

Projet filtrage optimal et adaptatif
Filières Télécommunications (option I2SC) et Electronique (TSI) ENSEIRB-MATMECA
Master 2 ISC, signal et image, Université de Bordeaux
2020-2021

1 Introduction

1.1 Objectif

L'objet de ce projet est de traiter de problématiques comme la caractérisation et la modélisation de signaux et l'estimation de paramètres en utilisant différentes méthodes. Il s'agit en particulier de traiter des approches par filtrage adaptatif (LMS) et filtrage optimal de type Kalman.

1.2 Evaluation

L'évaluation du travail repose sur un rapport et une note de travail continu.

Le travail peut être mené en binôme. Le rapport d'une dizaine de pages maximum doit être dactylographié (sous *Word* ou *latex*).

Sous *Word*, les équations doivent être générées avec l'éditeur d'équations et numérotées. Les commentaires doivent être pertinents et tout résultat justifié. Les programmes *matlab* peuvent être mis en annexe. Des références bibliographiques peuvent être introduites et seront regroupées dans une section en fin de rapport.

Le rapport devra également comporter **un bilan de l'organisation** et du déroulement du projet/TP, qui comprendra en particulier la liste des tâches entreprises, avec une évaluation du temps passé par chacun lors de chaque séance et entre les séances.

Une attention particulière devra être apportée à l'orthographe et à la rédaction de l'introduction et de la conclusion. L'introduction doit amener le sujet que vous abordez et poser le problème. Elle doit enfin présenter le plan de votre rapport. La conclusion doit dresser un bilan technique du travail mené.

Tout plagiat sera sanctionné, Cf. règlement pédagogique de l'école.

Le rapport sera à déposer sous *moodle*.

1.3 Contacts

Ce projet est encadré par E. Grivel. eric.grivel@enseirb-matmeca.fr

2 Projet à mener

2.1 Introduction

La sélection de signatures permettant de caractériser des signaux joue un rôle clé dans des approches de classification de signaux, notamment en parole, biomédical, etc. On peut certes exploiter l'énergie du signal ou le nombre de passages par zéro, mais cela reste une caractérisation élémentaire du signal. Il existe des alternatives : des indicateurs de régularité locale ou globale du signal, des indices de platitude spectrale, etc.

Dans ce projet, on se propose de caractériser le signal par un jeu de paramètres. Ces paramètres sont tels qu'ils permettent de définir les propriétés statistiques du signal.

2.2 Préliminaire 1 : propriétés des modèles autorégressifs

Question n°1 : Rappelez ce que l'on appelle un *modèle autorégressif* ainsi que les interprétations que l'on peut donner à ce modèle ; soyez le plus précis possible en précisant les propriétés spectrales que l'on peut obtenir avec un tel modèle. En outre, exprimez la densité spectrale de puissance en fonction des paramètres du modèle.

Question n°2 : Proposez un code *matlab* permettant de générer un processus autorégressif d'ordre p . Dans l'exemple à fournir dans le rapport, le processus AR est réel et l'ordre p est égal à 6 ; trois des pôles sont égaux à $p_1 = 0.95e^{j\frac{\pi}{5}}$, $p_2 = 0.9e^{j\frac{3\pi}{4}}$ et $p_3 = 0.95e^{j\frac{\pi}{2}}$, les autres pôles étant à déduire. La variance du processus générateur du processus autorégressif est prise égale à $\sigma_u^2 = 10$.

Dans le rapport, vous aurez à fournir une illustration donnant sur une figure décomposée en deux parties situées l'une au-dessus de l'autre :

- la représentation temporelle de $N=5000$ échantillons du processus AR généré,
- le spectre de puissance obtenu avec la fonction *fft* ainsi que la densité spectrale de puissance.

2.3 Estimation des paramètres AR

Question n°1 : A partir d'une réalisation du processus aléatoire synthétique généré dans la section 2.2, estimez les paramètres AR en vous appuyant sur les équations de Yule-Walker. Réduisez progressivement le nombre d'échantillons disponibles et commentez les résultats obtenus. On pourra analyser la performance de la méthode en évaluant la norme 2 du vecteur erreur des paramètres ou la norme infinie. On peut sinon opter pour une distance spectrale entre la densité spectrale théorique et celle estimée.

Question n°2 : A partir d'une réalisation du processus aléatoire synthétique généré dans la section 2.2, estimez les paramètres AR en utilisant le filtre LMS. Pour cela, on fournira le schéma du filtrage adaptatif en précisant la réponse désirée, la sortie du filtre adaptatif, etc. On représentera au cours du temps l'évolution des paramètres estimés sur une réalisation et l'évolution moyennée sur une dizaine de réalisations ; on fera varier le pas d'adaptation (« step size ») du filtre et on commentera les résultats obtenus.

Que se passe-t-il si vous optez pour une réponse impulsionnelle du filtre LMS correspondant à une surestimation de l'ordre ?

Question n°3 : A partir d'une réalisation du processus aléatoire synthétique généré dans la section 2.2, estimez les paramètres AR en utilisant le filtre de Kalman. Dans ce cas, donnez au préalable la représentation du système dans l'espace d'état en précisant les matrices de transition et d'observation et les matrices de covariance de bruit de modèle et du bruit de mesure. On représentera au cours du temps l'évolution des paramètres estimés.

Que se passe-t-il si vous optez pour une réponse impulsionnelle du filtre de Kalman correspondant à une surestimation de l'ordre ?

2.4 Suivi de paramètres AR

Question n°1 : Proposez un code *matlab* permettant de générer un processus autorégressif variant dans le temps d'ordre p . Dans l'exemple à fournir dans le rapport, le processus AR est réel, l'ordre p est égal à 4 ; A l'origine, trois des pôles sont égaux à $p_1 = 0.95e^{j\frac{\pi}{5}}$ et $p_2 = 0.9e^{j\frac{3\pi}{4}}$, les autres pôles étant à préciser. La variance du processus générateur du processus autorégressif est prise égale à $\sigma_u^2 = 10$. Puis, on suppose que les arguments des pôles p_1 et p_2 varient très lentement au cours du temps, sous la forme d'une marche aléatoire. Utilisez le spectrogramme pour mettre en valeur l'évolution de la richesse spectrale au cours du temps.

Question n°2 : A partir du signal synthétique généré à la question précédente, effectuez un suivi des paramètres AR en utilisant le filtre de Kalman. Dans ce cas, donnez au préalable la représentation du système dans l'espace d'état en précisant les matrices de transition et d'observation et les matrices de covariance de bruit de modèle et bruit de mesure. On représentera au cours du temps l'évolution des paramètres estimés.