

TP 01 : UMTS

L'UMTS est une technologie de téléphonie cellulaire dont la partie radio (UTRAN) repose sur la technique d'accès multiple W-CDMA, une technique dite à étalement de spectre, alors que l'accès multiple pour le GSM se fait par une combinaison de multiplexage temporel TDMA et de multiplexage fréquentiel FDMA.

Une amélioration importante de l'UMTS par rapport au GSM consiste, grâce à une nouvelle technique de codage, en la possibilité de réutiliser les mêmes fréquences dans des cellules radio adjacentes et en conséquence d'affecter une largeur spectrale plus grande à chaque cellule (5 MHz), alors qu'en GSM, les cellules radio adjacentes doivent utiliser des bandes de fréquences différentes (facteur de réutilisation variant de 1/3 à 1/7) ce qui implique (en GSM) de diviser et répartir les fréquences attribuées à un opérateur entre plusieurs cellules radio.

La disparition de cette contrainte permet en UMTS d'avoir plus de bande passante et donc plus de débit (ou plus d'abonnés actifs) dans chaque cellule.

1.Méthodes d'accès multiple

Le partage d'un support de communication par plusieurs usages utilisent différentes approches, notées par des sigles du type xDMA : x Division Multiple Access

- FDMA : Accès multiple fréquentiel (le système le plus ancien : on module à l'aide d'une porteuse). Exemples : émetteurs radios, TV en Hertzien, les premiers systèmes (analogiques) de téléphonie mobile, partiellement le GSM etc...
- TDMA : Accès multiple temporel, T désigne une répartition par tranches (slots) de temps : Téléphonie fixe, téléphonie mobile à l'intérieur de chaque bande de fréquence, TV satellite pour un bouquet etc ...
- WDMA : Accès multiple par répartition en longueur d'onde : Communications par fibre optique.
- PDMA : Accès multiple à répartition par polarisation
- SDMA : Accès multiple à S répartition par localisation spatiale
- CDMA : Accès multiple à répartition par code. Exemples : téléphonie mobile : IS-95, CDMA 2000, UMTS ; réseau R.F. IEEE 802.11

Le CDMA est fondé sur la technique d'étalement de spectre, et se développe actuellement pour la téléphonie mobile et/ou le wireless. Il n'est pas encore utilisé en Europe¹ en téléphonie mobile, il l'est depuis 1996 en Asie, aux USA (3 millions d'abonnés en 1999), le CDMA sera utilisé dans la téléphonie de troisième génération (UMTS).

D'autres applications utilisent aussi l'étalement de spectre : GPS : Global Positioning System, certains réseaux WLAN (Wireless ..IEEE 802.11)

2.Étalement de spectre ("spread spectrum")

L'idée est de transformer un signal en bande relativement étroite en un signal qui a l'apparence d'un bruit sur une bande large.

Pour transmettre un débit d'information donné, deux paramètres sont ajustables : la largeur spectrale et le rapport de puissance signal/bruit (S/N) en application de l'équation de C. Shannon:

Capacité maximum en b/s = $w \log_2(1+S/N) = 1.44 \ln(1+S/N)$ où S/N: puissance du signal/puissance du bruit .

Si l'on étale le signal sur une large bande en conservant la puissance totale, on peut tolérer un rapport S/N faible : exemple 10 kbps avec S/N=0.01 => $w = 690 \text{ kHz } (\sim 0,69 * C * N / S)$

Le principe en D.S.S.S consiste à remplacer chaque bit '1' par une séquence-code à M 'chips' et chaque bit '0' par la séquence complémentaire. Ces séquences-codes sont judicieusement choisies pour leurs propriétés mathématiques. Comme le signal obtenu contient beaucoup plus de transitions (changement de chip) que le signal-message original contient de transitions (changement de bit), la bande spectrale est élargie dans un rapport égal au nombre de chips.

Il existe d'autres méthodes : 'saut de fréquence' (*frequency hopping*), où la fréquence de la porteuse est changée M fois pendant la durée d'un bit de message.

On obtient donc un spectre étalé en modulant le signal avec une séquence connue sous le nom de séquence pseudo aléatoire ayant une apparence de bruit, en remplacement de chaque bit de

3.Principe de l'accès multiple avec codes

Il existe plusieurs variantes : on décrit ci-dessous l'étalement par séquence directe (*Direct Sequence Spread Spectrum*).

