exemple de l'ordre de quelques Hertz à quelques kilo-Hertz (kHz). La largeur fréquentielle d'opération TNOFR dépend de la technologie mise en œuvre pour synthétiser les fréquences typiques d'opération TTOF. Dans le cas de moyens de synthèse de fréquence comprenant un oscillateur à quartz, la précision sera par exemple de l'ordre de 2 à 40 ppm (« parts per million »), de sorte que pour une fréquence typique d'opération TTOF de un giga-Hertz, la largeur fréquentielle d'opération TNOFR sera comprise entre 2 kHz et 40 kHz.

En variante ou en alternative, les signaux radioélectriques sont de préférence des signaux préalablement étalés au moyen d'un code d'étalement. De préférence, chaque terminal 10 est configuré de façon statique pour utiliser un seul code d'étalement prédéfini ou une séquence prédéfinie de codes d'étalement.

La présente invention concerne également un procédé de configuration des terminaux 10 dans lequel les fréquences typiques d'opération TTOF de chacune des sous-bandes fréquentielles à attribuer de façon statique à des terminaux 10 sont déterminées de sorte à assurer une répartition sensiblement uniforme des sous-bandes fréquentielles à attribuer dans la ressource fréquentielle MC.

En d'autres termes, les fréquences typiques d'opération TTOF sont forcées pour chacun des terminaux 10, par exemple en usine au cours de la fabrication desdits terminaux 10.

De préférence, les fréquences typiques d'opération TTOF de chacune des sous-bandes fréquentielles à attribuer de façon statique aux terminaux 10 sont déterminées de façon sensiblement aléatoire.

Chaque terminal 10 comporte des moyens de synthèse de fréquence, mis en œuvre pour traduire en fréquences des signaux à émettre, afin que ces signaux occupent une sous-bande fréquentielle prédéterminée. Les moyens de synthèse de fréquence, non illustré par les figures, doit être de précision et de stabilité compatible avec les valeurs choisies pour la largeur

fréquentielle occupée TOB et la largeur fréquentielle d'opération TNOFR.

Les moyens de synthèse de fréquence comportent de préférence au moins un oscillateur à quartz. Suivant d'autres exemples, les moyens de synthèse comportent par exemple un ou des oscillateurs à résonateurs SAW
5 ou BAW, LC, etc., considérés connus de l'homme de l'art.

Dans le cas où les moyens de synthèse de fréquence comportent au moins un oscillateur à quartz, on peut citer, à titre d'exemples non limitatifs, les dispositions suivantes pour les moyens de synthèse de fréquences :

- oscillateur à quartz direct, multiplié ou non,
- 10 - oscillateur à quartz suivi d'un oscillateur synchrone (sur une harmonique de l'oscillateur à quartz ou non),
- oscillateur à quartz monté en référence d'un synthétiseur à boucle de verrouillage de phase (PLL ou « Phase Locked Loop » dans la littérature anglo-saxonne) entière ou fractionnaire, combiné à un
15 oscillateur contrôlé en tension (VCO ou « Voltage Controlled Oscillator »).

La configuration des terminaux 10 dépend en particulier des technologies utilisées pour les moyens de synthèse de fréquence.

20 Suivant un premier exemple, les moyens de synthèse de fréquence comprennent un oscillateur à quartz, dont la fréquence d'oscillation est modifiée au moyen d'une varicap aux bornes de laquelle on applique une tension générée de façon sensiblement aléatoire.

