

Optimisation temps réel des méthodes des sous-espaces pour l'estimation angulaire de sources corrélées

Christian Lagarde, étudiant 2^e cycle

Dr Dominic Grenier, directeur de recherche

Abstract: Direction-of-Arrival (DOA) subspace-based algorithms for correlated sources in array signal processing such as spatial smoothing and DEESE have high computational costs. Our goal is to reduce the complexity of these algorithms for real-time implementations. An approach that make use of preprocessing has been considered. This approach often allows a good reduction of the computational cost.

Résumé: Les algorithmes d'estimation angulaire (DOA) à l'aide d'un réseau de capteurs basés sur les méthodes des sous-espaces et appliqués aux sources corrélées tel que le lissage spatial et DEESE sont plutôt lourds en calculs. Notre but est de réduire la complexité de ces algorithmes afin de pouvoir les implanter en temps réel. Une approche consistant en un prétraitement sur les échantillons a été envisagée. Cette approche permet dans plusieurs cas une importante réduction du nombre d'opérations.

Les méthodes récursives d'estimation angulaire (DOA) se servant des notions de sous-espaces sont pour la plupart basées sur des ajouts successifs de rang 1 à la matrice d'autocorrélation R_x . Ces méthodes sont relativement nombreuses. Certaines d'entre elles procurent d'aussi bons estimés que celles basées sur la décomposition en valeurs et vecteurs propres complète. De plus, certaines méthodes ne requiert qu'un nombre d'opérations proportionnel à $N \times n^2$ [1], où N est le nombre de capteurs et n , le nombre de sources. Cependant, ces méthodes assument l'absence totale de corrélation entre les sources. Notre but est de modifier les méthodes prenant compte de la corrélation, tel que le lissage spatial et DEESE [2], afin qu'elles puissent être utilisées conjointement avec les méthodes récursives citées ci-haut.

Une façon simple d'étendre la notion d'ajout d'ordre 1 au lissage spatial est de faire successivement r décompositions à chaque ajout d'une ligne d'échantillons plutôt qu'une seule. (r étant le nombre de sous-réseaux) Cependant, cette notion ne peut pas vraiment être étendue à l'algorithme DEESE. C'est pourquoi nous nous tournerons vers une nouvelle approche qui consiste à faire un prétraitement sur les échantillons. DEESE équivaut en fait à un lissage spatial appliqué sur

$$R_s = \sum_{i=1}^g \lambda_i e_i e_i^H$$

où λ_i et e_i sont respectivement les $i^{\text{èmes}}$ valeur et vecteur propres de la matrice R_x .

Il est possible de vérifier que lorsque les $N-g$ dernières valeurs propres associées au sous-espace bruit sont strictement égales, le lissage spatial appliqué sur la totalité de la matrice d'autocorrélation produit des résultats tout-à-fait identiques à celui appliqué sur R_s . Nous allons suite à cette observation opter pour une nouvelle approche qui consiste à déterminer à chaque échantillonnage, un prétraitement à appliquer sur le prochain vecteur d'échantillons qui forcera les $N-g$ dernières valeurs propres à se rapprocher les unes des autres (voir fig. 1). Notez que le calcul du prétraitement à appliquer sur le prochain vecteur d'échantillons (Bloc A) peut se faire en parallèle avec la mise à jour de l'estimation angulaire (Bloc B). Le prétraitement prend la forme

$$y_{k+1} = \Sigma_0 x_{k+1}$$

On peut démontrer qu'un choix efficace et facile à calculer pour la matrice Σ_0 serait

$$\Sigma_0 = I - \sqrt{\frac{\lambda_{g+1} + |e_{g+1}^H x_{k+1}|^2}{\lambda_{g+1}}} e_{g+1} e_{g+1}^H$$

où λ_{g+1} et e_{g+1} sont respectivement les $(g+1)^{\text{èmes}}$ valeur et vecteur propres de la matrice $R_{x(k)}$.

