

Système et procédé pour transmettre plusieurs flux multiservices en bande HF

L'invention concerne un système et un procédé pour véhiculer
5 plusieurs flux requérant des qualités de service différentes, notamment en termes d'exigences de latence/gigue et de taux d'erreur résiduel.

Elle concerne plus particulièrement le domaine des communications hautes fréquences ou HF et des transmissions à moyen ou haut débit, typiquement des valeurs de débits supérieures à 4kb/s, voire à très haut débit typiquement des valeurs de débit supérieures à 32 kb/s.
10

L'invention s'applique à des liaisons de type point à point et, plus généralement, à un usage multipoints dans le cadre de l'utilisation du protocole TDMA (abrégé anglo-saxon de Time Division Multiple Access) pour une liaison entre plusieurs utilisateurs.
15

La capacité de communication à longue distance des liens HF repose sur la réflexion des ondes HF variant dans la gamme [2, 30 MHz], sur les couches ionosphériques. Les couches ionosphériques ne sont pas stables dans le temps et l'espace, ce qui amène de fortes variations du canal de propagation. A cette instabilité du canal vient s'ajouter également
20 d'éventuels brouilleurs intentionnels ou non, en particulier la nuit où le spectre HF passant est moins important.

S'il est instable, ce canal présente toutefois comme intérêt de permettre des communications à longue distance sans qu'il soit nécessaire de déployer au préalable une infrastructure compliquée ou coûteuse, à la différence des communications par satellite, par exemple. Bien que présentant ces propriétés intéressantes, le canal HF n'est actuellement exploité que pour des services assez simples (télégraphie, phonie, transferts de fichiers bas débit) du fait des faibles débits offerts. On recherche donc actuellement
25 à augmenter les débits offerts par les liens HF, jusqu'à arriver à des débits suffisants pour permettre la transmission de différents types de données (la
30

phonie, le transfert de fichiers, la messagerie, la visiophonie, l'imagerie à la demande, par exemple).

Un problème posé, dans le cadre d'une utilisation multiservices pour une transmission en bande HF, est lié au fonctionnement à l'alternat, celui-ci étant généralement couplé à des durées d'entrelacement assez
5 longues pour lutter contre les évanouissements instantanés très importants que connaît le canal de propagation HF.

Une solution connue est de choisir un entrelaceur de faible taille et un alternat rapide, correspondant à des performances brutes moins bonnes
10 mais à une réactivité plus grande nécessaire pour des applications à forte contrainte temps réel comme la phonie.

Une autre solution consiste à utiliser un entrelaceur de grande taille et un alternat plus lent, par exemple de 9 secondes de durée de trame en entrelacement très long dans la norme stanag 4539 connue de l'Homme
15 du métier, lorsque de très bonnes performances en terme de taux d'erreur sont attendues, que les contraintes de latence ou de gigue sont faibles, comme c'est le cas pour la transmission de données, par exemple.

Dans le cas d'une approche multiservices, il est connu de l'art antérieur de traiter les services de manière séquentielle, et ainsi d'adapter au
20 mieux les conditions de communication à chacun d'eux. En pratiquant ainsi, il n'est pas possible de multiplexer les services. Les contraintes en temps réel d'un service donné ne pourront donc pas être servies sans arrêter le service en cours s'il est activé lorsqu'une communication pour un autre service est déjà établie. Ceci interdit de plus des usages particuliers, comme par
25 exemple de basculer sur un canal de phonie que l'on veillerait en parallèle d'une transmission de données sans interrompre cette dernière. Ceci impose également un délai important avant la transmission des acquittements ou d'informations de signalisation entre les postes réalisant la communication. Dans le cas consistant à servir les flux de manière séquentielle, il n'est pas
30 possible de réaliser plusieurs communications en parallèle sur un même lien

et donc il faut attendre la fin de la communication pour que le service suivant soit établi.

Il est aussi connu de traiter les services conjointement, en prenant en compte les contraintes les plus fortes dans chacun des domaines (latence, gigue, taux d'erreur) si c'est possible ou, à défaut, les contraintes les plus fortes sur la tenue du temps réel (latence, gigue) et utiliser le mécanisme de retransmissions ARQ pour réussir à passer le ou les services le ou les plus sensibles. La forte contrainte imposée à la durée de l'alternat va fortement dégrader les performances en termes de taux d'erreur, rendant le multiplexage peu efficace.

A titre d'exemple, on peut être amené à diviser le débit servi par deux ou plus en passant d'un mode de type transmission de données avec entrelaceur très long avec la norme MIL STD 188-110B (cible $TEB=10^{-5}$) à un mode type phonie avec entrelaceur court avec la norme MIL STD 188-110A (cible $TEB=10^{-3}$).