- Le message A de l'émetteur A, représentée par une séquence de +1, -1 traduisant la séquence de bits 1 et 0 logiques, est multiplié par un code : une séquence de +1 et -1 (les « chips ») judicieusement choisie, et dont les transitions sont m fois plus fréquentes. Idem pour un émetteur du message B: message multiplié par un code B.
- Les séquences produits $A * C_A$ et $B * C_B$ sont ajoutées et transmises.
- A la réception, le destinataire du message A multiplie la séquence reçue par le code C_A , idem pour le destinataire du message B.

Si les codes sont bien choisis, sur la durée d'un bit, (donc de m chips), la moyenne de $C_A.C_A$ et de $C_B.C_B$ est égale à m/2, tandis que $C_A.C_B$ a une moyenne nulle : Les codes C_A et C_B sont dits « orthogonaux » (Somme des produits des éléments correspondants [=produit scalaire]=0).

message. Le signal étalé (spectralement) doit apparaître comme du bruit, en particulier pour les autres transmissions éventuelles utilisant le même spectre étalé.

Ceci permet aussi de cacher=crypter le message d'où son utilisation ancienne par les militaires.

En réception on calcule la corrélation du signal avec une réplique du code émetteur (la séquence pseudo-aléatoire : p_n for *pseudo noise*), ce qui permet de régénérer les bits de message selon sa valeur : positive (=>1), négative (=>-1) ou nulle (mauvais code). Voir exemple ci-dessous.

L'étalement du spectre conduit à diviser la densité de puissance spectrale (en Watts/Hz) par le rapport des largeurs de bande W_{ss}/W_s que l'on appelle "gain de codage"(processing gain). Il est typiquement entre 10 et 30 dB (rapports de 10 à 1000). La puissance rayonnée est donc étalée, ainsi qu'un bruit en bande étroite ou une interférence (un autre utilisateur).

PRATIQUE :

- 1- Reproduire le circuit suivant dans simulink de MATLAB.
- 2- Expliquer les différents blocs de système.
- 3- Quelles sont les types des codes utilisés ici.
- 4- Est-ce qu'on peut améliorer le BER.

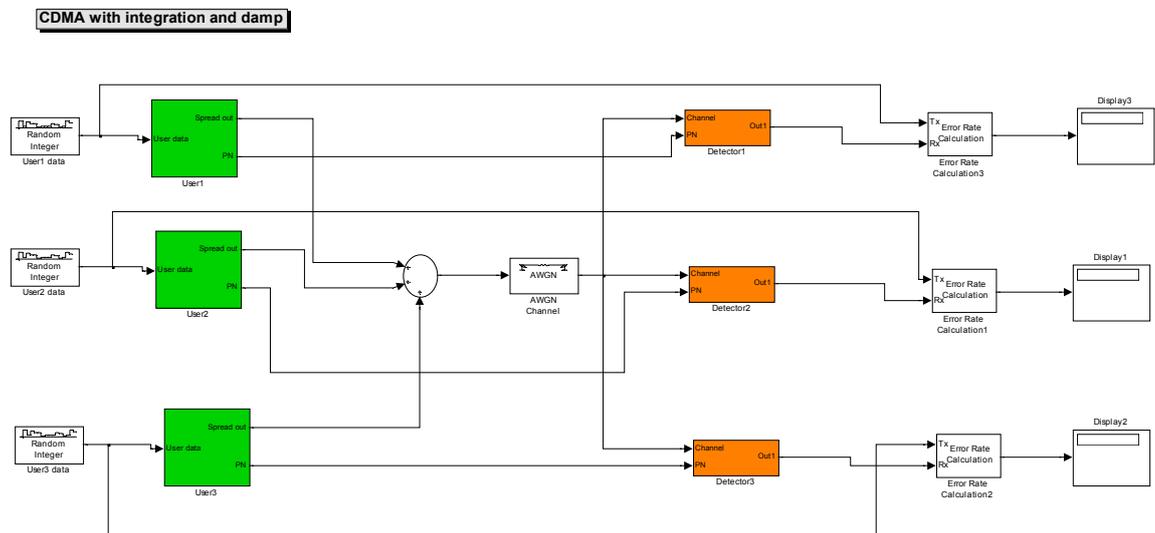


Fig.1 Schéma d'une application CDMA simple