Ci-après on cite des exemples non limitatifs de techniques de
25 génération d'une tension sensiblement aléatoire. Ladite tension sensiblement aléatoire est par exemple générée en usine au moyen de :

- un dispositif informatique exécutant des instructions de code de programme adaptées, dont l'exécution actionne un convertisseur numérique / analogique,
- 30 - une implantation semi-aléatoire de valeurs de résistances dans un pont résistif, et/ou un réglage semi-aléatoire de résistances par laser, ou usinage mécanique robotisé,
- une modification sensiblement aléatoire par laser, ou usinage

- mécanique robotisé de capacités internes à l'oscillateur à quartz,
- une modification sensiblement aléatoire par laser, ou usinage mécanique robotisé ou formage mécanique robotisé d'inductances internes à l'oscillateur à quartz,
 - 5 - une modification manuelle ou robotisée de la fréquence d'oscillation de l'oscillateur à quartz, par utilisation de capacités, et/ou d'inductances et/ou de résistances variables, selon une procédure établie, garantissant une bonne répartition des fréquences typiques d'opération TTOF,
 - 10 - un chargement de divisions fractionnaires dans un synthétiseur fractionnaire, lesdites divisions fractionnaires étant générées de façon sensiblement aléatoire.

La présente invention concerne également le système 1 de
15 télécommunications comprenant au moins une station 20 et une pluralité de terminaux configurés conformément à l'invention.

On comprend que, dans un tel système 1, chaque terminal 10 est configuré de façon statique dans une seule sous-bande fréquentielle de la ressource fréquentielle MC, ou d'après une séquence prédéfinie de sous-
20 bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle MC.

Les fréquences typiques d'opération TTOF attribuées aux terminaux 10 sont de préférence réparties de façon sensiblement aléatoire dans la ressource fréquentielle MC de sorte que les sous-bandes fréquentielles sont réparties de façon sensiblement uniforme dans ladite ressource fréquentielle.
25 Lesdites sous-bandes fréquentielles ne sont pas nécessairement disjointes et, certaines desdites sous-bandes fréquentielles peuvent se recouvrir en tout ou partie.

La figure 4 représente schématiquement un exemple de multiplexage statistique de signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 différents
30 dans la ressource fréquentielle partagée MAC. La figure 4 illustre notamment, dans partie droite, un cas où deux sous-bandes fréquentielles, attribuées à des terminaux 10 différents, se recouvrent partiellement, et où la dérive en fréquence permet d'éviter une collision entre les signaux radioélectriques émis

par ces terminaux.

Dans le système 1, chaque terminal 10 est configuré pour déterminer de façon autonome quand émettre dans une sous-bande fréquentielle qui lui est attribuée de façon statique et/ou avec quelle puissance émettre dans cette
5 sous-bande fréquentielle.

La station 20 comporte de préférence des moyens de détecter et de décoder des signaux radioélectriques émis simultanément par des terminaux 10 différents dans différentes sous-bandes fréquentielles.

10 Ces signaux radioélectriques n'ayant aucune synchronisation, a priori, avec la station 20, celle-ci doit être capable de détecter tout signal radioélectrique apparaissant dans une bande de multiplexage MC, et de déterminer si ces signaux radioélectriques correspondent à des signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 ou à des signaux parasites.

15 Avantageusement, la station 20 comporte des moyens de poursuite en fréquence de la fréquence typique d'opération TTOF d'un terminal 10, afin de suivre la dérive de celle-ci. Avantageusement, la station 20 comporte des moyens d'effectuer un filtrage adapté autour de toute fréquence typique d'opération TTOF traitée.

20 Dans un mode préféré de réalisation, la station 20 utilise une implémentation du type radio logicielle (SDR ou « Software Defined Radio » dans la littérature anglo-saxonne), par exemple l'une ou plusieurs des implémentations suivantes, citées à titre d'exemples non limitatifs :

- 25 - génération d'oscillateurs locaux internes faibles bruits pour une bonne sélectivité entre les fréquences typiques d'opération TTOF, utilisant un oscillateur à quartz direct ou multiplié, un oscillateur à quartz suivi d'un oscillateur synchrone, ou un oscillateur à quartz pilotant une synthèse PLL entière à pas large, ou un oscillateur à quartz pilotant une synthèse PLL fractionnaire et/ou une DDS
- 30 (« Direct Digital Synthesis »),
- translation directe en bande de base avec une fréquence d'oscillation égale à la fréquence centrale de multiplexage MCCF ou à un multiple de MCCF, ou une implémentation hétérodyne, ou