La figure 1 rappelle les principes de traitement des données mis en œuvre dans un système de radiocommunications. Les données D_1 arrivent au niveau du récepteur 1 dans une file d'attente 10 pour être traitées par un ordonnanceur 11 éventuellement avec les retransmissions 10' venant du mécanisme de retransmission (ARQ) fiabilisant la liaison. L'ordonnanceur traite ces données et prépare la trame 12 pour envoi vers la couche physique comprenant le codage correcteur 13, entrelacement et modulation 14. La trame ainsi modulée est alors émise sur le canal HF avant d'être reçue par le récepteur 2 comprenant démodulation et désentrelacement 15 et décodage correcteur 16 avant le passage dans le pendant de l'ordonnanceur 17 qui reconstitue les paquets, pour obtenir les données D_2 .

La figure 2 schématise l'enchaînement des étapes de traitement des flux en utilisant un procédé de l'art antérieur. Sur la figure 2 on a schématisé la couche liaison et la couche physique.

Au niveau de la couche liaison, le flux de données 20 à transmettre est tout d'abord segmenté 21 en plusieurs blocs B_i (cellule unitaire

pour le processus de fiabilisation de la liaison ARQ, qui est un mécanisme de retransmission de l'information ou en anglo-saxon « Automatic Repeat re-Quest »). Puis le procédé prépare la trame 22 en ajoutant par exemple des en-têtes, en mettant la trame au format requis pour la transmission, puis
5 ajoute 23 un codage correcteur d'erreur. Les données de la trame vont ensuite être entrelacées 24 selon une méthode connue de l'Homme du métier. Le procédé va ensuite émettre la trame 25 selon une séquence d'émission d'une ou plusieurs trames (251, 252, ..) suivi d'un alternat TX/RX (émission/réception), 253, puis une séquence de réception d'une ou plusieurs
10 trames (254, ..). Dans cet exemple de réalisation, les données sont entrelacées après l'étape d'ARQ, l'étape de mise en forme de la trame et l'étape d'introduction d'un codage correcteur. Le débit est adapté à travers le choix de modulation et de codage. L'entrelacement est adapté à travers la durée de l'entrelaceur aux besoins du service considéré. Typiquement, la phonie
15 acceptera un taux d'erreur cible de la classe précitée 10^{-3} , mais nécessitera l'emploi d'un entrelaceur court (inférieur à 1s) alors qu'un transfert de données cible un taux d'erreur inférieur à 10^{-5} mais accepte l'emploi d'entrelaceurs long (typiquement supérieur à 9s).

L'un des objectifs de la présente demande de brevet est d'offrir
20 un système et un procédé permettant de multiplexer de manière efficace différents services ayant des qualités de service différentes sur un même lien de communication, et ce sans dégrader les performances de transmission en terme de débit utile global transmis.

Les définitions suivantes seront utilisées pour la suite de la description.
25

Un flux est un ensemble de données provenant des couches applicatives et qui sont amenées au système de transmission pour être envoyées vers un ou plusieurs récepteurs. Les données de ce flux, arrivant par exemple sous forme de paquets (comme dans le cas des applications sur IP)
30 sont stockées pour traitement dans des files d'attente. Les différents mécanismes du système de transmission viennent prendre les données dans les

files d'attente en fonction de leur capacité pour préparer les trames qui seront transmises. En pratique il y a différents niveaux de files d'attente entre les différentes instances de traitement du système radio, même si par simplification on parle plus souvent de file d'attente en se référant à celles existant
5 au niveau du processus ARQ, qui introduit des files spécifiques pour les retransmissions. Les trames sont constituées d'un ensemble de données avec en-tête, qui sont adressées d'un émetteur à un ou plusieurs récepteurs distant. Une trame véhicule une partie des informations d'un flux de données.

10 L'objet de l'invention concerne un procédé pour transmettre des données dans un système de communication fonctionnant en HF comprenant une couche liaison et une couche physique, ledit système comprenant un émetteur et un récepteur, ledit émetteur comportant au moins un ordonnanceur, le procédé est caractérisé en ce qu'il comporte :

15 une étape de segmentation d'au moins un premier flux de données F_1 , et un deuxième flux de données F_2 chacun des flux ayant une contrainte de service, chacun étant segmenté en plusieurs sous-blocs de données $F_j B_i$,
une étape où les sous-blocs de données sont transformés en une première trame TF_1 et une deuxième trame TF_2 , puis une étape de codage et
20 d'entrelacement de la première trame TF_1 , et de la deuxième trame TF_2 produisant des sous-trames STF_{1c} , STF_{2c} , en exécutant les étapes suivantes :

