



IMT Atlantique
Bretagne-Pays de la Loire
École Mines-Télécom

FIP/SIT 213 – Etape 6

Objectif pédagogique

L'objectif est **d'utiliser** votre simulateur sur un cas d'étude soumis par un client. Cet exercice est l'occasion pour vous de prendre du recul sur votre réalisation et d'analyser l'impact de ses ingrédients techniques sur le résultat final. Aucun développement logiciel n'est à mettre en œuvre.

Travail demandé

Un client contacte plusieurs entreprises, dont la vôtre, car il souhaite déployer des réseaux de capteurs câblés. Chaque capteur doit être équipé d'un émetteur pour transmettre ses données à un centre de traitement. En fonction de l'environnement dans lequel est déployé le réseau, les besoins en termes de performances et les contraintes sur le système de transmission sont différents. L'appel d'offre auquel vous devez répondre concerne deux environnements particuliers. A vous d'utiliser votre simulateur et de vous engager sur des performances pour pouvoir peut-être remporter l'appel d'offre.

Environnement 1

Dans cet environnement, les émetteurs sont alimentés par des batteries et le canal de transmission est de type bruit blanc additif gaussien (BBAG). Le client souhaite disposer d'émetteurs consommant le moins possible d'énergie et garantissant un taux d'erreur binaire (TEB) inférieur ou égale à 10^{-3} . Le plancher de bruit de vos récepteurs est de $N_0 = -80$ dBm/Hz et l'atténuation de la ligne entre l'émetteur et le récepteur est de 40 dB.

1. Quelle solution proposez-vous pour répondre au cahier des charges et quelle est la consommation énergétique de votre solution (en négligeant la consommation propre des composants électroniques de l'émetteur) ?
2. Le système sera alimenté par une batterie stockant une énergie de 3 Joules. En sachant que l'émetteur ne transmettra pas plus de 10^6 bits utiles par jour, avec votre solution, combien de jour tiendra la batterie avant décharge ?

Le client souhaite maintenant fiabiliser votre solution avec un code correcteur d'erreurs. Vous lui proposer d'utiliser le code développé à l'étape 5.

3. Quel est l'impact énergétique du code correcteur d'erreur ? La batterie tiendra-t-elle plus longtemps pour le même TEB cible ?

Environnement 2

Dans cet environnement, le canal de propagation est de type multi-trajets et le client souhaite disposer d'un émetteur haut débit.

4. Le client souhaite déployer son système dans un environnement où le canal de propagation contient deux trajets espacés de $10\ \mu\text{s}$ et d'amplitudes (relatives) respectives 1 et 0,5. Quel débit binaire maximal de transmission pouvez-vous proposer en garantissant un TEB inférieur ou égale à 10^{-2} pour un E_b/N_0 inférieur à 15 dB ? NB : Aucune contrainte n'est imposée sur la bande fréquentielle occupée par le signal transmis.
5. Pour le débit et le E_b/N_0 trouvé à la question précédente et en considérant toujours deux trajets, quelles conditions de propagation permettraient de faire descendre le TEB à 10^{-3} ?

Quelques rappels

- L'énergie (en joules) est homogène à une puissance (en watts) multiplié par un temps (en secondes).
- E_b désigne l'énergie (en joules) utilisée pour transmettre un bit et vérifie (dans le cas de symboles binaires) : $E_b = P_s \cdot T$ où P_s est la puissance moyenne du signal transmis et T est la durée d'un symbole.
- N_0 désigne la valeur de la densité spectrale de puissance d'un bruit blanc et s'exprime en watts/Hz (on notera que c'est homogène à des joules). Dans le cas d'une transmission de signaux à valeurs réels, la variance du bruit σ_b^2 vérifie : $\sigma_b^2 = \frac{N_0}{2} F_e$, où F_e désigne la fréquence d'échantillonnage du bruit.
- dBm est une abréviation du rapport de puissance en décibels (dB) entre la puissance mesurée et un milliwatt (mW). Si P est une puissance exprimée en watts, $(P)_{\text{dBm}} = 30 + 10 \log_{10}(P)$. Par exemple, 1 watt correspond à 30dBm, 3dBm correspond à 2 milliwatts, -3dBm correspond à 0.5 milliwatts.
- Si T est la durée d'un symbole, la rapidité de modulation R vérifie : $R = 1/T$. Pour une transmission utilisant un alphabet binaire (et seulement dans ce cas), le débit binaire D exprimé en bits/sec vérifie : $D = R = 1/T$. Si N désigne le nombre d'échantillons par symbole et F_e la fréquence d'échantillonnage du signal, $D = F_e/N$.