à conversion analogique / numérique directe autour de la fréquence centrale de multiplexage MCCF,

- détection d'énergie dans la bande de multiplexage MC, au moyen d'un algorithme basé sur une transformée de Fourier rapide (FFT ou « Fast Fourier Transform »).
- une bande de base digitale de largeur MCB, de dynamique suffisante pour traiter une pluralité de signaux en parallèle,
- une reconnaissance cognitive de nature de signal suivant immédiatement la détection d'énergie.

10

De manière plus générale, la portée de la présente invention ne se limite pas aux modes de mise en œuvre et de réalisation décrits ci-dessus à titre d'exemples non limitatifs, mais s'étend au contraire à toutes les modifications à la portée de l'homme de l'art, ainsi qu'à leurs équivalents.

15

La présente invention permet donc d'effectuer un multiplexage statistique des signaux radioélectriques émis par des terminaux 10 différents partageant une même ressource fréquentielle MC de façon décentralisée. En effet, les terminaux 10 sont configurés de façon statique dès l'usine pour émettre des signaux radioélectriques dans une seule sous-bande fréquentielle prédéfinie, ou d'après une séquence prédéfinie de sous-bandes fréquentielles. Les fréquences typiques d'opération TTOF sont déterminées de façon sensiblement aléatoire de sorte à obtenir un multiplexage statistique en fréquences des différents signaux radioélectriques. Une telle approche peut être désignée par FSFDMA, pour « Forced Statistical FDMA ».

L'invention ne nécessite pas de synchronisation temporelle et fréquentielle des terminaux 10 entre eux et avec la station 20. On comprend donc qu'il est possible de réaliser des terminaux 20 conformes à l'invention à faible coût, ce qui l'invention particulièrement adaptée aux systèmes à bas débit, tels que les réseaux de capteurs.

30

REVENDEICATIONS

- 1 - Terminal (10) comportant des moyens de transmettre des données en direction d'une station (20) sous la forme de signaux radioélectriques, lesdits signaux radioélectriques étant transmis en utilisant une ressource fréquentielle (MC) partagée entre une pluralité de terminaux (10),
5 caractérisé en ce que ledit terminal est configuré de façon statique pour transmettre des signaux radioélectriques dans une seule sous-bande fréquentielle prédéfinie de la ressource fréquentielle (MC) ou d'après une séquence prédéfinie de sous-bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle (MC).
- 10 2 - Terminal (10) selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est configuré pour déterminer de façon autonome quand émettre dans une sous-bande fréquentielle dans laquelle ledit terminal (10) est configuré pour émettre des signaux radioélectriques, et/ou avec quelle puissance émettre dans ladite sous-bande fréquentielle.
- 15 3 - Terminal (10) selon l'une des revendications 1 à 2, caractérisé en ce qu'il est configuré pour émettre des signaux radioélectriques dont le spectre fréquentiel instantané est de largeur (TOB) significativement inférieure à la dérive en fréquence d'un moyen de synthèse fréquentielle dudit terminal.
- 4 - Terminal (10) selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que
20 les signaux radioélectriques sont des signaux préalablement étalés au moyen d'un code d'étalement, de préférence ledit terminal est configuré de façon statique pour utiliser un seul code d'étalement prédéfini ou une séquence prédéfinie de codes d'étalement.
- 5 - Terminal (10) selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'il
25 comporte des moyens de synthèse fréquentielle comprenant au moins un oscillateur à quartz, dont la fréquence d'oscillation a été modifiée par adjonction d'au moins un composant externe à l'oscillateur à quartz, et/ou par modification d'au moins un composant interne à l'oscillateur à quartz.
- 6 - Système (1) de télécommunications comportant au moins une station (20)
30 et une pluralité de terminaux (10) conformes à l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que la station (20) comporte des moyens de détecter et de décoder simultanément des signaux radioélectriques émis

dans des sous-bandes fréquentielles différentes.

