
Transport optimal appliqué aux interfaces cerveau machine

Nathalie Gayraud*¹, Maureen Clerc², and Alain Rakotomamonjy³

¹Athena (INRIA Sophia Antipolis) – L’Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) – 2004 route des Lucioles 06902 Sophia Antipolis, France

²Athena (INRIA Sophia Antipolis) – L’Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique (INRIA) – 2004 route des Lucioles 06902 Sophia Antipolis, France

³Laboratoire d’informatique, de traitement de l’information et des systèmes (LITIS) – INSA - Institut National des Sciences Appliquées, Université de Rouen, Université du Havre – France

Résumé

Les interfaces cerveau machine (BCI) non invasives permettent à leur utilisateur de contrôler une machine par la pensée. Ainsi, ce dernier doit porter un dispositif d’acquisition de signaux électroencéphalographiques (EEG), lesquels sont par la suite traités et transformés en commandes. Ce processus de transformation peut être décrit en trois étapes: au début, le signal subit un prétraitement, soit, un débruitage et un découpage temporel ; ensuite, chaque fraction de signal est transformée en vecteur de caractéristiques ; enfin, ces vecteurs sont classifiés dans un nombre précis de classes, qui varie selon l’application BCI. Ces travaux concernent l’application P300 Speller. Il s’agit d’un clavier virtuel où des groupes de lettres clignotent successivement ; l’utilisateur peut épeler un mot en se concentrant sur la lettre souhaitée.

Les signaux EEG sont dotés d’un rapport signal sur bruit assez faible ; à ceci s’ajoute l’importante variabilité que l’on trouve tant à travers les sessions d’utilisation qu’à travers les utilisateurs. Par conséquent, la calibration du BCI, pendant laquelle l’utilisateur est amené à effectuer une tâche prédéfinie, doit toujours précéder son utilisation. Cela permet la collecte de données labellisées, qui sont utilisées à l’entraînement du classifieur de la session en cours. Néanmoins, ce processus peut durer plusieurs minutes, tout en étant frustrant pour l’utilisateur. À ce jour, diverses méthodes sont employées pour améliorer la qualité des signaux acquis, tout en essayant d’augmenter la séparabilité des classes. Cependant, l’enjeu principal dans ce domaine concerne l’élimination complète de la calibration.

Nous présentons ici une méthode d’apprentissage par transfert fondée sur la théorie du transport, en vue de permettre à l’utilisateur du BCI de commencer immédiatement son usage. Nous considérons l’existence de données labellisées selon deux classes provenant d’une calibration antérieure. Notre méthode consiste à apprendre un transport optimal, pour que de nouvelles données soient transportées sur le domaine des données existantes et classifiées avec le classifieur existant. Nous employons donc la formulation discrète de Kantorovich, à laquelle s’ajoutent deux termes de régularisation. Ainsi, est utilisée la matrice de probabilité conjointe des deux distributions -la distribution empirique des données existantes et celle qui correspond aux nouvelles données- pour laquelle le produit scalaire avec une matrice de coût est minimisé. La matrice de coût décrit une distance entre chaque vecteurs existant et

*Intervenant

chaque nouveau vecteur. Nous utilisons ici la distance euclidienne au carré. Nous appliquons cette méthode à des données acquises auprès de personnes atteintes de sclérose latérale amyotrophique pendant la calibration d'un P300 Speller. Ces expériences ont été conduites au CHU de Nice et ont été validées par le CPP Sud Méditerranée. Nos résultats de classification binaire démontrent que après l'application des nouvelles données par transport optimal, les classifieurs existants réussissent à généraliser, avec une performance moyenne atteignant jusqu'à 63% en terme d'aire sous la courbe ROC. En comparant la performance de notre méthode à l'état de l'art, nous sommes encouragés à poursuivre ces recherches afin d'apprécier le mécanisme sous-jacent et être en mesure de mieux l'adapter au domaine des interfaces cerveau machine.