- segmenter le premier flux F_1 en plusieurs blocs $F_1 B_i$,
- préparer une première trame TF_1 en ajoutant des informations requises pour le format utilisé pour la transmission,
- 25 • réaliser un codage et un entrelacement de la trame de données, TF_{1c} , dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame, produisant des sous-trames STF_{1c} ,
- segmenter le deuxième flux de données F_2 en plusieurs blocs $F_1 B_i$,
- préparer une première trame TF_2 en ajoutant des informations requises
30 pour le format utilisé pour la transmission,

- réaliser un codage et un entrelacement de la trame de données, TF_{2c} , dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame, produisant des sous-trames STF_{2c} , puis

une étape de génération d'une trame à transmettre en exécutant les étapes
5 suivantes :

- préparer les données de la trame physique PHY à transmettre, selon des consignes fixées par un ordonnanceur en mixant des sous-trames STF_{1c} du flux de données F_1 avec m sous-trames STF_{2c} du flux de données F_2 produisant une trame F_3 comprenant des sous-trames
10 STF_{1c} et des sous-trames STF_{2c} ,

- transmettre les trames codées T_3 et entrelacées T_{3ce} ainsi préparées, en alternant l'émission de trame, l'alternat TX/RX, la réception de trames.

L'étape de codage et d'entrelacement des trames de données est,
15 par exemple, réalisée au niveau de la couche physique du système de transmission.

Le procédé peut comporter une étape de codage correcteur d'erreur, générant des sous-trames codées F_{3c} avant l'étape d'entrelacement.

20 Les flux de données sont, par exemple, constitués de flux G_1 de données temps non contraint et de flux de données G_2 temps contraint et le procédé comporte au moins les étapes suivantes :

- segmenter les flux de données ayant des caractéristiques de temps non contraint compatibles G_1 en plusieurs blocs $G_{1A}Bi$, $G_{1B}Bi$, $G_{1C}Bi$
- 25 • préparer une ou plusieurs trames de données TG_1 , $T'G_1$,
- coder et entrelacer la trame de données TG_1 , et coder et entrelacer la trame de données $T'G_1$ séparément,
- segmenter chacune des trames de données codées et entrelacées TG_{1c} , $T'G_{1c}$,
- 30 • segmenter les flux de données ayant des caractéristiques de temps contraint compatibles G_2 en plusieurs blocs $G_{2A}Bi$, $G_{2B}Bi$,

- préparer une ou plusieurs trames de données TG_2 , $T'G_2$,
- coder et entrelacer la trame de données TG_2 , et coder et entrelacer la trame de données $T'G_2$ séparément,
- segmenter chacune des trames de données codées et entrelacées
5 TG_{2c} , $T'G_{2c}$,
- préparer plusieurs trames T_3G en mixant les sous-trames issues du flux G_1 et du flux G_2 , à savoir les sous-trames STG_{1Ac} , STG_{1Bc} , STG_{1cc} , STG_{2Ac} , STG_{2B} ,
- entrelacer chaque trame T_3G ,
- 10 • transmettre les trames T_3G .

L'étape de transmission des trames T_3G peut être exécutée en émettant une première trame, suivie d'un alternat RX/TX, suivi d'un intervalle temporel de réception, suivi, de l'émission d'une deuxième trame T_3G .

15 Le procédé peut comporter une étape de codage correcteur d'erreur avant l'étape d'entrelacement des trames T_3G .

L'étape de transmission des trames T_3G comporte, par exemple, une étape d'émission de trames, suivie d'un temps de garde, suivie d'une émission d'une deuxième trame, suivie d'un temps de garde.

20 Le procédé peut comporter une étape de surveillance ou d'écoute des données reçues lors d'un temps correspondant au procédé d'alternat et la prise en compte les données temps contraint du service à temps contraint G_2 , par exemple la phonie, en les traitant avec des données flux non contraint.

25 Le procédé selon l'invention est par exemple mis en œuvre au sein d'un système de communication de données et il est caractérisé en ce que le premier flux est un flux non contraint H_1 , H_2 et le deuxième flux est un flux contraint et en ce que seul le flux non contraint est codé et entrelacé au niveau de la couche physique liaison d'un système de transmission de données.

30 L'invention concerne aussi un système pour transmettre plusieurs flux multiservices en bande HF comportant au moins les éléments suivants :

un émetteur comprenant au moins un ordonnanceur adapté à exécuter les étapes du procédé présentant l'une des caractéristiques précitées, à préparer les trames de données des flux multiservices avant transmission sur un canal HF, et un récepteur.

