Chambre de Commerce et d'Industrie de Paris <hr/> E.S.I.E.E.	Unités : T4-SIG1 TP multicateurs	Classe I4
--	-------------------------------------	------------------

Remis par J.-F. BERCHER.

ÉNONCÉ

Le but de ce TP est de mettre en œuvre et comprendre quelques méthodes de traitement multicateurs en vue d'effectuer de la localisation. On examinera d'abord les principales méthodes de traitement dans le cas d'un réseau uniforme et d'un modèle d'ondes planes, puis les cas d'un modèle de propagation circulaire.

Scripts Matlab fournis :

Pour récupérer les fichiers matlab, vous pouvez vous connecter sur

<http://www.esiee.fr/~bercherj/New/TP/TPAntenne> et téléchargez les fichiers dans un répertoire de travail local.

On se place dans le cas monochromatique (« bande étroite ») c'est-à-dire que les signaux ont été préalablement filtrés autour d'une fréquence temporelle f_0 . On travaillera ici avec $f_0 = 1$ kHz. La vitesse de propagation est $c = 346$ m/s. Les capteurs sont espacés de $\lambda/4$. La fonction `vect_dir_lin.m` rend le vecteur directionnel correspondant au modèle plan et ALU. La fonction `vect_dir_circ.m` rend quant-à-elle le vecteur directionnel correspondant au modèle circulaire pour une antenne linéaire uniforme. On note M le nombre de capteurs

I. MODÈLE PLAN ET ANTENNE LINÉAIRE UNIFORME

A. Formation de voies

Simulez une source (par exemple en $\theta_0 = 30^\circ$) illuminant le réseau de capteurs (prendre $M = 10$ pour débiter).

- Tracez l'amplitude (son module) reconstruite en sortie de formation de voies, en fonction de l'angle θ , pour $\theta \in [-180^\circ, 180^\circ]$.
- Tracez cette même fonction en coordonnées polaires (fonction `polar` pour obtenir le diagramme de directivité. Comment interpréter la symétrie qui apparaît sur ce diagramme ?
- Tracez la transformée de Fourier des données recueillies le long du réseau. Retrouvez l'angle θ_0 à partir de ce graphique. Évaluez la largeur du lobe principal et étudiez son évolution avec M .

Simulez maintenant trois sources d'amplitudes aléatoire gaussienne (fonction `randn`), situées respectivement en $(-20^\circ, 38^\circ, 40^\circ)$ et de puissances $(1, 4, 4)$.

- Générez K ($K = 100$ à 500) réalisations du signal sur le réseau et calculez la matrice de corrélation $\mathbf{R}$ correspondante.
- Tracez la puissance recueillie en sortie de formation de voies, pour $\theta \in [-90^\circ, 90^\circ]$. Commentez. Combien faut-il de capteurs pour séparer les deux sources situées en 38° et 40° ?

B. Méthode de Capon

On cherche maintenant à mettre en œuvre la méthode de Capon.

- Calculez le rang de la matrice de corrélation (fonction `rank`) et expliquez pourquoi cette matrice est de rang 3 pour tout $M \geq 3$.
- Ajoutez sur les observations un bruit blanc gaussien (complexe) de variance 0.01. Que devient le rang de $\mathbf{R}$?
- Tracez en fonction de θ le spectre de Capon obtenu en sortie du filtre spatial, pour plusieurs valeurs du nombre de capteurs ($M = 5, 10, 20$).
- Prendre $M = 20$. Générez une réalisation d'un signal temporel sur $N = 2048$ points, où l'amplitude des sources en 20° et 40° sont des bruits blancs gaussiens et l'amplitude de la source en 38° est un train d'impulsions de fréquence normalisée 0.01 (fonction `square`). Visualisez le signal recueilli sur l'un des capteurs. Calculez et visualisez la sortie du filtre de Capon orienté dans la direction 38° .

C. Méthodes haute résolution

Prendre $M \geq 4$. Calculez les vecteurs et valeurs propres de la matrice de corrélation (fonctions `eig` ou `svd`), et sélectionnez l'un des vecteurs propres $\mathbf{v}$ associés à la (aux) valeur(s) propre(s) les plus faibles. Tracez le logarithme de la fonction de détection

$$d(\theta) = \frac{1}{|\mathbf{a}(\theta) + \mathbf{v}|^2}.$$

Conclusions.

Calculez les racines du polynôme de coefficients $\mathbf{v}$ (fonction `roots`). Ces racines étant de la forme $\exp(j2\pi d \sin(\theta)/\lambda)$, déduisez en les valeurs des angles d'arrivée des sources θ_k .

II. MODÈLE CIRCULAIRE ET ANTENNE LINÉAIRE UNIFORME

Le script `fv_circ.m` vous est aimablement fourni.

- Éditez, tâchez de comprendre puis exécutez ce script. Faites varier le nombre de capteurs. Commentez les résultats obtenus. Peut-on comprendre que les représentations soient « étirées » ?
- Modifiez le script de manière à calculer le spectre obtenu par la méthode de Capon. Prendre $M = 6$. Commentez.
- Modifiez le script de manière à localiser les sources par une méthode à haute résolution basée sur la décomposition en éléments propres.

————— O —————