

Projet 2 de Traitement Numérique du Signal : Simulation d'une transmission au format DVB-RCS : voie retour par satellite

15 novembre 2018

1 Introduction

Un certain nombre de standards concernent des systèmes d'accès bidirectionnel pour des applications multimédia à haut débit par satellite. Le standard DVB-RCS (Digital Video Broadcasting - Return Channel via Satellite) permet d'offrir aux utilisateurs une interactivité à l'aide d'une voie retour par satellite : lien entre leur terminal et une station d'interconnexion via une liaison satellite. La station d'interconnexion joue le rôle d'interface avec le monde de l'Internet et du réseau pour offrir des applications diverses telles que la navigation sur le WEB, la messagerie ou le transfert de données. La figure 1 présente un système DVB-RCS.

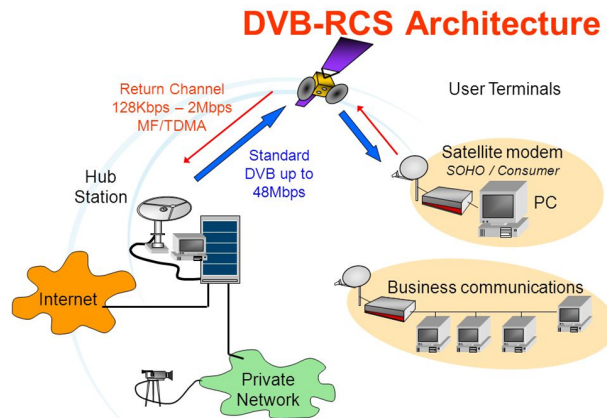


FIGURE 1 – Description d'un système DVB-RCS

Les utilisateurs du système accèdent à la station d'interconnexion en utilisant une trame MF-TDMA (Multiple Frequency - Time Division Multiple Access) qui permet de partager en temps et en fréquence la ressource satellite entre les différents utilisateurs. La bande fréquentielle est découpée en plusieurs porteuses, chacune d'elle étant découpée en plusieurs portions temporelles, appelées timeslots. Chaque utilisateur transmet ses données en les répartissant dans les timeslots et sur les fréquences porteuses qui lui ont été alloués par la station d'interconnexion.

Vous simulerez dans ce projet une transmission de type DVB-RCS avec deux utilisateurs, chacun émettant sur une porteuse et dans un time slot donné. La première étape consistera à former la trame MF-TDMA à partir des messages à envoyer par les deux utilisateurs. La deuxième partie du projet consistera à mettre en place le récepteur MF-TDMA situé dans la station d'interconnexion qui doit extraire et restaurer les données de tous les utilisateurs ayant accès au système. Ce qui

comprend le démultiplexage des porteuses, la détection des slots occupés par chaque utilisateur et le décodage des données transportées.

2 Scénario retenu

Nous considérerons dans ce projet que deux utilisateurs souhaitent accéder à la station d'interconnexion.

La trame MF-TDMA générée sera composée de 2 porteuses ($f_{p1} = 0$ kHz et $f_{p2} = 46$ kHz) contenant chacune 5 timeslots de durées $T = 40$ ms. La fréquence d'échantillonnage sera fixée à 120 kHz. Les deux utilisateurs vont accéder au système en utilisant la trame de la manière suivante :

- L'utilisateur n° 1 exploite le 2^{me} timeslot de la porteuse n° 1 (f_{p1}).
- L'utilisateur n° 2 exploite le 5^{me} timeslot de la porteuse n° 2 (f_{p2}).

Le canal de transmission considéré sera à bruit additif blanc et Gaussien (canal AWGN : Additive White Gaussian Noise). La puissance du bruit à ajouter devra être déduite du rapport signal sur bruit (SNR : Signal to Noise Ratio) souhaité donné en dB. On pourra, par exemple, le fixer à 10dB.