5

D'autres caractéristiques et avantages du dispositif selon l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit d'un exemple de réalisation donné à titre illustratif et nullement limitatif annexé des figures qui représentent :

- 10 • La figure 1, un rappel du traitement des données dans un système de radiocommunications,
- La figure 2, les étapes de traitement des données selon l'art antérieur,
- La figure 3, un schéma représentant le système et le procédé selon l'invention,
- 15 • La figure 4, une variante de la figure 1 dans le cas de flux temps contraint et de flux non temps contraint,
- La figure 5, une variante de la figure 1 avec une optimisation du codage correcteur au niveau de la couche radio,
- La figure 6, une variante de l'invention pour plusieurs flux dans le cas
- 20 d'une communication « full duplex »,
- La figure 7, une variante dans le cas d'un partage TDMA, et
- La figure 8, un schéma décrivant les étapes du procédé mis en œuvre.

25 Afin de mieux faire comprendre les caractéristiques du système selon l'invention, la description qui va suivre est donnée dans le cas d'un système à l'alternat d'une transmission multiservices en bande HF. Sans sortir du cadre de l'invention, les systèmes et les procédés qui vont être décrits s'appliquent aussi pour des communications full-duplex, ou encore des communications utilisant le protocole TDMA.

La figure 3 schématise la chronologie des différentes étapes mises en œuvre par l'invention pour le cas de deux flux de données à transmettre.

Au niveau de la couche liaison, le premier flux F_1 ou paquets de données 310 est segmenté 311 en plusieurs blocs F_1Bi (cellule unitaire pour le processus de retransmission ARQ) selon un procédé connu de l'art antérieur. Puis le procédé prépare, 312, une première trame TF_1 en ajoutant par exemple des en-têtes, en mettant la trame au format requis pour la transmission. Le procédé va ensuite, 313, réaliser un codage et un entrelacement de la trame de données, TF_{1c} , dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame. Ces opérations sont effectuées en fonction des exigences de qualité de service du service considéré. Un des avantages offerts par cette phase d'entrelacement est de répartir les données sur plusieurs trames et ce, de manière transparente pour la couche physique. Elle permet de plus, en cas extrême, d'entrelacer sur plusieurs trames un unique flux de données et ainsi d'augmenter la taille de l'entrelaceur au-dessus d'une couche physique inchangée, ceci en gardant la capacité à avoir un retour à l'alternat plus rapide que la taille d'un tel entrelaceur.

Dans le cas de couches physiques existantes ne permettant pas de proposer une solution sans codage correcteur par défaut, l'étape de codage correcteur et d'entrelacement introduit au niveau de la couche liaison devra donc prendre en compte la présence de ce codage. Le résultat de cet entrelacement est 314 la génération de sous-trames STF_{1c} .

Le deuxième flux de données F_2 est traité de manière identique lors de la succession d'étapes 321 (segmentation F_2Bi), 322 (ajout des en-têtes), 323 (codage entrelacement TF_{2c}), pour obtenir, 324, les sous-trames STF_{2c} .

Au niveau de la couche physique PHY du système de communication, lors des étapes 315 et 325, le procédé va préparer les données de la trame physique PHY à transmettre, selon des consignes fixées par un ordonnanceur. Ce dernier en fonction des caractéristiques des flux, de la quali-

té de service QoS requise, de la latence, etc. va préparer les trames de données en mixant des sous-trames STF_{1c} du flux de données F_1 avec des sous-trames STF_{2c} du flux de données F_2 . Ceci permet d'obtenir une trame F_3 comprenant des sous-trames STF_{1c} et des sous-trames STF_{2c} . En pratique, ces sous-trames STF_{1c} , STF_{2c} , ... seront concaténées avec ajout d'un en-tête permettant de les re-séparer côté récepteur. C'est l'étape d'entrelacement de la trame F qui réalisera le mélange des différentes sous-trames avant la transmission sur le canal (étape d'entrelacement classique permettant d'offrir, combinée avec le codage correcteur, une protection relative face aux évanouissements).

Le procédé continue en introduisant un codage correcteur d'erreur 316, 326, étape qui est optionnelle et qui fournit des sous-trames codées F_{3c} . Puis le procédé va réaliser une étape d'entrelacement 317, 327 des trames F_{3c} au niveau de la trame PHY.

L'étape suivante consiste à transmettre 330 les trames codées T_{3c} et entrelacées T_{3ce} ainsi préparées, en alternant l'émission 331 de trame, l'alternat TX/RX 332, la réception de trames 333.

La figure 4 est une variante de mise en œuvre du procédé décrit à la figure 3 qui concerne plusieurs flux de données à transmettre non temps contraint NTC, G_1 et deux flux de données temps contraint TC, G_2 .

