

De machine wordt menselijker

Kunstmatige intelligentie rukt op. Maar voorlopig kunnen computers nog wel wat leren van het natuurlijke brein. En dat doen ze dan ook rap.

Martijn de Meulder

Na decennialange exponentiële versnelling van computers loopt de groeispuurt tegen een groot probleem aan: energie. Om sneller te werken is er steeds meer elektriciteit nodig, terwijl de huidige pc's, datacenters en toepassingen van kunstmatige intelligentie nu al een flink deel van de wereldwijde energieconsumptie voor hun rekening nemen. Daarom wordt er in laboratoria en aan universiteiten in de hele wereld hard gewerkt aan de microchips van de toekomst. De *neuromorfische* schakeling, een chip die werkt als het menselijk brein, moet een grote rol gaan spelen.

'Het is prachtig wat we op het gebied van computertechnologie hebben bereikt. Maar als je de huidige computers vergelijkt met de natuur, dan word je daar bijzonder nederig van', zegt Mike Davies. Hij is ingenieur bij de Amerikaanse computerchipfabrikant Intel en al zijn hele leven met chips bezig. Maar vandaag heeft hij het over drones en valkparkieten.

'Kijk, dit is een racedrone', vertelt hij. 'De allerbeste die de mensheid op dit moment op dit gebied heeft ontwikkeld. De processor van de drone gebruikt ongeveer achttien watt aan vermogen. Dat is best veel, waardoor je er maximaal twintig minuten mee kunt vliegen. Door de aanwezigheid van geavanceerde kunstmatige intelligentie kan de drone autonoom tussen een paar poortjes door vliegen, maar alleen nadat deze uitgebreid is getraind op het herkennen van de poortjes. Wil je hem andere objecten laten ontwijken, dan gaat dat mis.'

Nee, dan de valkparkiet, een vogeltje waarvan de hersenen twee gram wegen. 'Die verbruikt slechts vijftig milliwatt, 360 keer minder dan de drone. Maar de parkiet kan veel langer dan twintig minuten vliegen, en tijdens die vlucht voedsel zoeken, communiceren en vooral: in elke omgeving een weg vinden. De prestaties van dit vogeltje zijn in alle dimensies vele magnitudes hoger dan het beste wat de mensheid kan maken. Zowel wat betreft snelheid als waarnemingsvermogen, objectherkenning, leerefficiëntie en zijn intelligentie.'

Davies praat vanuit Californië journalisten in de hele wereld online bij om te laten zien dat zijn broodheer Intel werkt aan de technologie van morgen. *Neuromorphic computing* heet zijn vakgebied: het imiteren van de werking van het brein van levende wezens in computerarchitectuur, bedoeld voor kunstmatige intelligentie. Want wat zou er gebeuren als je een heel klein beetje valkparkiet in een drone kan plaatsen?

ENERGIEZUINIG

Dat Mike Davies graag vertelt over de lessen uit de natuur komt niet alleen doordat hij neuromorfische chips ontwerpt, maar ook doordat hij meent dat de huidige ontwikkeling van chiptechniek niet houdbaar is. 'Hoewel het misschien lijkt dat computertechniek nog altijd exponentieel groeit, is dat niet meer zo. De laatste tien jaar groeit de hoeveelheid energie die we nodig hebben om vooruit te gaan harder dan we in computerkracht winnen. Dat is op den duur onhoudbaar. Als we vooruit willen met de mensheid, dan moeten we de manier waarop we chips ontwikkelen compleet opnieuw overdenken.'

Dat overdenken doet Intel, niet geheel verrassend, door nieuwe siliciumchips te maken. De neuromorfische Loihi-chips van het bedrijf bevatten 128.000 rekenkernen en kunnen onderling worden gekoppeld. Al die rekenkernen vormen zo een zelflerend neuronaal netwerk dat ook nog eens veel energiezuiniger is dan de huidige computers (zie kader). Het bedrijf claimt dat Loihi een stemherkenningstest sneller uitvoert dan een gewone computer, waarbij de chip duizendmaal minder energie gebruikt. Ook kan de chip menselijke bewegingen leren herkennen, waarbij hij na enkele korte trainingsoefeningen al foutloos werkt. Hoewel het systeem alleen nog in het laboratorium bestaat, heeft het bedrijf er hoge verwachtingen van. Net als onder

SYNTHETISCH

Een neuromorfische computerchip is gemodelleerd naar de structuur van neuronen en synapsen in het menselijke brein. Intel gebruikt daartoe silicium, Yoeri van de Burgt (TU Eindhoven) organische polymeren en Wilfred van der Wiel (Universiteit Twente) booratoemen. Bij de training van die synthetische 'neuronen' ontstaan kleine netwerkes die een bepaalde taak kunnen uitvoeren, met minder energie dan traditionele technologie. Hoe meer gekoppelde netwerken, hoe complexer de bewerkingen die ze aankunnen. Maar de weg is nog lang. Het menselijk brein bevat tien miljard neuronen. Intels Loihi-chip slechts 128.000 synthetische neuronen.

meer IBM, Qualcomm en Google veel verwachten van hun eigen neuromorfische projecten. Want de belofte van meer rekensnelheid voor kunstmatige intelligentie bij een heel veel lager energieverbruik is enorm.

Ook in Nederland wordt hard gewerkt aan de ontwikkeling van de technologie. Aan TU Eindhoven leidt Yoeri van de Burgt het onderzoek naar neuromorfische informatica. Hij richt zich op de koppeling van mens en machine. In 2017 ontwikkelde hij, toen nog aan de Californische Stanford-universiteit, een kunstmatige synaps gemaakt van een organisch polymeer. Zo'n synaps is de koppeling tussen twee neuronen in de hersenen. Op basis daarvan ontwikkelt Van de Burgt nu een neuromorfisch systeem voor gebruik in medische toepassingen.

