

TP CDMA

2SN-T Avril 2021

Objectif :

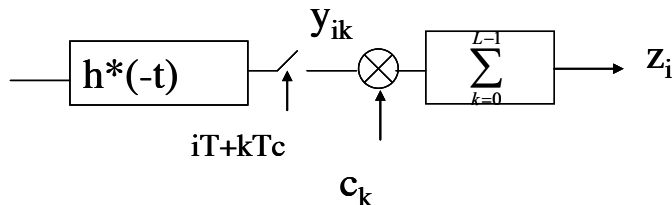
- Implémenter une chaîne émission/réception avec un utilisateur en utilisant le formalisme vu en cours
- Etendre à plusieurs utilisateurs

Formalisme : rappels

On considère une modulation QAM avec un alphabet de symboles d_k . Pour chaque symbole d_k , une séquence PN pondérée par d_k est générée (étalement de spectre). La séquence PN composée de L chips c_i est notée $PN(t) = \sum_{i=0}^{L-1} c_i \delta(t - iT_c)$ où T_c est la durée d'un chip. La forme d'onde associée au symbole d_k est donc $d_k PN(t - kT) * h(t)$ où $*$ représente l'opération de convolution et $h(t)$ est le filtre de mise en forme. Le temps symbole est noté T .

- 1) L'enveloppe complexe du signal émis $X_e(t)$ s'écrit : $X_e(t) = \sum_k d_k PN(t - kT) * h(t)$
- 2) Le signal réel passe-bande émis $X(t)$ est

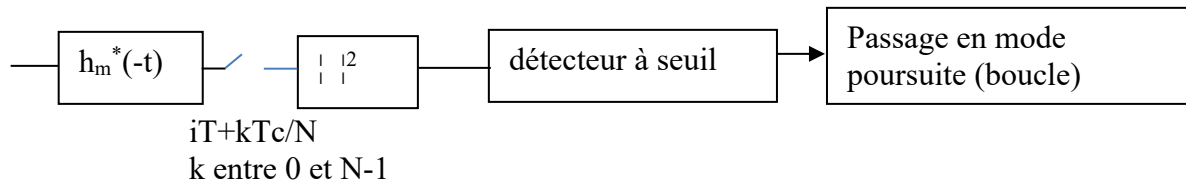
$$X(t) = \text{Re}\{X_e(t)e^{j\omega_0 t}\} = \text{Re}\left\{e^{j\omega_0 t} \sum_k d_k PN(t - kT) * h(t)\right\}$$
- 3) Le système étalé peut donc être vu comme une modulation linéaire avec comme filtre de mise en forme $PN_F(t) = PN(t) * h(t)$ soit $X_e(t) = \sum_k d_k PN_F(t - kT)$
- 4) Le récepteur idéal associé à la modulation linéaire du 3) est donc composé d'un filtre adapté à $PN_F(t)$ suivi d'un échantillonneur.
- 5) On montre que le récepteur est équivalent au schéma de désétalement ci-dessous où $z_i = d_i + w_i$ (w_i : échantillon de bruit):



- 6) Corrélation passive

Pour désétaler le signal reçu, le récepteur a besoin d'un circuit de synchronisation qui possède 2 modes : le mode synchronisation grossière et le mode synchronisation fine. Pour le premier mode nous proposons d'utiliser le schéma de corrélation passive décrit ci-dessous (on note que le signal est échantillonné à $NR_c = NL R_s$ cad que l'on a N échantillons par chip et $M = NL$ échantillons par symboles). La fonction « module au

carré » permet de s'affranchir de la modulation et de la phase de la porteuse. La somme sur P symboles permet d'améliorer le SNR pour l'estimation.



Travail à effectuer :

Partie I : cas mono-utilisateur

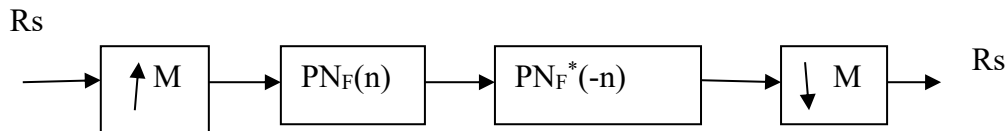
1) Chaîne de communication sans bruit

Construire une chaîne de communication sans bruit avec un utilisateur en utilisant le formalisme du paragraphe précédent.

