

Le procédé de modulation utilisé dans Wimax est basé sur l'OFDM

Résumé — Le Wimax (Worldwide Interoperability for Microwave Acces) est utilisé pour fournir une connexion internet à haut débit sur une zone de couverture de plusieurs kilomètres de rayon pour la téléphonie mobile et pour le réseau informatique. Le fonctionnement du Wimax est réalisé grâce à des antennes et des BTS (Stations de base) qui transmettent par des ondes le signal. Le mode utilisé fonctionne d'un point vers du multipoint car une antenne ou une BTS permet d'alimenter plusieurs utilisateurs. L'OFDM est implémenté dans le Wimax et elle correspond, au niveau de la couche physique, à la modulation. La modulation est une opération de traitement du signal qui permet d'adapter un canal de communication.

Mots-clés — Wimax: Worldwide Interoperability for Microwave Acces, OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing, 802.16: Nom IEEE pour le Wimax.

I. ORTHOGONAL FREQUENCY DIVISION MULTIPLEXING.

L'OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) est un procédé de codage de signaux numériques par répartition en fréquences orthogonales sous forme de multiples sous-porteuses. L'OFDM est un procédé de codage numérique des signaux qui est utilisé entre autres pour les systèmes de transmissions mobiles à haut débit de données. Il est particulièrement bien adapté aux canaux de transmission radio sur longues distances sans transmissions d'ondes multiples (échos), il permet alors de réduire sensiblement les interférences inter-symboles.

Le principe de l'OFDM consiste à répartir sur un grand nombre de sous-porteuses le signal numérique que l'on veut transmettre. Comme si l'on combinait le signal à transmettre sur un grand nombre de systèmes de transmission (des émetteurs, par exemple) indépendants et à des fréquences différentes. Pour que les fréquences des sous-porteuses soient les plus proches possibles et ainsi transmettre le maximum d'information sur une portion de fréquences donnée, l'OFDM utilise des sous-porteuses orthogonales entre elles. Les signaux des différentes sous-porteuses se chevauchent mais grâce à l'orthogonalité n'interfèrent pas entre elles.

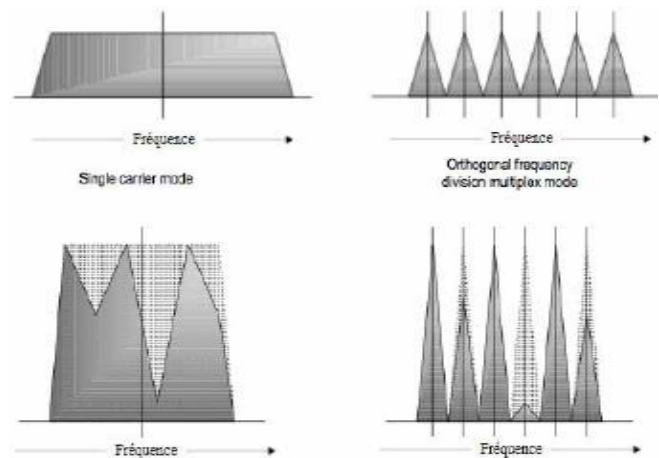
Le paramètre le plus significatif de l'OFDM est le délai d'excès maximum qui détermine la longueur du préfixe cyclique (détermine le début d'un cycle). La dépendance des systèmes de bande ultra large OFDM sur le délai de dispersion ne diffère donc pas significativement des systèmes à bandes étroites dans la mesure où la dispersion des retards ne dépend pas de la bande passante considérée. La densité de la réponse impulsionnelle n'a pas d'impact significatif. Toutefois, la

perte de propagation est différente pour les différentes tonalités ce qui affecte les performances et peut requérir une nouvelle modulation et des systèmes de codages. La diversité de fréquence peut être augmentée par codage CDMA multiporteuse ou par codage OFDM pulsé.

Plusieurs programmes ont été proposés pour diviser la bande de fréquences disponible en sous bande et transmettre ces différentes sous bande à différent moment. Cette approche simplifie la mise en place comme l'échantillonnage et la conversion analogique numérique doit maintenant se faire seulement avec un taux correspondant à la largeur de la sous-bande au lieu de la totalité de la bande passante. Le canal des bandes ultras larges est ainsi converti en un certain nombre de canaux à bande étroite, comme la plupart des effets de propagation dans un canal à 500 MHz sont en ligne avec des conventions (bande étroite) de propagation. L'effet le plus significatif pour ces systèmes sont les différentes atténuations tel que les sous-bandes objets.

La densité spectrale de puissance de transmission doit être constante, de manière à augmenter la puissance pour les hautes fréquences n'est pas une option, mais, fort de codage et/ou inférieure de modulation d'ordre peut être utilisé pour compenser cet effet. Semblable aux systèmes OFDM, il est également essentiel que le codage dans différentes bandes de fréquence soit effectué.

L'OFDM permet d'avoir de multiples porteuses orthogonales, il résiste aux interférences et possède un meilleur recouvrement.



Il permet une modulation adaptative en fonction du rapport signal sur bruit obtenue et un compromis entre la bande passante et la portée.

