



LUNDS
UNIVERSITET

Mot Snabbare Uppstart av Brain-Computer Interfaces

Frida Heskebeck

Institutionen för Reglerteknik

Populärvetenskaplig sammanfattning av doktorsavhandlingen *Source Data Selection for Brain-Computer Interfaces*, oktober 2026. Avhandlingen kan laddas ner från: <http://www.control.lth.se/publications>

Ett så kallat brain-computer interface (BCI) är en apparat som styrs av hjärnsignaler. Hjärnsignalerna mäts genom elektroencefalografi (EEG) med hjälp av en mössa som är placerad på användarens huvud som figuren visar. BCI:er kan användas för medicinska applikationer som att styra en protes eller för underhållningsapplikationer som att styra tv-spel.

För att en BCI ska fungera behöver den finjusteras till användarens hjärna. Denna finjusteringsprocess kallas kalibrering. Under kalibreringen utför användaren specifika mentala uppgifter samtidigt som EEG-data samlas in. BCI:n lär sig sedan att känna igen mönstren i EEG-datan för respektive mental uppgift. De mentala uppgifterna kopplas till kommandon för applikationen, till exempel att muspekaren på en skärm ska flyttas till vänster när användaren föreställer sig att den rör på vänster hand. För att BCI:n fullt ut ska kunna lära sig mönstren i EEG-datan måste användaren upprepa de mentala uppgifterna flera gånger. Detta leder till kalibreringstider kring 20 minuter innan BCI:n kan användas. Att göra denna kalibrering är tröttsamt och tråkigt för de flesta användare.

För medicinska applikationer är långa kalibreringstider generellt acceptabla eftersom den förbättrade prestandan är värd den extra kalibreringstiden. För underhållningsapplikationer är å andra sidan en kort kalibreringstid ofta viktigare än perfekt prestanda eftersom få vill använda en underhållningsapplikation med en 20 minuter lång uppstartstid. För både medicinska och underhållningsapplikationer är det viktigt att reducera kalibreringstiden för att förbättra användarupplevelsen. Därför fokuserar mycket forskning på detta.

Ett tillvägagångssätt för att minska kalibreringstiden är att minska antalet gånger en mental uppgift måste upprepas. Detta kan göras genom att använda tidigare insam-



En användare bär en EEG-mössa som mäter de hjärnsignaler som styr BCI:n

lad data från en annan användare. Att träna BCI:n för en ny användare på data från en tidigare användare är en form av så kallad transfer learning. Formellt kallas datan från en ny BCI-användare target-data och datan från en tidigare användare source-data. Ett problem med transfer learning är att source- och target-datan måste vara tillräckligt lika för att det ska fungera. Frågan är då: Hur kan man identifiera vilken source-data som liknar target-datan? I denna avhandling presenteras två metoder för så kallad source data selection. Den ena är den så kallade transfer performance predictor-metoden, vilken är speciellt användbar när det finns mycket source-data att välja från, och den andra är den så kallade pole ratio-metoden, vilken utvärderar den geometriska relationen mellan source- och target-datan. I avhandlingen studeras även så kallade multi-armed bandits för source data selection. För att förstå varför viss source-data är mer lämpad för en given target-användare studerar denna avhandling också begränsningarna för transfer learning för två transfer learning-metoder kallade Riemannian Procrustes analysis och tangent space alignment.

Ett annat tillvägagångssätt för att minska antalet gånger som en mental uppgift behöver upprepas är att identifiera vilka mentala uppgifter som ger bra prestanda och enbart samla data från dessa mentala uppgifter. Till exempel, vissa användare får högre prestanda om de föreställer sig att de rör höger och vänster hand, medan andra användare får högre prestanda om de föreställer sig att de rör fötterna och händerna. I avhandlingen presenteras två metoder för uppgiftsselektion kallade direct prediction band och mean-difference approach. Multi-armed bandits undersöks också för uppgiftsselektion.

Med metoderna och resultaten i denna avhandling kan source data selection och uppgiftsselektion utföras mer effektivt, och därmed kan kalibreringstiden för BCI:er minskas medan prestandan bevaras. Detta kommer att medföra snabbare uppstart av BCI:er och i det långa loppet kommer vi troligtvis se förbättringar för både medicinska och underhållsapplikationer.