'Organische polymeren zijn een interessant materiaal. Je kunt ze met behulp van traditionele lithografie tot een chip verwerken en daarna rechtstreeks laten communiceren met de zenuwen in je lichaam. Niet door de elektrische spanningen te meten, zoals nu gebruikelijk is bij sensoren, maar door de ionen uit je zenuwbanen te gebruiken die deze spanningen veroorzaken. Je meet dus niet het gevolg, maar het signaal zelf. Dat signaal is direct bruikbaar als invoer voor de neuromorfische schakelingen.'



MET EEN ARMPROTHESE DIE DIRECT AAN JE LICHAAM IS GEKOPPELD KUN JE WEER GEVOEL IN JE VINGERS KRIJGEN

Dat klinkt behoorlijk futuristisch: een machine die je aansluit op je lichaam en die jouw zenuwsignalen verwerkt zoals onze hersenen dat doen. 'In het laboratorium hebben we al bewezen dat het kan en dat we de chip ook met deze gegevens kunnen trainen. Maar we zitten nog in een vroeg stadium, er zijn nog jaren onderzoek nodig om de praktische bruikbaarheid ervan te onderzoeken.'

Van de Burgt ziet een toepassing van zijn technologie in geavanceerde prothesen. 'Een armprothese die direct aan je lichaam is gekoppeld, kan je weer gevoel in je vingers teruggeven bijvoorbeeld. Je

zou er dwarslaesepatiënten misschien weer mee kunnen laten lopen. Maar je kunt ook denken aan eenvoudiger chips die gegevens verwerken die sensoren op of in je lichaam verzamelen. Voor huidige toepassingen van kunstmatige intelligentie gaan die gegevens nu nog naar een datacenter in de cloud om daar te worden verwerkt, waarna je de resultaten terugkrijgt. Dat is hartstikke inefficiënt. Een neuromorfische chip kan de data ter plekke verwerken en gebruikt vele malen minder energie dan zo'n datacenter. Door lokaal de berekeningen te doen, kun je slimme biosensoren in vele vor-

men uitdenken, bijvoorbeeld een pleister of zelfs sensoren in je lichaam. De belofte is enorm.'

KUNSTMATIGE EVOLUTIE

Het onderzoek naar deze technologie is wereldwijd nog pril, weet ook Wilfred van der Wiel, hoogleraar aan Universiteit Twente en directeur van het Center for Brain-Inspired Nano Systems, waar onderzoek naar neuromorfische computertechniek plaatsvindt. 'Dat maakt het ook zo interessant. We zijn een compleet nieuwe technologie aan het ontdekken. In de hele wereld zijn onderzoeksgroe-

Gewone computers sturen enorm veel data heen en weer tussen processor en geheugen. Hoe groter de data- en rekencomplexiteit, hoe groter de inefficiëntie. In het natuurlijke brein doet een netwerk van neuronen en synapsen de berekeningen, die een lineaire stroom volgen.

pen op zoek naar nieuwe concepten en materialen. We weten nog zo weinig van de fundamentele werking van het brein. Hoe en met welke materialen kunnen we de functies ervan dan het beste nabootsen? Dat is onze zoektocht.'

Dat nabootsen doen Van der Wiel en de zijnen met een neuromorfische chip met atomen van het element boor. 'Die atomen vormen een ongeordend netwerk, maar door deze met elektriciteit te sturen kun je het netwerk programmeren om een bepaalde taak te doen.' Een voorbeeld van zo'n taak is handschrijfherkenning, een toepassing waarvoor zijn onderzoeksgroep het afgelopen jaar publiceerde in het wetenschappelijke tijdschrift Nature.

SLIMME AUTO

Een chip bestaande uit louter een netwerk van atomen, het klinkt al net zo futuristisch als de chiptechniek van Van de Burgt. Maar het kan zelfs nog sterker: 'Om de chip te trainen gebruiken we kunstmatige evolutie: een computer algoritme dat met dezelfde principes werkt als volgens welke levende organismen evolueren.'

De neuromorfische chip uit Twente kan dankzij evolutie handgeschreven cijfers herkennen 'met meer dan 96% succes'. Maar alleen zolang er spanning op staat. Zodra de elektriciteit verdwijnt, verdwijnt ook het neuromorfische reken-circuit. Er is nog een lange weg te gaan, erkent Van der Wiel.

'De komende jaren zullen we werken aan het uitbreiden en robuuster maken van de oplossing. Waar dat in de toekomst toe leidt, blijft een beetje koffiedik kijken. We werken immers aan dingen die zich heel moeilijk laten plannen. Maar het lijkt me dat je over een jaar of vijf tot tien in het dagelijks leven de eerste neuromorfische chips zult tegenkomen.'

Hij noemt als voorbeeld de slimme auto: kunstmatige intelligentie kan met een neuromorfische chip binnen milliseconden extreem complexe beslissingen nemen over zijn omgeving. Of het uitvoeren van uitgebreide berekeningen in datacentra die daardoor veel energiezuiniger worden. 'Maar denk ook aan je mobiele telefoon, voor patroonherkenning. Zo slim en efficiënt als een menselijk brein zullen computers er voorlopig niet mee worden, maar met het nabootsen van ons brein kunnen we als mensheid al een heel eind vooruitkomen', aldus Van der Wiel.

Martijn de Meulder is freelancejournalist.