Dans cet exemple de réalisation, le point clef pour le traitement des flux est le caractère temps contraint ou « temps non contraint », c'est-à-dire le niveau de contrainte sur la latence et la gigue associée à chaque service associé à chacun des flux de données.

L'ordonnanceur au niveau de l'étape de préparation de la trame physique PHY va répartir les sous-trames selon leur qualification temps contraint ou temps non contraint. En pratique, c'est l'application à temps contraint qui va amener la contrainte maximale en termes de temps entre deux alternats. La qualité de service souhaitée en termes de latence pour ce service TC amènera à rechercher une durée de cycle émission/réception inférieure à sa contrainte, et donc à découper des trames TF de taille compa-

tibles avec un envoi en une seule émission sur la couche physique. Ceci est illustré en Figure 4 par le fait que les trames 423 de la file à temps contraint ne sont pas redécoupées en plusieurs sous-trames 424 mais envoyées telles que vers l'étape 425 les concaténant avec les données des files non temps
5 contraint. Dans le cas où plusieurs files TC seraient présentes, mais avec des contraintes de temps différentes, on peut choisir de garder la contrainte la plus forte, ou permettre pour les files TC moins contraintes en temps, un niveau d'entrelacement au niveau liaison comme dans les files NTC. En pratique, les files NTC se voient appliquer un entrelaceur au moins aussi grand
10 que l'entrelaceur le plus large possible pour le standard de couche physique considéré, et comme il a été expliqué précédemment il est possible, si besoin, d'envisager d'entrelacer sur des largeurs encore plus importantes. En pratique, l'intérêt du procédé selon l'invention est de gérer les flux en introduisant autant de files TC qu'il y a de niveaux de qualité de service notablement différents (connu sous l'abréviation anglo-saxonne « SLA » pour service level agreement).

Sur la figure 4 on a représenté trois flux temps non contraint TNC, les flux G_{1A} , G_{1B} , G_{1C} ou paquets de données 410. Chacun de ces flux est segmenté 411 en plusieurs blocs $G_{1A}Bi$, $G_{1B}Bi$, $G_{1C}Bi$ (cellule unitaire pour le
20 processus de retransmission ARQ) selon un procédé connu de l'art antérieur. Si l'on considère que les deux flux $G_{1A}Bi$, $G_{1B}Bi$ ont des temps non contraints compatibles, alors le procédé prépare, 412, une première trame de données TG_1 en ajoutant par exemple des en-têtes, et en mettant les données au format requis pour la transmission. Le procédé va aussi effectuer une deuxième
25 trame de données $T'G_1$ à partir du flux $G_{1C}Bi$. Le procédé réalise, 413, un codage et un entrelacement pour chaque trame de données TG_{1c} , $T'G_{1c}$, dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame. Ces opérations sont effectuées en fonction des exigences de qualité de service du service considéré pour une application donnée et pour un flux de données. Un
30 des avantages offert par cette phase d'entrelacement est de répartir les données sur plusieurs trames TG_{1c} et ce, de manière transparente pour la

couche physique. Elle permet de plus, en cas extrême, d'entrelacer sur plusieurs trames TG_1 un unique flux de données et ainsi d'augmenter la taille de l'entrelaceur au-dessus d'une couche physique inchangée, ceci en gardant la capacité à avoir un retour à l'alternat plus rapide que la taille d'un tel entrelaceur.

Dans le cas de couches physiques existantes ne permettant pas de proposer une solution sans codage correcteur par défaut, l'étape de codage correcteur et d'entrelacement introduit au niveau liaison devra donc prendre en compte la présence de ce codage. Le résultat de cet entrelacement est la génération 414 d'un premier type de sous-trames STG_{1c} .

Le deuxième flux de données G_2 est traité de manière identique. Sur la figure 4 on a représenté deux types de flux temps contraint G_{2A} , G_{2B} qui sont segmentés 421, en blocs G_{2ABi} , G_{2BBi} . A partir des sous-blocs G_{2ABi} , G_{2BBi} , le procédé prépare deux trames, 422, TG_{2A} , TG_{2B} (ajout des en-têtes). Pour chacune des trames, le procédé exécute une étape de codage et d'entrelacement 423 (codage – entrelacement TG_{2Ac} , TG_{2Bc}) selon les contraintes du flux. Ensuite, chaque trame TG_{2Ac} , TG_{2Bc} est segmentée pour obtenir, 424, des sous-trames STG_{2Ac} , STG_{2Bc} .

