Projets de Compression des signaux

DESS GIS 2002-03

PROJET 1: PCM, DPCM ET ADPCM

Le système le plus simple (et toujours le plus couramment utilisé, par exemple dans les CD audios) de codage de signaux audiophoniques est le système PCM: un signal est tout d'abord échantillonné (ou sous-échantillonné) après filtrage passe-bas, puis quantifié (avec un quantificateur uniforme ou logarithmique), puis codé (sur un nombre de bits fixé). La critique majeure que l'on peut faire à ce système est qu'il n'exploite absolument pas les redondances du signal.

Ce défaut est corrigé par les variantes que sont le système DPCM et le système ADPCM. Le DPCM (PCM différentiel) fait intervenir une prédiction linéaire du signal à partir du passé (les valeurs antérieures): le prédicteur est le filtre h, de longueur fixée, qui minimise l'erreur de prédiction $\mathbb{E}\left\{|Y_n - X_n|^2\right\}$, où Y_n est la prédiction pour X_n, de la forme

$$Y_n = \sum_{k=1}^{N} h_k X_{n-k} \ .$$

On peut alors se contenter de ne coder que l'erreur de prédiction, par la procédure PCM classique. Le prédicteur linéaire est un prédicteur "universel", optimisé une fois pour toutes pour une classe de signaux donnée. Le système ADPCM est une version "adaptative" du DPCM, qui permet d'adapter le prédicteur au signal. Il fait partie des futurs standards DVD.

L'objet du projet est de mettre en oeuvre ces trois approches et de comparer leurs performances en termes de débit et de distorsion. Ces approches font intervenir les points suivants:

- La quantification: on testera et comparera la quantification uniforme simple et la quantification logarithmique (loi A ou loi μ), dans le cadre du PCM.
- La prédiction linéaire: il s'agit de trouver le prédicteur linéaire optimal (c'est à dire résoudre les équations de Yulle-Walker), et d'étudier l'influence de la longueur du filtre prédicteur sur la distorsion. Dans un premier temps, le predicteur sera estime sur un (long) signal.
- L'adaptation de la prédiction linéaire: un prédicteur est estimé pour des segments de signal (avec la même approche).

On testera les algorithmes sur des signaux audio et sur des signaux de parole.

Références:

N. Jayant et P. Noll: *Digital Coding of Waveforms*, Prentice Hall, 1984

S. Mallat: *A wavelet tour of signal processing*, `Academic Press`

The Data Compression Reference Center:
`http://www.rasip.fer.hr/research/compress/index.html`

S. Ahmadi and A. Spanias, *New Techniques for Sinusoidal Coding of Speech at 2400 BPS*, `http://www.eas.asu.edu/~speech/ndtc/asilomar96.ps`

PROJET II: CODAGE PAR MDCT LINÉAIRE ET NON-LINÉAIRE

Un codeur est un algorithme permettant de représenter un signal sous forme binaire (suite de 0 et 1), avec pour objectif de représenter aussi précisément que possible une quantité fixée d'information dans un volume de données minimal.

Un codeur par transformation est caractérisé par

(1) Un “codeur analytique”: il s'agit d'une base (généralement orthonormée) de l'espace des signaux considéré. Le signal est représenté par les coefficients de son développement par rapport à la base. On utilisera ici les bases trigonométriques locales “adoucies” (MDCT-IV).
(2) Un “quantificateur”: les coefficients issus du codage analytique prennent *a priori* des valeurs réelles arbitraires. La quantification les approxime par un nombre fini de valeurs. Ceci induit une déformation du signal appelée bruit de quantification.
(3) Un codeur proprement dit: les valeurs quantifiées sont codées en binaire.Cette étape utilise également les propriétés statistiques du signal.

La première partie du travail concerne l'implémentation numérique du codeur analytique, dans deux versions:

- Approximation linéaire: on ne retient qu'un sous-ensemble fixé à l'avance des coefficients (c'est à dire les basses fréquences).
- Approximation non-linéaire: on ne retient que les coefficients les plus grands (en valeur absolue).

Dans une seconde étape, on mettra en oeuvre la quantification et on étudiera le bruit de quantification, puis éventuellement le codage proprement dit (en utilisant si nécessaire un logiciel du domaine public).

RÉFÉRENCES:

N. Jayant et P. Noll: *Digital Coding of Waveforms*, Prentice Hall, 1984

S. Mallat: *A wavelet tour of signal processing*, `Academic Press`

The Data Compression Reference Center:
`http://www.rasip.fer.hr/research/compress/index.html`

M. Vetterli and J. Kovacevic: *Wavelets and Sub-Band Coding*, `Prentice Hall`