- Fréquence d'échantillonnage $F_e = NR_c$ avec $R_c = LR_s$ soit $F_e = MR_s$ avec $M = NL$
- Filtre de mise en forme $h(n)$: rectangle de durée T_c ou filtre en racine carrée de cosinus surélevé de roll-off $\alpha = 0.5$
- Modulation : BPSK ou QPSK

Rappel : Le cas « filtre rectangulaire » a été traité en cours : voir fichier chaine_etalee.m sur Moodle.

chaine_etalee.m



- Tracer la réponse du filtre global $g(t) = PN_F(t) * PN_F^*(-t)$ pour les cas NRZ et SRRC.
- Tracer la sortie du filtre de réception lorsque l'entrée est composée de symboles identiques. Quelle fonction retrouve-t-on en sortie de filtre adapté ?
- Tracer la sortie du filtre adapté lorsque les données en entrée sont des symboles QPSK indépendants. Qu'observe-t-on ?
- Tracer la constellation après échantillonnage

2) Chaîne de communication avec bruit

Construire une chaîne de communication avec bruit avec un utilisateur.

- Fréquence d'échantillonnage $F_e = NR_c$ avec $R_c = LR_s$ soit $F_e = MR_s$ avec $M = NL$
- Modulation : QPSK
- Filtrage mise en forme : NRZ
- Plage de E_b/N_0 : 5dB à 7 dB

Comparer avec le TEB théorique.

3) Synchronisation grossière par corrélation passive

On considère la chaîne de communication avec bruit avec un utilisateur :

- Fréquence d'échantillonnage $F_e = NR_c$ avec $R_c = L R_s$ soit $F_e = M R_s$ avec $M = NL$
- Modulation : QPSK
- Filtrage mise en forme : NRZ
- Valeurs de E_b/N_0 : 5dB et 30 dB

La sortie du filtre adaptée est décimée par un facteur $M = L * N$ (on ne garde qu'un échantillon par symbole). Il y a donc M façons de décimer le signal :

- a) Proposer un test permettant de déterminer quel est l'instant optimal d'échantillonnage (Faire un test d'hypothèse sur les M hypothèses : critère à définir)
- b) Planter le test sous Matlab.
- c) Utiliser l'estimateur d'instant optimal d'échantillonnage dans votre programme de calcul de TEB et vérifier que les résultats obtenus (TEB) sont corrects (le calcul de la variance du bruit est en fin d'énoncé).

Partie II : cas multiutilisateurs sans bruit

- a) Générez 6 séquences de Gold de longueur 31 en utilisant la paire préférée : [2,5][2,3,4,5] (aidez-vous du programme de génération de séquences PN PN_ML.m montré en cours : voir Moodle). Les filtres émission associés aux séquences seront notées $PN_1(n)$ à $PN_6(n)$
- b) Planter la chaîne de communication pour l'utilisateur utilisant la signature $PN_1(n)$. Observez la sortie du filtre adapté avant et après décimation dans les cas suivants :
 - Utilisateur 1 seul
 - Présence de 1 à 5 utilisateurs interférents de même puissance que le signal utile.

Annexe : calcul de la variance du bruit

$\sigma^2 = N_0/2 * F_e$ avec F_e fréquence d'échantillonnage

$F_e = N * R_c = N * L * R_s = M * R_s$ (N échantillons par chip, L chips par symboles, $M = N * L$)

$\sigma^2 = N_0/2 * R_s * M$

$\sigma^2 = N_0 * R_s / P_s * P_s / 2 * M$ (P_s : puissance du signal)

$\sigma^2 = 1/(E_s/N_0) P_s / 2 M$

M_s : taille de l'alphabet des symboles

$$\sigma^2 = \frac{P_s \times M}{2 \frac{E_b}{N_0} \log_2(M_s)}$$

Bruit = sqrt(σ^2).randn(1,taille_vecteur)+j* sqrt(σ^2).randn(1,taille_vecteur)