II. OFDM POUR LE WIMAX.

Multiplexage OFDM :

L'Orthogonal Frequency Division Multiplexing signifie en français : multiplexage par répartition en fréquence sur des porteuses orthogonales. OFDM est une technologie assez ancienne (elle date des années 1960) mais qui se développe de plus en plus car elle est utilisée dans les solutions de mobilité à haut débit que ce soit la téléphonie, le Wifi ou encore l'ADSL.

Il s'agit d'une technique utilisée pour transmettre des données analogiques. Lors de l'émission d'un signal, une plage de fréquence est divisée en sous-canaux séparés par des zones « libres » de taille identique. Un algorithme permet la transmission des données via différents sous-canaux et la reconstitution des données initiales chez le destinataire. L'objectif de cette méthode est d'utiliser au maximum toute la plage de fréquence tout en limitant les perturbations grâce aux espaces libres entre les canaux. Cette technologie est particulièrement adaptée aux réseaux locaux ou métropolitains. Ces zones sont généralement denses et l'OFDM permet ainsi de diminuer voire d'éliminer les perturbations potentielles. Sur de plus grandes distances, l'intérêt de cette technique devient moindre car le débit est plus limité.

Aujourd'hui, l'OFDM est utilisé dans de nombreux domaines. Ainsi l'ADSL fonctionne de cette manière. De plus en plus, cette technologie est utilisée dans les systèmes de communication sans fil comme le Wifi et bien entendu, le Wimax. Grâce à OFDM, Siemens et Motorola ont par ailleurs pu développer des réseaux de téléphonie mobile fonctionnant à plus de 300 Mbits par seconde. Cette technique permettra au Wimax d'obtenir un rendement spectral deux fois supérieur à celui du Wifi, il y aura donc deux fois plus de données transmises par Hertz.

III. CONTEXTE MULTI-UTILISATEUR.

L'OFDM alloue la totalité du canal à un utilisateur à la fois. Pour permettre l'accès à plusieurs utilisateurs, l'OFDM doit être combiné à une technique de TDMA ou FDMA. La première opération consiste à répartir le flux en plusieurs sous flux qui sont véhiculés sur des sous porteuses adjacentes de même largeur. Ces sous porteuses sont cadrées sur une fréquence de base et ses multiples fb , $2fb$, $3fb$, etc. et sont modulées indépendamment les unes des autres. En principe, l'émission sur un canal provoque des interférences sur les canaux adjacents.

Ceci implique en général que les fréquences utilisées sur un même site émetteur doivent être distants de plusieurs canaux, pour être sûr que l'affaiblissement du signal des autres canaux sera suffisamment important pour ne pas perturber un canal

donné. L'OFDM évite ce phénomène d'interférences du fait que les fréquences utilisées par les sous porteuses sont orthogonales. Si on considère la densité spectrale de chaque sous porteuse, c'est-à-dire la puissance émise en fonction de la puissance (celle-ci étant maximale sur la fréquence canal (fb , $2fb$, $3fb$, etc...), on constate que lorsque l'une d'elles est au maximum de sa puissance, celle-ci est nulle pour toutes les autres fréquences multiples ou sous-multiples, ce qui nativement interdit l'effet d'interférence.

Représentation de trois sous porteuses OFDM :

Les sous porteuses sont ensuite translatées dans la bande d'émission, autour de $2,5$ ou 3 GHz.

L'OFDM présente par ailleurs un certain nombre d'avantages. Le premier est que l'évanouissement (perte d'une ou plusieurs sous porteuses) n'affecte pas le signal entier, mais seulement la partie qui a été codée sur ces sous porteuses. La plupart du temps les codes de correction permettent de reconstituer la partie perdue.

Un autre avantage est de diminuer l'interférence inter symboles. En effet, plus la durée d'un symbole est courte plus le risque d'interférence (provoqué par le délai d'un canal par rapport aux autres) est important. Avec l'OFDM, si N est le nombre de sous porteuses, le flux initial est divisé en N sous flux qui se partagent le débit utile. Ceci revient à multiplier par N la durée du symbole.

Wimax OFDM supporte 256 sous porteuses de 15,635 kHz. Les sous porteuses montantes sont regroupées en sous canaux, chaque sous canal étant alloué à un utilisateur. Le standard définit 16 sous canaux avec la possibilité d'en allouer 1, 2, 4 ou 8 à un utilisateur. Wimax nomade 802.11d (2004) est basé sur l'OFDM. En outre, l'OFDM est utilisé par certaines variantes du standard Wifi (802.11a, 802.11g) et la télévision numérique.

IV. CONCLUSION:

Pour conclure, nous avons pu voir que la modulation utilisée dans la technologie Wimax (802.16), à savoir l'OFDM, offre des performances remarquables pour une connexion sans-fil.

Cependant, il existe d'autres technologies concurrentes, comme le LTE, qui utilise cette modulation OFDM ainsi que la modulation MIMO. Appliquée avec le LTE, la modulation OFDM permet d'atteindre des débits supérieurs. C'est d'ailleurs le LTE qui a été choisit en France pour le nouveau réseau 4G. Ce n'est pas le cas dans tous les pays, par exemple, c'est le Wimax qui est utilisé au Etats-Unis.

Le Wimax n'est d'ailleurs pas mort, une nouvelle version est actuellement en validation et pourrais apparaître prochainement.