

TP/TD : Codeur CELP

N. Moreau

20 mai 2009

Le but de ce TP/TD est de permettre la compréhension des principes sur lesquels sont bâtis les codeurs de parole de type CELP en analysant plusieurs programmes de complexité croissante mettant successivement l'accent sur

- la détermination des coefficients du filtre de synthèse et les caractéristiques essentielles de la quantification vectorielle utilisée dans ce type de codeur à savoir :
 - une adaptation régulière du dictionnaire de quantification vectorielle à la statistique locale du signal par une opération de filtrage (exploitation d'un modèle de production),
 - une quantification vectorielle de type “gain-forme” et “multi-étages” nécessitant la mise en oeuvre d'un algorithme “itératif standard”,
- la nécessité de diviser les fenêtres d'analyse en sous-fenêtres pour exploiter le plus rationnellement possible le quantificateur vectoriel,
- l'introduction d'un “prédicteur à long terme” possédant une structure de type ADPCM,
- l'emploi d'une fonction de pondération dans le domaine fréquentiel (exploitation d'un modèle d'audition (très simplifié)).

Dans ces programmes, on remarquera qu'il n'y a pas quantification explicite des paramètres transmis au décodeur (pas de construction d'un fichier de type “bit stream”). On ne présente ici que l'étape de “modélisation”.

1 Codeur CELP “basique”

- Analyse du programme *codeur_celp_basique*. Justification de l'emploi d'une fenêtre de pondération, de la durée des fenêtres d'analyse, de l'ordre du filtre ...
- Ecrire la fonction *determination_gains_formes*.
- Expliquer pourquoi, il est nécessaire de gérer correctement “l'état” des différents filtres intervenant dans ce codeur (utilisation des fonctions *filtre_ma* et *filtre_ar*). Expliquer ensuite pourquoi le filtrage des vecteurs du dictionnaire d'excitation en partant de conditions initiales nulles (utilisation de la fonction *filter*) réclame la gestion d'un “ringing”.

- Si on prend la matrice identité comme dictionnaire d'excitation, pourquoi parle-t-on de technique “multi-impulsionnelles” ?
- En admettant que 30 bits soient suffisants pour coder l'ensemble des coefficients du filtre de synthèse dans une fenêtre d'analyse, que 5 bits soient également suffisants pour coder chaque gain et en remarquant que les indices peuvent être codés exactement avec $\log_2(L)$ bits où L est le nombre de vecteurs composant le dictionnaire d'excitation, combien de vecteurs peut-on choisir successivement dans le dictionnaire d'excitation pour que le débit soit de l'ordre de 10 kbit/s ?

2 Introduction de “sous-fenêtres” d'analyse

On vise un débit de l'ordre de 10 kbit/s.

- En rajoutant un degré de liberté consistant à modéliser l'excitation séparément dans des sous-fenêtres de M' échantillons (on prendra par exemple $M' = M/4$ pour une raison qui paraîtra plus évidente lorsque l'on introduira un prédicteur à long terme), donner le nombre de vecteurs qu'il est possible de choisir assurant (approximativement) ce débit. Analyser le programme *codeur_celp_sans_plt*.
- Interprétation des visualisations dans le domaine temporel, dans le domaine fréquentiel.

3 Introduction d'un prédicteur à long terme

- Expliquer pourquoi tous les codeurs de parole (de type CELP) exploitent un “prédicteur à long terme”.
- Analyser le programme *codeur_celp_avec_plt*. Expliquer le principe du calcul des paramètres du prédicteur à long terme “en boucle fermée”. Pourquoi faut-il introduire un traitement par sous-fenêtres ? Le choix $M' = M/4$ vous paraît-il justifié ?
- En quoi consisterait le traitement si le calcul des paramètres du prédicteur à long terme était réalisé “en boucle ouverte” ?

4 Introduction d'un modèle d'audition

- Comment est déterminé le signal “perceptuel” dans *codeur_celp_avec_plt_gamma*. Comment est-il utilisé ? Justification.
- Comparer les spectres du signal original et de l'erreur de reconstruction dans chaque fenêtre d'analyse pour $\gamma = 1$, $\gamma = 0$.
- A l'aide d'écoutes, justifier l'emploi de la fonction de pondération $W(z) = A(z)/A(z/\gamma)$ avec $\gamma \approx 0.8$.