

## De onoverbrugbare complexiteitskloof

**G**raag neem ik u even mee op een gedachtereisje dat laatst door mijn hoofd speelde. Het voert langs de toename van *silicon*, de concepten van parallelle verwerking in hardware en software en de analogie met de 1300 gram in onze hersenpan.

Er is een exponentieel toenemende vraag naar het vergroten van de hoeveelheid functionaliteit in producten, de nauwkeurigheid van berekeningen en de gelijkheid van grafische gebruikersinterfaces. Dat leidt tot een niet te stuiten vraag naar rekencapaciteit voor het verwerken van astronomische hoeveelheden gegevens. Hoe krijgen we al die capaciteit nog in silicium gebakken? Het alsmaar verhogen van klokfrequentie verschuift de problematiek naar warmteafvoer en stokt daardoor.

De oplossing is gevonden in de verschuiving naar parallelisme. Meer cores combineren, de DSP's hebben het ons al voorgedaan. De GPU-architecturen pakken de techniek van meerdere parallelle instructies per cycle nu ook op. En de dual- en quadcore-CPU's zie je terug in de standaard desktop van vandaag.

Toch is het concept verre van nieuw. Begin jaren tachtig was er een korte hype richting transputers (transistor-computers). Destijds dachten chipmakers tegen de grens aan te lopen van het maximum aantal transistoren dat ze op een chip konden persen. De transputers hingen via vaste point-to-point-verbindingen aan elkaar om daarmee de gezamenlijke verwerkingscapaciteit flink te vergroten. Hier gaat een vergelijking op met neurale netwerken, die de basis vormden voor het realiseren van kunstmatige intelligentie.

Neurale netwerken, een ontwerp dat overeenkomt met ons eigen brein, een uitgebreid

netwerk van onderling verbonden neuronen. Zullen we ooit de capaciteit van onze grijze cellen kunstmatig na kunnen bootsten? De eerste voorspellingen wanneer we dit zouden hebben gerealiseerd, variëren een beetje tussen 2040 en 2050.

Het is interessant om te zien dat we steeds meer grijpen naar parallelle verwerking om daarmee de totale verwerkingscapaciteit te vergroten - en dus een kunstmatig brein te realiseren. Dat zorgt ervoor dat het ontwerp en zeker ook de optimale benutting van een dergelijk ontwerp tot een voor de mens niet te overziene complexiteit verwordt. Ons brein heeft immers veel moeite met het correct ontwerpen en optimaal verwerken van parallelle processen. Ons denkproces is nu eenmaal sterk sequentieel. Toch is ons brein óók een gigantische parallelle verwerkingseenheid.

Eens even kijken naar de software. Een sequentiële lijst van instructies, aangezwengeld en beïnvloed door externe events en in volgorde uitgevoerd op de regelmatige cadans van een klok. Of het nu micro-instructies in de processor zijn, assemblerinstructies of statements in een programmeertaal, de basis is een originele lijst van sequentieel uit te voeren opdrachten. Prima te volgen met onze denkprocessen.

Al voordat echte parallelle verwerking breed beschikbaar was in de processoren werd de software ontworpen in 'semi'-pa-

rallele applicaties, processen en threads. Ik noem het semiparallel omdat uiteindelijk een scheduler in een RTOS ervoor zorgt dat alle instructies in sequentie worden uitgevoerd door een processorkern. De afbeelding van parallelle software op een sequentiële processor is niet eenvoudig te doorgronden, vooral als je onverwachte gebeurtenissen wilt verklaren als gevolg van allerlei timing-aspecten. Zeker als ook pipelining voor instructies is toegepast.

Je zou denken dat dit eenvoudiger wordt als parallelle software ook direct op parallelle processorarchitecturen wordt afgebeeld. Het tegendeel is echter waar.

Het creëert een extra dimensie en laat daarmee de complexiteit nog eens exponentieel toenemen. Menselijk gezien wordt het steeds moeilijker om dit te bevatten of te overzien. Een kunstmatig brein komt er derhalve niet mee dichterbij.

Moeten we de oplossing dan maar zoeken in het ontwerpen van systemen die de complexiteit van door ons ontworpen systemen kunnen doorgronden? Als ons brein het er nu al moeilijk mee heeft en we moeten wachten tot 2040 om onze eigen capaciteit überhaupt te kunnen evenaren, dan kunnen we tot 2060 wachten tot we een systeem in handen hebben dat in staat is een systeem anno 2008 te doorgronden. Is dat een onoverbrugbare complexiteitskloof?



**Ger Schoeber**  
ger.schoeber@task-switch.nl