Lors des étapes 415 et 425, le procédé va préparer, à partir des sous-trames résultant des étapes de segmentation, les données de la trame PHY à transmettre selon des consignes données par un ordonnanceur. Ce dernier en fonction des caractéristiques des flux, de la qualité de service, de la latence, par exemple, va préparer des trames T_3G en mixant les sous-trames issues du flux G_1 et du flux G_2 , à savoir les sous-trames STG_{1Ac} , STG_{1Bc} , STG_{1cc} , STG_{2Ac} , STG_{2Bc} sur la figure 4.

Le procédé continue en introduisant un codage correcteur d'erreur 416, 426, étape qui est optionnelle et qui fournit des trames codées T_3G_c . Puis le procédé va réaliser une étape d'entrelacement 417, 427 des trames codées T_3G au niveau de la trame PHY.

L'étape suivante consiste à transmettre les trames ainsi préparées, en alternant l'émission de trame 430, l'alternat TX/RX 431, la réception de trames 432.

Les données d'une trame peuvent être réparties entre des alternats.

La figure 5 représente une variante de réalisation de l'invention dans le cas de deux flux NTC H_1 , H_2 et de deux flux TC H_3 , H_4 .

Les deux flux temps non contraints H_1 , H_2 après segmentation 511 sont traités, par exemple, pour ajouter des en-têtes, en mettant au format requis pour la transmission 512. Le procédé va ensuite, 513, réaliser un codage et un entrelacement de la trame, dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame. Ces opérations sont effectuées en fonction des exigences de qualité de service du service considéré. Les données entrelacées sont ensuite segmentées 514 pour générer plusieurs sous-trames. Lors de l'étape 515, le procédé va préparer la trame PHY à transmettre selon des consignes données par un ordonnanceur. La trame de données est codée 514 en utilisant un code correcteur d'erreurs connu de l'Homme du métier. Puis les données codées sont ensuite entrelacées 517.

Pour les deux flux temps contraints H_3 , H_4 , comme dans l'exemple de la figure 4 où l'on considérerait un unique flux temps contraint G_2 , il n'y a pas d'entrelacement réalisé au niveau liaison. Il est également possible de s'appuyer sur la couche physique pour effectuer l'opération de codage correcteur 526. Une telle optimisation permet notamment de gagner en temps de traitement dans les couches à accès radio, ce qui est intéressant pour des flux à contrainte temps réel, notamment si l'on est en mesure d'introduire un codage correcteur adapté au niveau de la couche physique, par exemple de type protection inégale aux erreurs.

Les trames de données résultant des deux chaînes de traitement, temps non contraint, temps contraint sont ensuite distribuées pour la transmission, en respectant, par exemple, l'émission d'une trame, l'alternat TX/RX, la réception d'une trame, l'alternat, la réception.

Dans le cas d'une application de veille pour la phonie, le procédé va permettre à un récepteur de surveiller ou d'écouter régulièrement les données reçues lors de l'alternat selon un procédé connu de l'Homme du métier et de basculer d'un premier état dans lequel le système ne reçoit que des flux de données à temps non contraint, vers un deuxième état prenant en compte les flux de données temps contraint selon un principe décrit par exemple à la figure 4 ou la figure 5. Le procédé selon l'invention offre ainsi naturellement l'avantage de pouvoir basculer sur une communication phonie, par exemple détectée en veillant un canal de phonie lors des phases de réception, en parallèle d'une transmission de données sans interrompre cette dernière.

La figure 6 schématise un exemple de mise en œuvre du système et du procédé selon l'invention dans le cas d'une liaison dans laquelle les données circulent de façon bidirectionnelle et simultanément, plus connue sous l'acronyme anglo-saxon « full-duplex ». Les étapes de traitement des flux contraints et non contraints sont semblables à celles décrites dans la figure 4.

Les données sont transmises selon la séquence suivante ; émission de données d'une trame, temps de garde, émission de données d'une trame, etc.

Au niveau de la partie récepteur, la réception des flux s'effectue, par exemple, de la manière suivante : réception – alternat – réception – alternat ... et ce de manière synchrone.

La figure 7 schématise une mise en œuvre dans le cas d'une communication utilisant le protocole d'accès multiple à répartition dans le temps plus connu sous l'acronyme anglo-saxon « TDMA » pour Time Division Multiple Access. Dans ce cas, les étapes du traitement des données sont similaires aux étapes décrites à la figure 4. Pour l'étape de transmission d'une trame, la séquence est par exemple la suivante, émission d'une trame, garde, réception de trame, garde, réception de trame. Les données d'une

trame peuvent être réparties en plusieurs trames du fait de l'utilisation du TDMA.

