

TD2 sur machine : (dé)modulation "Canal+"

Objectifs pédagogiques

À la fin de cette séance, vous serez capable de démoduler un signal sous Matlab. Plus précisément, vous serez capable, sous Matlab, de :

- Écrire un programme qui implémente le schéma-bloc d'une modulation et d'une démodulation d'amplitude

De plus, vous remobiliserez votre capacité à :

- Lire, écrire et écouter un signal au format wav
- Tracer sous Matlab la représentation temporelle d'un signal avec échelle des temps en secondes, et la représentation spectrale d'un signal en décibel et avec échelle des fréquences en Hz
- Interpréter la représentation temporelle ou spectrale d'un signal
- Vérifier analytiquement que la démodulation retrouve le signal d'origine
- Tracer l'allure des signaux et des spectres à toutes les étapes de la modulation / démodulation
- Proposer un schéma-bloc de démodulation d'amplitude

Propos

Présentation

Jusqu'en 2010, Canal+ utilisait pour coder le son une forme particulière de modulation à Bande Latérale Unique (BLU) consistant à "inverser" l'axe des fréquences du signal sonore : les hautes fréquences se retrouvent en bas et les basses fréquences en haut. Pour cela, le signal, supposé à bande limitée $[-B, +B]$, est modulé en amplitude à la fréquence B , puis filtré passe-bas à cette même fréquence. La démodulation est identique à la modulation, puisque deux inversions successives aboutissent à l'original.

Partie théorique

Soit $x(t)$ un signal à bande limitée $[-B, +B]$, écrivez l'équation qui fournit le signal $x_m(t)$ modulé en amplitude à la fréquence B . Ce signal $x_m(t)$ est ensuite filtré par un filtre passe-bas idéal pour donner le signal codé $y(t)$. Calculez et dessinez l'allure des spectres de $x(t)$, $x_m(t)$ et $y(t)$.

Faites de même lorsque le signal est maintenant un signal discret $x(k)$ échantillonné à la fréquence F_e . Quelle doit être la relation entre F_e et B pour que deux modulations successives redonnent bien le signal original ?

Partie pratique

Plusieurs sons codés sont disponibles (`Cplus*.wav`). Ils sont tous à bande limitée $[-B, +B]$ avec $B = 8kHz$ et sont échantillonnés à la fréquence $F_e = 32kHz$ sur 16bits.

Le filtre passe-bas choisi sera un filtre elliptique obtenu par les fonctions Matlab `ellipord` et `ellip` utilisées comme suit :

```
[n,wp]=ellipord(2*vc,2*vc+0.01,1,80);  
[b,a]=ellip(n,1,80,wp);
```

où vc est la fréquence réduite de coupure du filtre, à déterminer. Les valeurs 1 et 80 signifient que le filtre oscillera d'au maximum 1 dB dans la bande passante et sera atténué d'au moins 80 dB dans la

bande atténuée. La fonction `ellipord` fournit l'ordre `n` minimum du filtre et la pulsation réduite `wp`, et la fonction `ellip` calcule les coefficients `a` et `b` du filtre. La réponse en fréquence du filtre peut être visualisée en utilisant la fonction `freqz`. Enfin, le filtrage s'effectue avec la fonction `filter`.

Écrivez un programme Matlab qui entre le signal codé, qui le démodule, et qui écrit le signal décodé dans un fichier. Écoutez le résultat et indiquez le texte de chacun des fichiers sons décodés. Tracez les spectres des signaux x , x_m , et y , ainsi que la réponse en fréquence du filtre.

Fiche de synthèse

Préparez un compte rendu présenté sous forme de fiche, qui décrira la procédure pour démoduler ces signaux (sous forme de schéma bloc) et qui contiendra la vérification analytique que la démodulation retrouve bien le signal d'origine (grâce aux équations et schémas des spectres de votre partie théorique).

Indiquez si vous le souhaitez tous les éléments techniques pertinents de votre code Matlab.

En fait, votre véritable but dans cette séance est d'atteindre tous les objectifs cités plus hauts. Vérifiez que vous savez faire ce que prévoit chaque objectif et reportez sur votre compte rendu/fiche comment vous le faites, de façon à pouvoir le réutiliser plus tard.

Le travail est à effectuer en binôme. Il est cependant souhaitable que chaque étudiant dispose de son propre compte rendu/fiche. Si vous le souhaitez, vous pouvez rendre votre compte rendu/fiche en fin de séance pour validation.

Conseils

- Dans Matlab, ouvrez un éditeur et commencez votre programme dedans. Écrivez un fichier de commande (par exemple à votre nom).
- En parallèle, commencez tout de suite la rédaction de votre compte rendu/fiche.
- Utilisez les pages de manuel des fonctions Matlab : tapez `help` (resp. `doc`) suivi du nom de la fonction pour une aide courte (resp. longue). Voici une liste de fonctions pouvant servir dans ce travail : `filter`, `freqz`, `fft`, `pwelch`, `ellip`, `ellipord`, `cos`, `sin`, `log10`, `abs`, `sum`, `max`, `round`, `length`, `size`, `zeros`, `ones`, `figure`, `plot`, `stem`, `pause`, `audioread`, `audiowrite`, `audioplayer`, `play`, `sound`, `soundsc`, `close`, `clear`.