

Communications numériques

TD 4 : Transmission en bande de base sur un canal à bande passante limitée

Université Paris 13, Institut Galilée, Ecole d'ingénieurs Sup Galilée
Parcours Informatique et Réseaux Apprentissage - 2^{ème} année

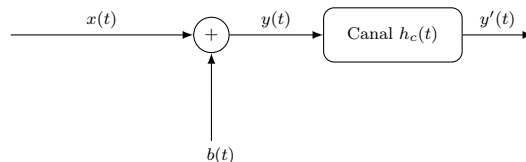
2018-2019

1 Dimensionnement d'une chaîne de transmission en bande de base

On souhaite réaliser une chaîne de transmission en bande de base avec un filtre de mise en forme $h_e(t)$ et un filtre de réception $h_r(t)$ en racine de cosinus surélevé de paramètre β . Le canal utilisé a une bande passante limitée $BP = 1$ MHz. On souhaite transmettre avec un débit binaire de $D_b = 3.5$ Mbits/seconde.

1. Quelle doit être la largeur de bande B du signal à transmettre ?
2. Exprimer β en fonction de M , B et D_b et faire l'application numérique.
3. En utilisant l'inégalité $0 \leq \beta \leq 1$, déterminer les tailles d'alphabet M et les paramètres β que l'on peut choisir.

2 Rapport signal sur bruit à l'entrée du récepteur



On considère le cas d'une transmission en bande de base sur un canal BBAG à bande passante limitée BP illustré par le schéma ci-dessous. On suppose que la densité spectrale de puissance du bruit blanc additif gaussien est $\frac{N_0}{2}$, et on notera P_x la puissance émise moyenne. On suppose que le signal aléatoire $x(t)$ a une largeur de bande $B = BP$ et que le canal peut être modélisé par un filtre $h_c(t)$ de fonction de transfert

$$H_c(f) = \begin{cases} 1 & \text{si } -BP < f < BP \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$

On notera $x' = x * h_c$ et $b' = b * h_c$.

1. Montrer que le rapport signal sur bruit à la sortie du canal (donc à l'entrée du récepteur) peut s'écrire

$$SNR = \frac{P_x}{N_0 B}$$

2. En déduire une expression du rapport signal sur bruit à l'entrée du récepteur SNR en fonction de E_{bit} , N_0 et de l'efficacité spectrale $\eta = \frac{D_b}{B}$.
3. On suppose que l'on utilise à l'émission et à la réception un filtre en racine de cosinus surélevé de paramètre β . Calculer l'efficacité spectrale η et en déduire une expression du rapport signal sur bruit à l'entrée du récepteur SNR en fonction de E_{bit} , N_0 , M et β .

3 Paramétrage d'une chaîne de transmission (1/2)

On considère le cas d'une transmission en bande de base sur un canal à bande passante limitée $BP = 40$ MHz. On suppose que la densité spectrale de puissance du bruit blanc additif gaussien est $\frac{N_0}{2}$, et que la puissance émise moyenne P_x est fixée. On suppose de plus que le récepteur est optimal, que le dictionnaire utilisé est antipolaire, et que l'on utilise à l'émission un filtre NRZ. Le rapport signal sur bruit à l'entrée du récepteur (en décibels) $SNR|_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_x}{N_0 B} \right)$ est de 20 dB. Le but de cet exercice est de choisir le/les dictionnaires permettant d'obtenir un débit binaire maximal tout en conservant un taux d'erreur binaire inférieur à 10^{-6} .

1. Quelle doit être la valeur de la largeur de bande B du signal ?
2. Calculer l'efficacité spectrale $\eta = \frac{D_b}{B}$ en fonction de M . En remplaçant $SNR|_{dB}$ par sa valeur, exprimer $\frac{E_{bit}}{N_0}|_{dB}$ (en décibels) en fonction de M .
3. En observant la figure jointe présentant le tracé du taux d'erreur binaire TEB pour un dictionnaire M -aire antipolaire en fonction du rapport $\frac{E_{bit}}{N_0}|_{dB}$, en déduire les valeurs de M permettant de vérifier la contrainte sur le TEB .
4. Pour chacune des valeurs de M possibles, déterminer le débit binaire et l'efficacité spectrale.
5. A partir des contraintes données dans l'énoncé, quel est le meilleur choix possible ?

4 Paramétrage d'une chaîne de transmission (2/2)

On considère le cas d'une transmission en bande de base sur un canal à bande passante limitée $BP = 40$ MHz. On suppose que la densité spectrale de puissance du bruit blanc additif gaussien est $\frac{N_0}{2}$, et on notera P_x la puissance émise moyenne. On suppose de plus que le récepteur est optimal, que le dictionnaire utilisé est antipolaire, et que l'on utilise à l'émission et à la réception un filtre en racine de cosinus surélevé de paramètre $\beta = \frac{1}{2}$. Le but de cet exercice est de choisir le/les dictionnaires permettant d'obtenir un taux d'erreur binaire égal à 10^{-8} . Pour simplifier les calculs, on ne considérera ici que les cas $M = 2, 4$ et 8 .

On rappelle que le rapport signal sur bruit à l'entrée du récepteur (en décibels) est $SNR|_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{P_x}{N_0 B} \right)$.

1. Calculer le débit binaire D_b dans chaque valeur de M .
2. En observant la figure jointe présentant le tracé du taux d'erreur binaire TEB pour un dictionnaire M -aire antipolaire en fonction du rapport $\frac{E_{bit}}{N_0}|_{dB}$, en déduire pour chaque valeur de M , la valeur de $\frac{E_{bit}}{N_0}|_{dB}$ permettant de vérifier la contrainte sur le TEB .
3. Exprimer (en dB) le $SNR|_{dB}$ en fonction de M et du rapport $\frac{E_{bit}}{N_0}|_{dB}$ (en dB).
4. Calculer, pour chaque valeur de M , le rapport signal sur bruit $SNR|_{dB}$ (en dB) nécessaire pour vérifier la contrainte sur le TEB .
5. Quel choix fera-t-on si l'on veut maximiser le débit binaire ? Si l'on veut minimiser la puissance émise moyenne ?

Taux d'erreur binaire pour une transmission en bande de base
avec un dictionnaire M-aire antipolaire