Au niveau de la partie récepteur, la réception des flux s'effectue, par exemple, de la manière suivante : réception 701 – alternat 702 – réception 701 – alternat ... et ce de manière synchrone.

La Figure 8 présente un algorithme permettant de converger sur le choix de paramètres pour les différents services à servir. Les étapes de cet algorithme sont les suivantes :

- 800, 810 - une étape d'initialisation système dans laquelle le système collecte des informations (services à fournir, débits et SLA associés),
- 820 - une étape de détermination pour chacun des services possibles pour le système considéré de ses points de fonctionnement : latence, débit, taux d'erreur cibles,
- 830 - l'établissement de l'ensemble des couches PHY disponibles pour le système considéré,
- 840 - l'adaptation au lien de transmission (étape récurrente)
 - o la mise à jour informations de l'état des files
 - o la détermination de la capacité offerte par le lien radio (e.g. niveau de bruit ...), dans le cas où la capacité du lien ne permet pas de traiter tous les flux,
 - 842, on retourne vers une étape d'ordonnancement 850 qui gère les flux en fonction de leur priorité, dans le cas où la capacité du lien le permet 841, alors le procédé va passer à l'étape suivante de vérification des flux de données,
 - o le suivi des états des différentes files des services considérés, y compris des files ARQ pour les messages NTC,
 - o la sélection des paramètres pour la communication comprenant:
 - o la récurrence de l'alternat fixée par le service le plus contraignant en latence/gigue,
 - o le niveau de codage et d'entrelacement pour les flux définis en fonction de leur point de fonctionnement cible et de leur contrainte de latence/gigue

Par défaut on propose une solution à deux classes : une file TC temps contraint, et une file NTC maximisant les performances TEB.

850 – la boucle ordonnancement est une boucle de contrôle gérant les flux en fonction de leur priorité permet de n'accepter que les flux les plus importants lorsque les capacités du lien sont inférieures au volume total à émettre.

870 – une étape de mise en œuvre des paramètres retenus pour la transmission de données.

Le procédé selon l'invention s'appuie sur une décorrélation de la
10 taille de la trame de données de l'alternat et permet de passer à une approche de multiplexage des données dans la trame physique transmise, avec une gestion des processus ARQ des services au-dessus d'une couche physique PHY standard ou optimisée en termes de codage correcteur. Elle permet de faire fonctionner sur un même lien HF exploité à l'alternat plusieurs
15 canaux logiques avec des exigences différentes et donc de multiplexer des services aussi divers comme la phonie et le transfert de fichiers. L'invention permet de garantir la tenue des exigences de qualité de service en termes de latence/gigue. Elle permet aussi aux flux de données peu ou non contraints en termes de latence/gigue de bénéficier des performances améliorées par
20 l'emploi d'un grand entrelaceur. En mettant en œuvre le système et le procédé selon l'invention, il est possible d'utiliser le même lien HF pour des applications avec des exigences de qualité de service très variables, et cela en adaptant au plus juste les niveaux d'entrelacement et de protection à chaque flux. Enfin l'invention permet de profiter de l'emploi d'un grand entrelaceur
25 tout en ayant un retour plus rapide en termes de signalisation.

L'efficacité du système et du procédé selon l'invention est basée sur un entrelacement rapide entre les trames émission et réception courtes. La commutation entre l'émission et la réception est faible devant la longueur des trames. Cette approche est compatible avec différents modes de transmission, point à point, TDMA, Le mécanisme est également compatible avec
30 des couches physiques existantes (standardisées et/ou implantées dans des

produits existants), mais pourrait aussi s'appliquer de manière intéressante sur des couches physique optimisées, par exemple en considérant la possibilité d'utiliser des codes correcteurs à protection inégale.

REVENDICATIONS

1 – Procédé pour transmettre des données dans un système de communication fonctionnant en HF comprenant une couche liaison et une couche physique, ledit système comprenant un émetteur et un récepteur, ledit émetteur
5 comportant au moins un ordonnanceur, le procédé est caractérisé en ce qu'il comporte :

une étape de segmentation d'au moins un premier flux de données F_1 , et un deuxième flux de données F_2 chacun des flux ayant une contrainte de service, chacun étant segmenté en plusieurs sous-blocs de données $F_i B_i$,
10

une étape où les sous-blocs de données sont transformés en une première trame TF_1 et une deuxième trame TF_2 , puis une étape de codage et d'entrelacement de la première trame TF_1 , et de la deuxième trame TF_2 produisant des sous-frames STF_{1c} , STF_{2c} , en exécutant les étapes suivantes :