- 7 - Procédé d'utilisation d'une ressource fréquentielle (MC) partagée entre une pluralité de terminaux (10) pour émettre des données sous la forme de signaux radioélectriques à destination d'au moins une station (20),
5 caractérisé en ce que chaque terminal est préalablement configuré de façon statique pour émettre des signaux radioélectriques dans une seule sous-bande fréquentielle de la ressource fréquentielle (MC), ou d'après une séquence préalablement définie de sous-bandes fréquentielles de ladite ressource fréquentielle, et dans lequel chaque terminal (10)
10 détermine de façon autonome quand émettre dans une sous-bande fréquentielle dans laquelle ledit terminal (10) est configuré pour émettre des signaux radioélectriques, et/ou avec quelle puissance émettre dans ladite sous-bande fréquentielle.
- 8 - Procédé de configuration de terminaux (10) destinés à utiliser une
15 ressource fréquentielle (MC) partagée conformément à la revendications 7, caractérisé en ce que des fréquences centrales d'opération (TTOF) de chacune des sous-bandes fréquentielles à attribuer de façon statique à des terminaux (10) sont déterminées de façon sensiblement aléatoire dans la ressource fréquentielle (MC) partagée.
- 20 9 - Procédé de configuration selon la revendication 8, caractérisé en ce que, pour un terminal (10) comportant un moyen de synthèse fréquentielle du type comprenant au moins un oscillateur à quartz, une fréquence centrale d'opération (TTOF) d'une sous-bande fréquentielle à attribuer de façon statique à ce terminal est obtenue en modifiant la fréquence d'oscillation
25 dudit au moins un oscillateur à quartz au moyen d'une varicap aux bornes de laquelle on applique une tension générée de façon sensiblement aléatoire.
- 30 10 - Procédé de configuration selon la revendication 8, caractérisé en ce que, pour un terminal (10) comportant un moyen de synthèse fréquentielle du type comprenant au moins un oscillateur à quartz, une fréquence centrale d'opération (TTOF) d'une sous-bande fréquentielle à attribuer de façon statique à ce terminal est obtenue en corrigeant la fréquence d'oscillation par une modification sensiblement aléatoire de composants internes dudit

au moins un oscillateur à quartz, et/ou par adjonction de composants externes audit au moins un oscillateur à quartz, lesdits composants externes étant choisis de façon sensiblement aléatoire.