Notez que le calcul de λ_{g+1} et e_{g+1} peut se faire à l'aide d'une méthode basée sur un ajout de rang un et peut donc être réalisé en $O(N(g+1)^2)$ d'opérations¹. Le prétraitement en tant que tel quant à lui ne demande que $3N + 3$ opérations. Le bilan de la complexité peut donc être réduit à $O(Nn^2)$ opérations comparativement à $O(N^3)$ dans le cas de DEESE.

Les performances de la nouvelle méthode semblent converger vers celles obtenues avec DEESE au fur et à mesure que le nombre d'échantillons traités augmente. Cette convergence est d'autant plus rapide que les rapport signal à bruit des sources sont élevés.

1. Un nombre d'opérations proportionnel à $N \times (g+1)^2$.

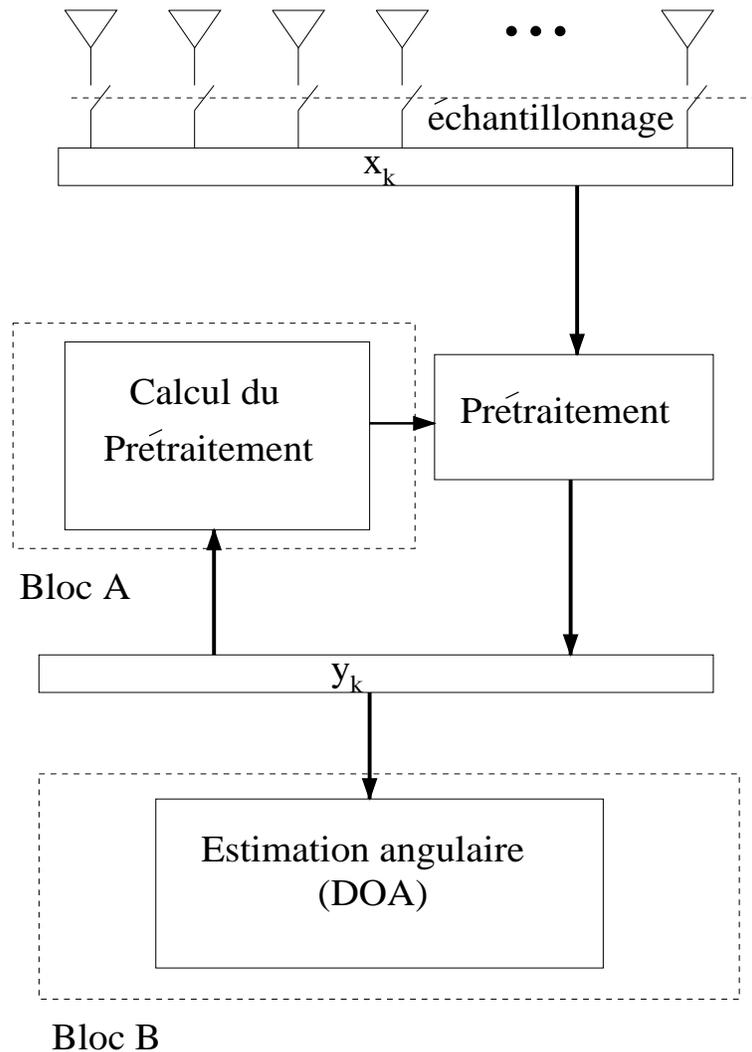
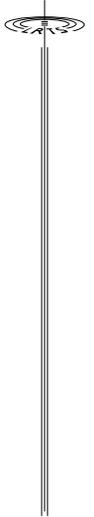


Figure 1 Approche du prétraitement sur le prochain vecteur d'échantillons

- [1] Z. Fu, E.M. Dowling. «Conjugate Gradient Eigenstructure Tracking for Adaptive Spectral Estimation» *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 43(No. 5), Mai 1995
- [2] D. Grenier, G. Y. Delisle, B. Philibert. «Identification superrésolutive de sources corrélées par décomposition de la base du sous-espace source estimé» *Revue Traitement du signal*, Vol. 10-1;pp. 3-13, Décembre 1992.