

Beeldvormende apparatuur maakt steeds meer deel uit van onze dagelijkse samenleving. Of het nu gaat om publieke toepassingen, zoals bewakings-systemen en tolheffing, of industriële toepassingen, zoals medische beeldvorming met MRI of CT-scanners en elektronenmicroscopen voor biologisch onderzoek en de chipindustrie.

Visie op beeld

Voor dit soort toepassingen moeten steeds meer data, steeds sneller worden verwerkt. Niets nieuws, de behoefte aan rekenkracht groeit al jaren en de rekenkracht verdubbelt elke 18 à 24 maanden (net als de wet van Gordon Moore). Vanuit de toepassingen gezien mag men er zo over denken, vanuit de techniek is het verre van vanzelfsprekend. Technololution bevindt zich op het grensvlak tussen techniek en toepassing en staat voor de taak met nieuwe technologieën de vraag om zwaardere en nieuwe toepassingen zo goed mogelijk in te vullen. Dit kan niet zonder visie. Om dit te verduidelijken gaan we wat dieper op de problematiek in.

Van beeldbewerking tot beeldanalyse

Beeldbewerking wordt wel gehanteerd als een verzamelnaam voor alle soorten bewerkingen op pixels in het beeld die als resultaat een nieuw beeld opleveren.

Beeldverwerking en beeldherkenning vallen onder het begrip beeldanalyse. Bij beeld-verwerking worden berekeningen uitgevoerd.

Het resultaat is geen nieuw beeld, maar informatie over de beeldinhoud. Beeldverwerking gaat feitelijk over metingen van de informatie-inhoud van beelden. Bijvoorbeeld het aantal bloedcellen in een beeldopname of een kwaliteitsoordeel in een fabriek waar camera-inspectie van producten wordt uitgevoerd.

Als er objecten of patronen in een beeld worden herkend, spreken we over beeldherkenning. Het gaat hier om geautomatiseerde interpretatie van de inhoud van beelden. Een voorbeeld van

beeldherkenning is een melding welke objecten zijn gevonden.

Beeldanalyse is dus beduidend complexer dan het simpelweg bewerken van de pixels in een beeld. Naarmate de interpretatie van beelden meer geautomatiseerd wordt, neemt de behoefte aan rekenkracht toe. Neem als voorbeeld de herkenning van verkeersborden. Hierbij zal een onbekend verkeersbord worden vergeleken met een referentieset van bekende verkeersborden. De hoeveelheid rekenwerk hangt hier niet alleen af van het onbekende verkeersbord, maar meer nog van de omvang en de representatievorm van de referentieset waarmee het beeld moet worden vergeleken. Het is de uitdaging om een zo goed mogelijke representatie voor de beeldinhoud te vinden die de juiste maat is voor de objecten die vergeleken moeten worden. Een doordachte keuze van de referentieset kan het rekenwerk aanzienlijk beperken. Maar te weinig kenmerken vergelijken leidt tot een slechte herkenningssprestatie.

Groeiende behoefte aan rekenkracht

Met rekenkracht wordt niet alleen de rekensnelheid bedoeld (het aantal berekeningen per seconde), maar ook de nauwkeurigheid waarmee de berekeningen kunnen worden uitgevoerd. Het belangrijkste onderscheid bestaat uit berekeningen met gehele getallen ten opzichte van berekeningen met gebroken ofwel kommagetallen. In het zojuist genoemde voorbeeld van beeldanalyse blijkt dat er steeds meer behoefte zal ontstaan aan rekenkracht. Deze behoefte komt voort uit de toename van veeleisende randvoorwaarden.

Beeldanalyse is dus beduidend complexer dan het simpelweg bewerken van de pixels in een beeld.



1 2

1. Het oorspronkelijke beeld van een verkeerssituatie. In dit voorbeeld kunnen alle verkeersborden met een rode rand worden herkend. 2. Eerst worden alle rode kleuren uit het beeld gehaald.



Eisen aan de tijd worden steeds zwaarder.