3 Construction du signal MF-TDMA à décoder

Deux fichiers (*donnees1.mat* et *donnees2.mat*) contenant les messages des utilisateurs 1 et 2 sous forme binaire (variables *bits_utilisateur1* et *bits_utilisateurs2*) vous seront fournis. En utilisant les commandes *load donnees1.mat* puis *load donnees2.mat*, vous pourrez placer les variables *bits_utilisateur1* et *bits_utilisateurs2* dans votre espace de travail. La première étape du projet va consister à générer la trame MF-TDMA reçue à partir de ces deux messages binaires en fonction du scénario décrit dans le paragraphe précédent. La figure 2 présente le principe de la construction de cette trame MF-TDMA.

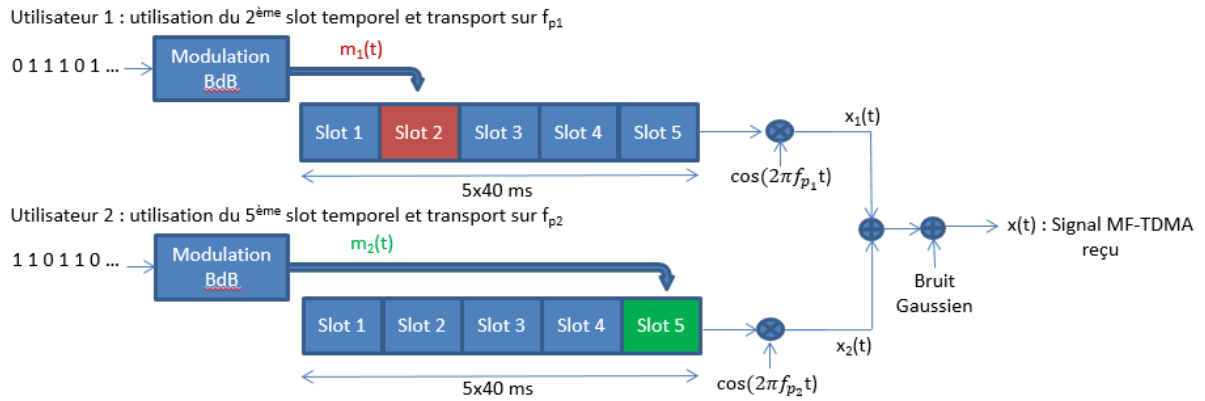


FIGURE 2 – Construction du signal MF-TDMA à décoder

3.1 Modulation en bande base pour chaque utilisateur

Lorsque l'on considère des transmissions numériques, une première étape, dite de modulation bande de base, est obligatoire afin de transformer l'information binaire à transmettre en un signal susceptible d'être transmis dans le canal de propagation. Pour cela on codera, pour chaque utilisateur, les 0 et les 1 à transmettre par des niveaux bas et haut de durées T_s secondes (signaux de type NRZ), où $T_s = N_s T_e$ avec N_s qui représente le nombre d'échantillons distant de T_e formant

chaque niveau et $T_e = 1/F_e$ la période d'échantillonnage. Les signaux générés sont nommés $m_1(t)$ et $m_2(t)$ dans la figure 2. La figure 3 présente un exemple de signal NRZ généré à partir d'une information binaire à transmettre, avec $N_s = 3$ échantillons distants de T_e par niveau ± 1 de durée T_s . Vous devrez déterminer la valeur de N_s à utiliser ici afin de satisfaire aux paramètres imposés par le scénario retenu, d'une part, et par la longueur des messages binaires à transmettre d'autre part.