- 15 • segmenter (311) le premier flux F_1 en plusieurs blocs $F_1 B_i$,
- préparer (312) une première trame TF_1 en ajoutant des informations requises pour le format utilisé pour la transmission,
- réaliser un codage et un entrelacement (313) de la trame de données, TF_{1c} , dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame, produisant des sous-frames STF_{1c} ,
20
- segmenter (321) le deuxième flux de données F_2 en plusieurs blocs $F_2 B_i$,
- préparer (322) une première trame TF_2 en ajoutant des informations requises pour le format utilisé pour la transmission,
- 25 • réaliser un codage et un entrelacement (323) de la trame de données, TF_{2c} , dont les paramètres sont adaptés à la mise en forme de la trame, produisant (324) des sous-frames STF_{2c} , puis

une étape de génération d'une trame à transmettre en exécutant les étapes suivantes :

- 30 • préparer les données de la trame physique PHY à transmettre, selon des consignes fixées par un ordonnanceur (315, 325) en mixant des

sous-trames STF_{1c} du flux de données F_1 avec m sous-trames STF_{2c} du flux de données F_2 produisant une trame F_3 comprenant des sous-trames STF_{1c} et des sous-trames STF_{2c} ,

- transmettre (330) les trames codées T_3 et entrelacées T_{3ce} ainsi préparées, en alternant l'émission (331) de trame, l'alternat TX/RX (332), la réception de trames (333).

2 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'étape de codage et d'entrelacement des trames de données est réalisée au niveau de la couche physique du système de transmission.

3 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de codage correcteur d'erreur (316, 326), générant des sous-trames codées F_{3c} avant l'étape d'entrelacement.

4 – Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que les flux de données sont constitués de flux G_1 de données temps non contraint et de flux de données G_2 temps contraint et en ce qu'il comporte au moins les étapes suivantes :

- segmenter les flux de données ayant des caractéristiques de temps non contraint compatibles G_1 (411) en plusieurs blocs $G_{1A}Bi$, $G_{1B}Bi$, $G_{1C}Bi$
- préparer, (412₁), une ou plusieurs trames de données TG_1 , $T'G_1$,
- coder et entrelacer la trame de données TG_1 , et coder et entrelacer la trame de données $T'G_1$ séparément,
- segmenter chacune des trames de données codées et entrelacées TG_{1c} , $T'G_{1c}$,
- segmenter les flux de données ayant des caractéristiques de temps contraint compatibles G_2 (421) en plusieurs blocs $G_{2A}Bi$, $G_{2B}Bi$,
- préparer, (422₁), une ou plusieurs trames de données TG_2 , $T'G_2$,
- coder et entrelacer la trame de données TG_2 , et coder et entrelacer la trame de données $T'G_2$ séparément,

- segmenter chacune des trames de données codées et entrelacées TG_{2c} , $T'G_{2c}$,
- préparer plusieurs trames T_3G en mixant les sous-trames issues du flux G_1 et du flux G_2 , à savoir les sous-trames STG_{1Ac} , STG_{1Bc} , STG_{1cc}
5 STG_{2Ac} , STG_{2B} ,
- entrelacer chaque trame T_3G ,
- transmettre les trames T_3G .

5 – Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que l'étape de transmission des trames T_3G est exécutée en émettant une première trame, suivie d'un alternat RX/TX, suivi d'un intervalle temporel de réception, suivi, de l'émission d'une deuxième trame T_3G .

6 – Procédé selon l'une des revendications 4 ou 5 caractérisé en ce qu'il comprend une étape de codage correcteur d'erreur avant l'étape d'entrelacement des trames T_3G .

7 – Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce que l'étape de transmission des trames T_3G comporte une étape d'émission de trames, suivie d'un temps de garde, suivie d'une émission d'une deuxième trame, suivie d'un temps de garde.

8 – Procédé selon la revendication 4 caractérisé en ce qu'il comporte une étape de surveillance ou d'écoute des données reçues lors d'un temps correspondant au procédé d'alternat et de prendre en compte les données temps contraint du service à temps contraint tel que la phonie G_2 en les traitant avec des données flux non contraint.

9 – Procédé selon la revendication 1 mis en œuvre au sein d'un système de communication de données caractérisé en ce que le premier flux est un flux non contraint H_1 , H_2 et le deuxième flux est un flux contraint et en ce que

seul le flux non contraint est codé et entrelacé (513) au niveau de la couche physique liaison d'un système de transmission de données.

- 10 – Système pour transmettre plusieurs flux multiservices en bande HF
5 comportant au moins les éléments suivants un émetteur (1) comprenant au moins un ordonnanceur (10) adapté à exécuter les étapes du procédé selon l'une des revendications 1 à 9, à préparer les trames de données des flux multiservices avant transmission sur un canal HF et un récepteur (15).