

Représentations temps–fréquence modernes

– résumé –

Cette présentation a pour but la communication des derniers résultats, concernant le domaine des représentations temps–fréquence (RTF), obtenus au sein de E³I² pendant la période septembre 2000 – septembre 2001.

Dans la partie **introductive** on propose de définir le contexte de travail (les applications envisagées et les méthodes existantes), en fixant également les objectifs proposés. Après la présentation des méthodes de base (RTF linéaires et bilinéaires), avec les avantages et les inconvénients de chacune, on s'est aperçu que le problème majeur des RTF consiste en l'existence des termes d'interférence, surtout quand il s'agit d'un signal multi–structures. Par la suite, on propose quelques méthodes pour la diminution du niveau de ces termes.

1. La première méthode, la distribution de Wigner–Ville modifiée (DWVM), est basée sur la décomposition en paquet d'ondelettes invariantes en temps (DPOIT), qui représente une décomposition d'un signal sur un ensemble de fonctions de base orthonormales et invariantes par translation. Après la sélection de la meilleure base, on utilise une double procédure de seuillage pour la sélection des fonctions représentatives de la structure temps–fréquence du signal.
2. La deuxième méthode consiste en l'utilisation d'un noyau gaussien adaptatif, défini dans le plan d'ambiguïté (approche introduite par Baraniuk, en 1993). L'idée est de modifier les paramètres de ce noyau en fonction du contenu de la fonction d'ambiguïté du signal de départ, en utilisant une méthode de gradient. A l'aide de quelques exemples, on met en évidence la supériorité de cette approche par rapport à celles utilisées habituellement. Néanmoins, cette approche, extensivement utilisée, présente quelques limitations, qui seront mises en évidence. Par la suite, on va présenter une méthode pour enlever une de ces limitations.
3. La troisième méthode abordée représente une généralisation de la transformée en ondelettes discrète par l'utilisation d'une batterie de filtres particulière, plus adaptée aux signaux traités. Malgré le fait que la base des fonctions ne sera plus orthonormale – on va générer un dictionnaire "overcomplete", le degré de redondance issu permettra une bonne adaptation aux caractéristiques du signal. La présentation du principe de la méthode sera accompagnée par des exemples et, également, par des applications potentielles.
4. Les méthodes temps–fréquence linéaires abordées (notamment, les 2 et 3) jusqu'à ce point pourraient être interprétées comme la décomposition du signal sur un ensemble de fonctions à trois paramètres : le décalage temporel, fréquentiel et l'indice d'échelle. Par conséquent, ce dictionnaire est limité en ce qui concerne l'approximation fidèle du signal dans le plan temps–fréquence. C'était la raison pour laquelle on a abordé la problématique des dictionnaire à quatre paramètres par l'introduction, dans la structure des fonctions ondelettes, du taux de modulation linéaire. Ainsi, on a créé le dictionnaire adaptatif chirplets (DAC) et, pour la sélection des atomes optimaux on a utilisé l'algorithme "Matching Pursuit" (élaboré par Mallat en 1991). Comme méthode d'estimation des paramètres des fonctions chirplets, on a utilisé initialement la maximisation du rapport de vraisemblance, mais, dans l'étape de test, on s'est rendu compte que cette méthode, à part sa complexité, est limitée à des rapports signal sur bruit (RSB) assez élevés (supérieur à 5 dB). En conséquence, on a abordé une autre méthode pour la construction de ce dictionnaire, basée sur la Transformée de Fourier Fractionnaire (TFFR).
5. La Transformée de Fourier Fractionnaire (TFFR). Cette technique, qui représente en effet la généralisation de la transformée de Fourier classique rend puissant l'algorithme de construction de DAC, ce qui nous permet de travailler aux RSBs inférieurs à 2 dB. D'ailleurs,

l'implémentation par l'intégration numérique nous a permis d'améliorer le temps de calcul, mais cette technique introduit certaines ambiguïtés, dues à l'expression mathématique de la TFFR. Pour enlever cet inconvénient, on a abordé une approche matricielle, qui apporte une implémentation numérique pour la TFFR.

6. Un autre inconvénient de l'approche (4) est dû à l'algorithme "Matching Pursuit" qui donne des bons résultats lorsqu'on connaît le nombre d'atomes qui vont approximer le signal de départ. Par conséquent, on a remplacé cet algorithme par une approche pyramidale, similaire à celui utilisé pour la DPOIT. Ainsi, en utilisant également la TFFR (comme outil d'estimation), on a construit une autre méthode, appelée "Fractional Pyramidal Decomposition Algorithm". En utilisant cette méthode, on génère une partition temps–fréquence adaptée au signal tout en gardant les avantages offerts par la DPOIT : la complexité satisfaisante, la détection de singularités du signal etc.
7. Du point de vue théorique, toutes les approches abordées sont bien adaptées sur les signaux composés par des modulations linéaires. En essayant de conserver les mêmes propriétés que les approches classiques (notamment celle de covariance) on a conçu la classe des RTF non–linéaires, bien adaptée aux modulations non–linéaires (les chirps hyperboliques, par exemple). La génération de cette classe est basée sur les opérateurs "warping", bien détaillés dans les travaux de A. Suppapola (1998–1999).

En conclusion, il est nécessaire de trouver de nouvelles solutions pour améliorer les performances des méthodes présentées et, également, de trouver les applications pratiques de celles-ci.

Cornel IOANA