

Acquisition adaptative pour single-pixel caméra : comparaison avec l’acquisition comprimée

Florian Rousset^{1,2}, Nicolas Ducros¹, Andrea Farina², Cosimo D’Andrea², Françoise Peyrin¹

¹ *CREATIS, Université de Lyon, CNRS UMR5220, Inserm U1206, INSA Lyon - Villeurbanne, France*

² *Politecnico di Milano, Dipartimento di Fisica - Milan, Italie*

florian.rousset@creatis.insa-lyon.fr

Les caméras mono-pixel (*single-pixel camera*, SPC) sont en plein essor ces dernières années car elles permettent d’obtenir un système d’imagerie optique à bas coût. Elles sont classiquement associées à des techniques d’acquisition comprimée (*compressive sensing*) pour l’acquisition et la reconstruction des images [1]. Nous proposons ici une nouvelle stratégie qui produit des images de qualité comparable pour des temps de calcul et une complexité significativement réduits. Cette technique a potentiellement de multiples applications, par exemple en imagerie infrarouge ou multispectrale ou en imagerie de fluorescence résolue en temps.

Une SPC est composée d’une matrice de micro-miroirs (digital micromirror device, DMD) et d’un détecteur ponctuel. Le DMD comporte des miroirs que l’on peut indépendamment basculer et peut alors être utilisé comme un filtre spatial. La restauration de l’image $\mathbf{f} \in \mathbb{R}^{N \times N}$ d’un objet acquis par une SPC consiste à retrouver cette image à partir de I mesures $\{m_i, i = 1 \dots I\}$ obtenues avec I motifs $\{\mathbf{p}_i \in \mathbb{R}^{N \times N}, i = 1 \dots I\}$ de DMD. Chaque mesure au niveau du détecteur se traduit comme la projection de l’image sur le motif de DMD, mathématiquement $m_i = \langle \mathbf{f}, \mathbf{p}_i \rangle$. La méthode conventionnelle, basée sur l’acquisition comprimée (AC) [2], considère des motifs aléatoires et restaure une image par minimisation ℓ_1 [1].

Pour contourner la lenteur de cette minimisation, nous proposons d’acquérir l’image dans le domaine ondelette et de restaurer \mathbf{f} directement par une transformée en ondelettes (TO) inverse. La difficulté de notre méthode réside dans la prédiction des coefficients d’ondelettes significatifs. Elle se fonde sur l’approximation non-linéaire de la TO qui consiste à garder un faible nombre ($M \ll N^2$) de coefficients tout en conservant une très bonne qualité d’images restaurées [3].

Notons $j = 1 \dots J$ l’échelle à laquelle l’image \mathbf{f} est observée lors de la TO avec J le niveau de décomposition. Notre stratégie commence par acquérir l’image à l’échelle la plus grossière J . L’image obtenue est considérée comme une image basse résolution (BR) à partir de laquelle une image haute résolution (HR) de taille deux fois plus grande est créée par interpolation bicubique. L’image HR est utilisée pour prédire les coefficients d’ondelettes significatifs en prenant sa TO sur un niveau et en ne gardant qu’un pourcentage p_j des plus forts coefficients de détails. Les positions des éléments trouvés sont choisis pour acquisition avec la SPC. Pour les autres échelles, une image d’approximation à j est restaurée puis considérée comme l’image BR pour l’étape de prédiction où un pourcentage p_j des coefficients de détails sera gardé.

Nous présentons à la Fig. 1 des résultats obtenus à partir de données expérimentales avec comme objet la cible Jaszczak. On peut noter que l’image obtenue par notre méthode rivalise très bien avec celle obtenue classiquement par AC. L’avantage principal de notre méthode est la restauration directe de l’image, donnant un temps de traitement inférieur à la seconde contre une quinzaine de secondes pour l’AC. De plus, seuls les pourcentages sont à choisir dans notre méthode contre de nombreux paramètres pour la minimisation dans le cas de l’AC et qui influent sur le résultat de la reconstruction.

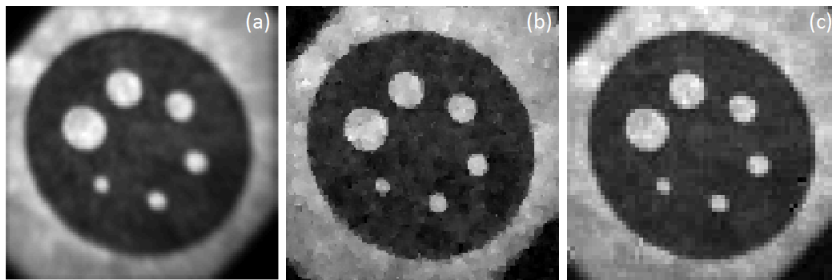


Fig. 1 : Acquisitions expérimentales 128×128 pixels sur la cible Jaszczak. (a) Image CCD, (b,c) images SPC restaurées avec 3275 mesures (b) par acquisition comprimée (PSNR 19.70 dB) et (c) par notre méthode avec l’ondelette de Haar (PSNR 20.70 dB).

En conclusion, nous avons présenté une stratégie d’acquisition d’images dans le domaine ondelettes avec une SPC. Notre méthode est comparable, en termes de qualité de restauration, à la méthode conventionnelle d’acquisition comprimée, tout en réduisant la complexité et les temps de calcul d’une minimisation ℓ_1 .

RÉFÉRENCES

- [1] M. Duarte, M. Davenport, D. Takhar, J. Laska, T. Sun, K. Kelly, and R. Baraniuk, “Single-pixel imaging via compressive sampling,” *Signal Processing Magazine, IEEE*, vol. 25, pp. 83–91, March 2008.
- [2] D. L. Donoho, “Compressed sensing,” *IEEE Trans. Inform. Theory*, vol. 52, pp. 1289–1306, 2006.
- [3] S. Mallat, *A Wavelet Tour of Signal Processing, Third Edition : The Sparse Way*. Academic Press, 3rd ed., Dec. 2008.