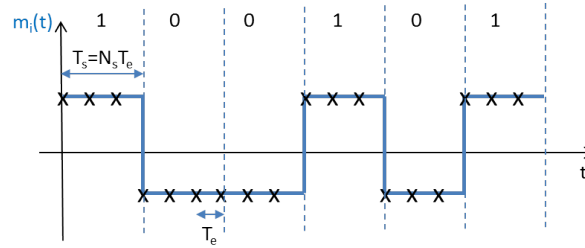


FIGURE 3 – Récepteur MF-TDMA à implanter

3.2 Passage dans le slot et sur la fréquence porteuse alloués

1. Pour chaque utilisateur, générer un signal comportant 5 slots de durée $T = 40$ ms et placer le signal NRZ généré précédemment ($m_1(t)$ ou $m_2(t)$) et contenant l'information à transmettre dans le slot alloué.
2. Pour chaque utilisateur, placer le signal précédemment construit sur la fréquence porteuse allouée. Pour cela il sera nécessaire de générer un cosinus à la bonne fréquence et de venir le multiplier avec le signal précédemment construit (transposition de fréquence en utilisant la modulation d'amplitude : voir TP2).

3.3 Construction du signal MF-TDMA reçu

Sommer les deux signaux générés précédemment et ajouter le bruit gaussien afin d'obtenir la trame MF-TDMA qui sera reçue par la station d'interconnexion.

3.4 Tracés à réaliser

Attention les signaux devront être tracés avec une échelle temporelle en secondes et les densités spectrales de puissance avec une échelle fréquentielle en Hz.

1. Tracer les signaux $m_1(t)$ et $m_2(t)$ à transmettre par chaque utilisateur, ainsi que leurs densités spectrales de puissance.
2. Tracer le signal MF-TDMA reçu par le récepteur, $x(t)$, ainsi que sa densité spectrale de puissance. Expliquer le résultat obtenu.

4 Mise en place du récepteur MF-TDMA

La figure 4 présente le récepteur que vous devrez implanter pour retrouver, à partir du signal MF-TDMA bruité, les messages binaires envoyés par les deux utilisateurs. Ces messages binaires correspondent à de petits fichiers texte que vous pourrez retrouver en utilisant la fonction `bin2str.m` qui vous est fournie. Elle permet de transformer un vecteur de bits en une chaîne de caractères, chaque caractère ayant été codé sur 8 bits au départ.

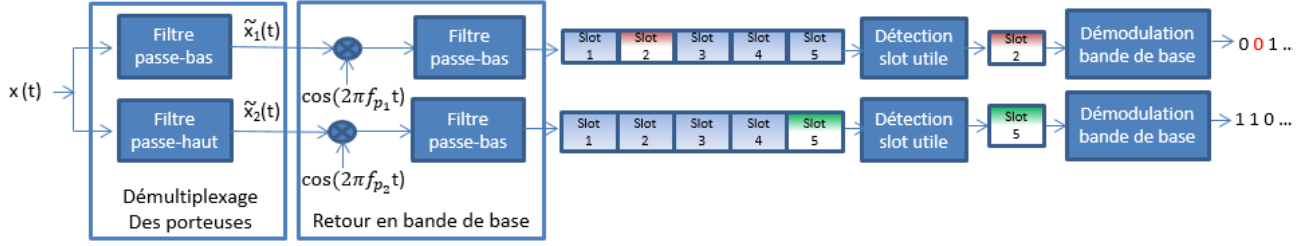


FIGURE 4 – Récepteur MF-TDMA à implanter

4.1 Démultiplexage des porteuses

Le démultiplexage des porteuses se fera par filtrage : un filtre passe-bas permettra de récupérer le signal porté par le cosinus à la fréquence f_{p1} (provenant de l'utilisateur 1), tandis qu'un filtre passe-haut permettra de récupérer le signal porté par le cosinus à la fréquence f_{p2} (provenant de l'utilisateur 2).

4.1.1 Synthèse du filtre passe-bas

On pourra utiliser le filtre passe-bas réalisé lors du TP2 en adaptant ses paramètres afin de récupérer le signal $x_1(t)$.