Ten eerste omdat bij een analyse de behoefte bestaat nauwkeurig te kunnen rekenen, met kommagetallen. Er ontstaan dan veel minder fouten door afronding tijdens de berekeningen. Kommaberekeningen vragen veel meer rekenkracht dan gehele getallen.

Ten tweede omdat bij veel toepassingen de tijd telt. Eisen aan de tijd worden steeds zwaarder. Een voorbeeld hiervan is de kentekenherkenning. Hierbij moet het kenteken worden gelezen van een voertuig dat met 120 km/per uur langs komt rijden. Het kenteken moet zo snel worden herkend dat het systeem direct gereed is voor het volgende voertuig dat er vlak achteraan rijdt. Een zwaardere eis is dat het systeem zo snel klaar moet zijn met de analyse, dat nog een tweede opname van hetzelfde voertuig kan worden gemaakt, indien uit het eerste beeld geen kenteken kon worden gehaald. Door deze eis kan het percentage herkende kentekens worden vergroot. In plaats van binnen 1 seconde moet het resultaat nu wel in 0,1 seconde beschikbaar zijn.

Als laatste is de eis aan toenemende rekenkracht het gevolg van hogere beeldresoluties (het aantal pixels in het beeld). Door meer pixels in de camera te plaatsen, kunnen meer details, van bijvoorbeeld de kentekenplaat, zichtbaar worden gemaakt. Deze extra pixels moeten wel in dezelfde tijd worden geanalyseerd. Voor een twee keer zo hoge resolutie, moeten vier keer zoveel pixels in een camera worden geplaatst. De toename in resolutie geldt namelijk zowel voor de horizontale als de verticale richting.

Stagnatie in rekenkracht

We zien dat de processorindustrie moeite krijgt de vraag aan rekenkracht in te blijven vullen. Belangrijkste bottleneck is de Von Neumann architectuur. Deze architectuur houdt in dat een

programma altijd sequentieel wordt uitgevoerd. Om de rekenkracht op te voeren, wordt gestreefd naar steeds hogere kloktijden. Door sterk toenemend stroomgebruik bij hogere frequenties, biedt deze route steeds minder mogelijkheden. Een tweede probleem is het tijdig beschikbaar krijgen van de juiste data op de juiste plek. Het geheugen blijft sterk achter in snelheid ten opzichte van de processoren waardoor de chip steeds vaker moet wachten op nieuwe gegevens.

Trendbreuk

De huidige trend is dat gekozen wordt voor parallelle processing. De 'een processor op een chip' strategie wordt verlaten. Er wordt ingezet op chips waarop meerdere processoren worden ondergebracht. Dit biedt wel een uitweg naar meer rekenkracht. Er wordt bij deze aanpak echter nog geen fundamentele oplossing geboden voor het probleem van het datatransport. Door de structurele keuze voor parallelle verwerking van data vindt een trendbreuk plaats in de lijn van de CPU-ontwikkeling van de afgelopen 20 jaar. Bij een trendbreuk is het belangrijk na te gaan of de overige gekozen oplossingsrichtingen nog wel passen in de nieuwe strategie. De belangrijkste vraag is: leent de complexe CPU-architectuur zich wel voor massief parallelle verwerking? Het antwoord is dat de complexe CPU's per definitie niet mee zullen kunnen komen met het parallelle rekengeweld van de programmeerbare logica (FPGA's) of de nieuwe types processoren met extra rekenunits zoals de Cell-processor.

Rekenkracht: nieuwe technieken

De nieuwste FPGA's hebben op dit moment tot maximaal 256 digitale signaalbewerkingblokken (DSP-slices) aan boord. Met 256 DSP-slices worden dan ongeveer 125 miljard integer berekeningen per seconde gehaald. Een Cell-processor bestaat uit



3. Alle gesloten vormen worden ingevuld zodat een masker ontstaat. 4. Er wordt vervolgens een uitsnede van het oorspronkelijke beeld gemaakt voor het herkennen van het verkeersbord. 5. Tenslotte wordt er automatisch een vergelijking gemaakt met een referentiebeeld om het verkeersbord te herkennen. Dit beeld met hetzelfde verkeersbord levert de hoogste score op, waarmee het beeld is herkend.

