

TP 04 : Performance d'un système de communication digitale avec la modulation QAM

1- Objectifs

- Création d'un modèle d'une chaîne de communication numérique avec la modulation 256-QAM.
- Calcul du taux d'erreur par bits BER ou par symboles SER.

2- Évaluation des performances d'une chaîne de transmission en modulation 256-QAM

- Le modèle simulink contient les éléments les plus fondamentaux d'un système de communication : La source pour le signal numérique, un modulateur en bande de base 256-QPSK, un canal AWGN, démodulateur 256-QPSK en bande de base et des moyens de détection d'erreurs causées par le bruit.
- Un programme sous Matlab est nécessaire pour évaluer les performances du modèle simulink 256-QAM.

3- Sélection de blocs pour le modèle à 256-QAM

- Générateur de nombres aléatoires : (Communication Blockset – Comm Sources – Random Data Sources – **Random Integer Generator**).
- Modulateur **256-QAM** rectangulaire en bande de base : (Communication Blockset – Modulation – Digital Baseband Modulation – PM – **Rectangular QAM Modulator Baseband**).
- Démodulateur **256-QAM** rectangulaire en bande de base : (Communication Blockset – Modulation – Digital Baseband Modulation – PM – **Rectangular QAM Demodulator Baseband**).
- Canal AWGN: (Communication Blockset – Channels – **AWGN Channel**).
- Détecteur des erreurs : (Communication Blockset – Comm Sinks – **Error Rate Calculation**).
- Affichage: (Signal Processing Blockset – Signal Processing Sinks– **Display**).
- (Simulink –Sinks– **To Workspace**)

Raccorder ces différents blocs suivant le schéma bloc d'une chaîne de communication passe-bande.

4- Paramètre des blocs

Modifiez les paramètres suivants en cliquant dans le champ à côté du paramètre, la suppression de la valeur par défaut, et en entrant le nouveau paramètre à sa place :

- Bloc **Random Integer Generator**:
 - M-ary à 256.
 - Initial Seed 12345.
 - Sample time à 10^{-3} s.
 - Samples per frame à 500.
 - Output data type à single.
- Bloc **Modulateur/Démodulateur** :
 - Main
 - M-ary number à 256.
 - Input type à Integer.
 - Constellation ordering à Binary.
 - Normalization method à Average Power.
 - Average power, referenced to 1-ohm (watts) à 1.
 - Phase offset (rad) à 0.
 - Data type
 - Single.
- Bloc **AWGN Channel** :
 - Input processing à Inherited.
 - Initial seed à 54321.
 - Mode à Signal to noise ratio E_s/N_0 .
 - E_s/N_0 (dB) à **EsNo**.
 - Input signal power à 1.
 - Symbol period (s) à 10^{-3} s.
-
- Bloc **Error Rate Calculation**:
 - Receive delay à 0.
 - Computation delay à 0.
 - Computation mode à Entire frame.
 - Output data
 - Port.
 - Cocher sur Stop simulation.
 - Target number of errors: **maxNumErrs**.
 - Target number of symbols: **maxNumBits**.
- Bloc **To Workspace**:
 - Variable name.

- SERQAM.
 - Limit data points to last à 1.
 - Decimation à 1.
 - Sample time (-1 for inherited) à -1
 - Save format: Array.

5- Programme de simulation Matlab

- Précisez la valeur des variables `maxNumErrs` et `maxNumBits` respectivement à 2000 et 10^6 .
- Donnez la variation du rapport un vecteur `EsNoVec` : `EsNoVec = -6:2:30`.
- Précisez la boucle d'exécution du modèle simulink. Utilisez la fonction `sim` pour exécuter le modèle simulink.
- Tracez l'évaluation de SER simulé et théorique en fonction du rapport `EsNoVec` en *semilogy*.
- Tracez l'évaluation de SER simulé et théorique en fonction du rapport `EsNoVec` en *semilogy*.
- Tracez l'évaluation de BER simulé et théorique en fonction du rapport `EbNoVec` en *semilogy*.

On donne l'expression de la probabilité d'erreur par symbole (SER théorique) pour la modulation M-QAM comme suit :

- Pour **k** (le nombre de bits) est paire :

$$P_S = 1 - \left(1 - 2 \cdot \left(1 - \frac{1}{\sqrt{M}} \right) \cdot Q \left(\sqrt{\frac{3}{M-1} \cdot \frac{E_s}{N_0}} \right) \right)^2.$$

- Pour **k** (le nombre de bits) est impaire :

$$P_S = 4 \cdot Q \left(\sqrt{\frac{3}{M-1} \cdot \frac{E_s}{N_0}} \right).$$

Avec :

$$Q(x) = \frac{1}{2} \cdot \left(1 - \operatorname{erf} \left(\frac{x}{\sqrt{2}} \right) \right).$$

Raccordez Les différents blocs du modèle simulink 256-QAM suivant le schéma bloc d'une chaine de communication en bande de base. Exécutez le modèle créé à partir du programme Matlab. Comparez les deux résultats : SER et BER 256-QAM théorique et simulé.