

En optisk neural sløjfe

Thomas Martini Jørgensen og Jesper Glückstad

Interessen for at implementere kunstige neurale netværk ved brug af optiske komponenter baserer sig på, at fotoner ikke vekselvirker i frit rum. Dette giver et potentiale for at have meget høj tæthed af "synapse"-forbindelser, hvor synapsevægten er bestemt af lysintensiteten i den enkelte stråle. Det er dog langt fra alle problemer eller arkitekturer, som egner sig til optisk implementering. Billedbehandling på store mængder data er eksempelvis et område, hvor den optiske processing ofte vil være fordelagtig.

Vi har på Risø foretaget en undersøgelse af eksisterende netværks-arkitekturer og en evaluering af disses potentiale med henblik på en implementering i optisk hardware. Konklusionen på disse undersøgelser er, at optiske løsninger baseret på direkte implementering af diverse neurale netværksalgoritmer er problematisk. I stedet har vi konkret opbygget en elektro-optisk feedback sløjfe, som svarer til arkitekturen for et Hopfield netværk.

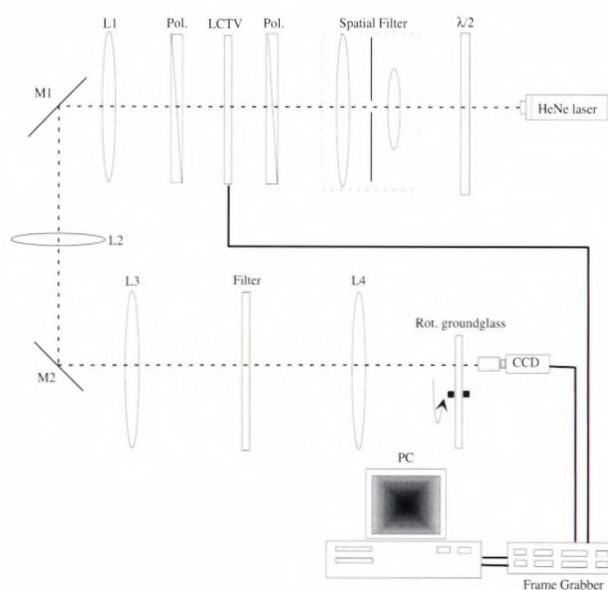
Netværket består af et enkelt lag af ulineære enheder, der er forbundet via en optisk foldningskerne. Vægtene koder for specifikke strukturer, for eksempel en figur eller en tekstur, og netværkets opgave er at fremhæve disse i støjfyldte billeder. Foldningskernen implementeres generelt som et filter i Fourier-planet af et optisk Fouriertransformerende system. Det faktisk implementerede system baserer sig på et lavpasfilter, realiseret ved et hul i en plade anbragt i Fourierplanet, dvs i fokalplanet for en linse. Herved er det muligt, at ekstrahere sammenhængende strukturer i et støjfyldt billede.

Hældningerne på neuronernes overføringsfunktion ændres dynamisk mellem iterationerne. Man starter ud med en næsten lineær overføringsfunktion og ender op med en hård (binær) klipning. Det svarer til, at en effektiv temperatur langsomt sænkes mod nul (også kaldet annealing).

Sløjfen baserer sig på en rumlig lysmodulator (i vores tilfælde skærmen fra et flydende krystal TV, betegnet LCTV på figuren), som benyttes til at indkode det billede, som skal processeres, på en ekspanderet He-Ne laserstråle. LCTV'et virker som en fasemodulator på laserlyset, men via to krydsede polarisatorer omsættes fasemodulationen til amplitudemodulation. Halvbølgepladen, der er placeret før det rumlige filter benyttes til at maksimere lystransmissionen gennem modulatorsystemet. Den optiske Fourier transformation foretages via de tre linser L1, L2 og L3 (der benyttes 3 linser for at opnå en passende skalering af det optiske Fourier-billede). I Fourier-planet

multipliseres billedet med et amplitudfilter svarende til den ønskede foldningskerne. Linsen L4 benyttes til at lave en invers Fourier-transformation således, at det filtrede billede afbildes på CCD-kameraet. Billedet sendes gennem en PC som foretager den nødvendige ikke-lineære transformation, for derefter igen at blive sendt til LCTV'et. Denne proces kan senere erstattes af intelligente lysventiler (smart pixel arrays).