1/2

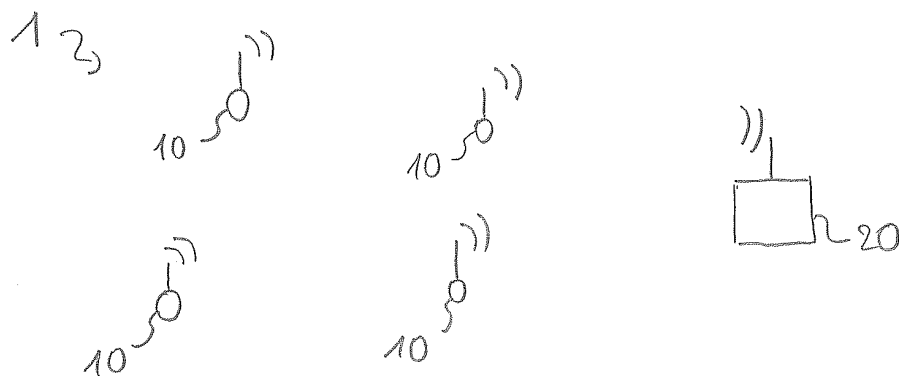


Figure 1

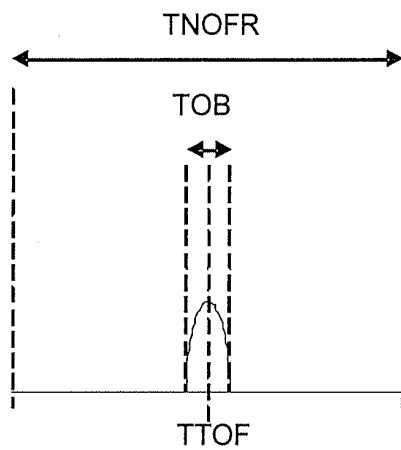


Figure 2

2/2

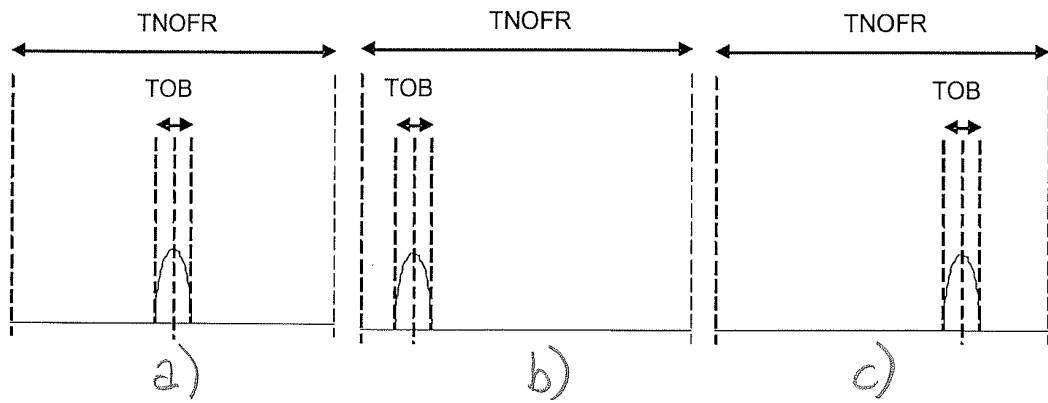


Figure 3

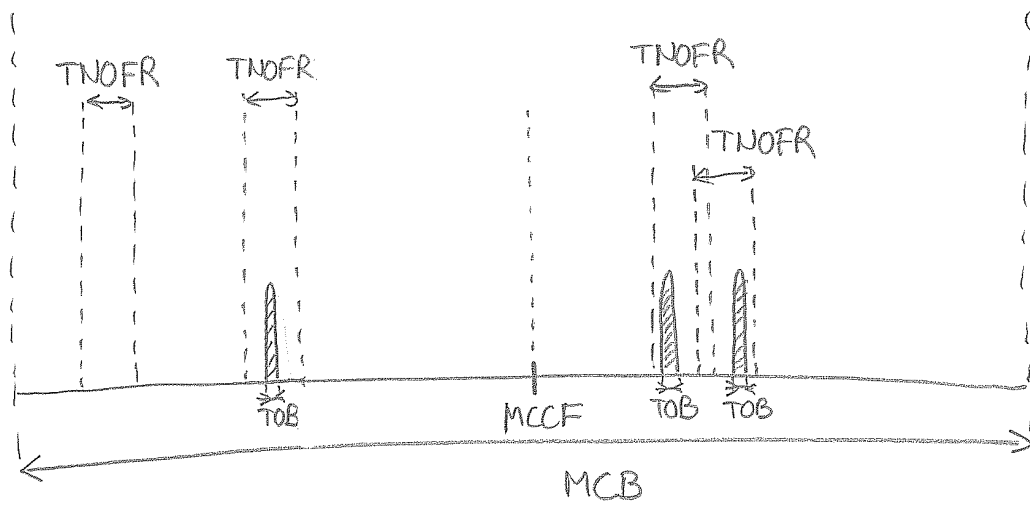


Figure 4