4.1.2 Synthèse du filtre passe-haut

La réponse en fréquence d'un filtre passe-haut idéal est donné par : $H_{I_{PH}}(\tilde{f}) = 1 - H_{I_{PB}}(\tilde{f})$, où $H_{I_{PB}}(\tilde{f})$ représente la réponse en fréquence du filtre passe-bas idéal de même fréquence de coupure. On pourra utiliser cette expression pour en déduire la réponse impulsionnelle idéale d'un filtre passe-haut. Une fois cette réponse impulsionnelle idéale obtenue, ses paramètres devront être adaptés afin de pouvoir l'implanter de manière à retrouver le signal $x_2(t)$ en sortie du filtre.

4.1.3 Filtrage

Procéder aux filtrages (passe-bas et passe-haut) du signal reçu, en utilisant la fonction *filter.m*, pour retrouver les signaux $x_1(t)$ (sur f_{p1}) et $x_2(t)$ (sur f_{p2}) associés aux utilisateurs 1 et 2. Les signaux retrouvés sont notés $\tilde{x}_1(t)$ et $\tilde{x}_2(t)$ sur la figure 4. Que peut-on dire des N premiers points des signaux filtrés (si $2N + 1$ correspond à l'ordre des filtres synthétisés) ?

4.1.4 Retour en bande de base

En supposant notre système parfaitement synchronisé, l'opération de retour en bande de base consiste à multiplier le signal $\tilde{x}_i(t)$ ($i = 1$ ou 2) retrouvé pour chaque utilisateur par le même cosinus (même fréquence, même phase) que celui qui a servi à réaliser la transposition sur fréquence porteuse et à filtrer le résultat obtenu par un filtre-passe-bas. On pourra utiliser le filtre passe-bas réalisé lors du TP2 en adaptant ses paramètres afin de récupérer les trames correspondant à chaque utilisateur.

4.1.5 Tracés à réaliser

Attention les signaux devront être tracés avec une échelle temporelle en secondes et les densités spectrales de puissance avec une échelle fréquentielle en Hz. Pour chaque utilisateur :

1. Tracer la réponse impulsionnelle et la fonction de transfert du filtre permettant de le sélectionner.

2. Tracer, sur un même graphique, la densité spectrale de puissance du signal MF-TDMA reçu et la réponse en fréquences du filtre permettant de le sélectionner.
3. Tracer la trame récupérée en sortie du deuxième filtre (passe-bas).

4.2 Détection du slot utile

Pour chaque utilisateur, afin de procéder à la détection du slot utile, on va diviser le signal (trame) reçu derrière le deuxième filtre (passe-bas) en tranches de durée $T = 40$ ms. Chaque tranche de signal sera notée X et constituée de L échantillons : $X = \{x_1, \dots, x_L\}$. Afin de détecter le slot utile, on utilisera un détecteur d'énergie : on calculera sur chaque tranche (slot) l'énergie du signal et on détectera la présence du signal utile (et donc le numéro du slot utile) par recherche du maximum d'énergie.

4.3 Démodulation bande de base

Pour chaque utilisateur, à partir du message retrouvé dans le slot utile, la démodulation bande de base va consister à retrouver l'information binaire de départ. Vous pourrez utiliser ensuite la fonction *bin2str.m* fournie afin de retrouver le message texte. Les deux textes retrouvés vous donneront des indices permettant d'identifier un des professeurs de votre département.

Le code permettant de réaliser la démodulation bande de base vous est donné ci-dessous :

```
SignalFiltre=filter(ones(1,Ns),1,TrameRecuperee);
SignalEchantillonne=SignalFiltre(Ns:Ns:end);
BitsRecuperes=(sign(SignalEchantillonne)+1)/2;
```

Il devra être utilisé pour chaque utilisateur afin de récupérer les messages binaires envoyés, à partir desquels vous pourrez retrouver les messages texte de départ et identifier le professeur recherché... Bien entendu la qualité du message retrouvé dépendra du rapport signal sur bruit considéré dans votre transmission.

!! Attention!! Si vous ne prenez pas en compte le problème soulevé dans la section 4.1.3 concernant les premiers points des signaux filtrés votre chaîne de transmission ne pourra pas fonctionner.