Vi har været nødt til at udvikle specielle teknikker til at stabilisere sløjfen. Det viser sig at dette kan opnås ved at en speciel adressering af lysmodulatoren, samt ved at inverttere billedintensiteten fra en iteration til den næste. Vi har også i computersoftware udviklet en udbygget sløjfe, som er i stand til at detektere teksturer i støjfyldte omgivelser. Om den vil kunne implementeres optisk er endnu ikke klart.



Figur 1. Skitse af den optiske sløjfe. Detaljerne er omtalt i teksten ovenfor.



Thomas Martini Jørgensen er civilingeniør fra Elektromagnetisk Institut og lavede sit Ph.D. projekt ved Afdelingen for Optik og Fluid Dynamik, Forskningscenter Risø. Er nu ansat samme sted.



Jesper Glückstad er civilingeniør fra Aalborg Universitetscenter. Er nu Ph.D. studerende ved Afdelingen for Optik og Fluid Dynamik, Forskningscenter Risø.

Litteraturhenvisninger

Redaktionen har besluttet at samle referencerne til artiklerne om neurale netværk i denne kortfattede og bestemt ikke udtømmende bibliografi.

- En populær bog på dansk om neurale netværk er:
S. Brunak og B. Lautrup, *Neurale Netværk — Computere med Intuition*, Munksgård (1988).
- En introduktion til kognitionsforskningen, hvori neurale netværk omtales i nogen bredde uden brug af kompliceret matematik, er:
N. O. Bernsen og I. Ulbæk, *Naturlig og Kunstig Intelligens*, Nyt Nordisk Forlag Arnold Busck (1993).
- Den bedste og mest autoritative introduktion til den matematiske formalisme og til metoder og anvendelser findes i:
J. Hertz, A. Krogh and R. G. Palmer, *Introduction to the Theory of Neural Computation*, Addison-Wesley (1991).
- En meget spændende gennemgang af beregningsmæssige aspekter af neurovidenskab og tilhørende filosofi er:
P. S. Churchland and T. J. Sejnowski, *The Computational Brain*, The MIT Press, Cambridge, Mass. (1992).
- En generel introduktion til den moderne medicinske neurovidenskab findes i:
E. R. Kandel, J. H. Schwartz, and T. M. Jessel (eds), *Principles of Neural Science*, 3rd edition, Elsevier (1992).
- En lidt ældre, men stadig værdifuld samling af artikler findes i:
D. Rumelhart, J. McClelland and the PDP research group, *Parallel Distributed Processing, Vols. 1-3*, The MIT Press, Cambridge, Mass. (1986).
- En samling af de grundlæggende artikler, som ofte kan være vanskelige at opspore, findes i:
J. A. Anderson and E. Rosenfeld (eds), *Neurocomputing, Foundations of Research*, The MIT Press, Cambridge, Mass. (1988).
- Dynamiske systemer, specielt attraktorer, er beskrevet i:
H G Schuster, *Deterministic Chaos*, (2nd edition, VCH Verlagsgesellschaft, 1989).
- Grundbogen for analog VLSI design er:
C.A. Mead, *Analog VLSI and Neural Systems*, Addison-Wesley (1989).
- En omfattende beskrivelse af hjernemodeller baseret på attraktorbilledet og Hopfield's model og den udvidelser findes i:
D.J. Amit, *Modeling Brain Function*, Cambridge Univ Press, (1989).
- Mere nylige aspekter kan findes i et specielt nummer af, specielt i artiklerne af Hinton og af Crick og Koch:
Scientific American, *Mind and Brain*, September (1992)
og
The Physiology of Perception. Scientific American **264** (2) 78-85 (1991)