een PowerPC met acht extra vectorprocessors aan boord. Een vectorprocessor is een processor die met één instructie dezelfde bewerkingen kan uitvoeren op meerdere getallen of pixels tegelijk (4 tot 16 afhankelijk van de getalgrootte). Dit is parallelisme op instructieniveau, in plaats van op processorniveau. Hiermee haalt de Cell-processor in theorie maximaal 256 miljard single precision floating point berekeningen per seconde. Let wel, het gaat hier niet om een factor tien, maar eerder richting een factor honderd maal sneller met dit type rekenwerk dan de huidige CPU's zoals die in een pc worden toegepast.

Toepassingen

De software- en hardwareontwerpers worden geconfronteerd met nieuwe vragen. Hoe kan een probleem zo goed mogelijk parallel worden opgelost? Welke hardware is daarvoor dan het meest geschikt? Welke ontwikkelsoftware is geschikt om parallelle structuren te ontwerpen? Met het invullen van deze vragen is Technolution al volop bezig. Er worden projecten voor klanten uitgevoerd waarbij parallelisme wordt toegepast.

De FPGA's en de Cell-processor zullen vooral worden ingezet voor het tijdkritisch verwerken van grote datastromen. Hierbij is de aan- en afvoer van de datastromen even belangrijk als het op een beperkt aantal kloktikken kunnen uitvoeren van rekenkundige bewerkingen. De keuze voor massief parallelle verwerking heeft wel een prijs. Er wordt veel dichter tegen de hardware aan geprogrammeerd. Dit kan niet goed worden uitgevoerd zonder gedegen kennis van deze onderliggende hardware. Bij een FPGA wordt de hardware zelf geprogrammeerd. Bij een Cell-processor ligt de nadruk meer op de verdeling van de datastroom over de verschillende rekeneenheden en het goed paralleliseren van het algoritme (parallel programmeren). Belangrijke

vraag voor toepassingen van een Cell-processor of een FPGA is in hoeverre een algoritme parallel is uit te voeren. Als een algoritme niet goed in onafhankelijke stukken te hakken is, versnelt parallelle rekencapaciteit de berekening maar beperkt. Het probleem moet dan nog steeds sequentieel worden opgelost. Een tweede manier om parallelisme te bereiken is niet het algoritme in stukken te delen, maar de datastroom.

Toekomstverwachtingen

Door de toegenomen rekenkracht komen complexe beeldbewerkingen en beeldanalyse die 'real-time' moeten worden uitgevoerd nu goed binnen handbereik. Om een en ander in het juiste perspectief te plaatsen, moeten we ons realiseren dat pure capaciteitstoename slechts bestaande oplossingen praktisch haalbaar maakt. Voor veel beeldanalyseproblemen wordt echter nog naar een principeoplossing gezocht. We voorzien dat met het potentieel aan rekenkracht, dat de FPGA's en Cell-processoren ons in de toekomst gaan bieden, we steeds meer inspanning moeten leveren voor het vinden van geschikte algoritmes die van deze rekenkracht gebruik kunnen maken.

In FPGA's worden specifieke hardwareoplossingen geboden. Hierbij is sprake van maatwerk. Om dit maatwerk snel te kunnen realiseren wordt steeds meer gebruik gemaakt van standaard IP-oplossingen (intellectual property). De Cell-processor is een standaard hardwareoplossing. De programmering vindt nog steeds plaats in software. Dit platform biedt de mogelijkheid generiek een oplossing te bieden voor het massief parallel uitvoeren van reken-taken. Het type hardwareoplossingen dat met de Cell-processor wordt geboden is niet nieuw. Alleen de snelheidswinst die door een goede combinatie van technieken in de Cell-processor kan worden behaald is veel groter dan voorheen. Reden om te verwachten dat hieruit een nieuwe standaard kan voortkomen.

De FPGA's en de Cell-processor zullen vooral worden ingezet voor het tijdkritisch verwerken van grote datastromen.