

ACHTERGROND

BEELDVERWERKING

Flexibele ct-scanner CWI maakt interactieve 3d beelden

Hoe zorg je ervoor dat een ct-scan de kleinst mogelijke details laat zien met een minimale scantijd en hoeveelheid röntgenstraling? De Computational Imaging-groep van het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) brengt geavanceerde algoritmes, zware computers en een zeer flexibele ct-scanner samen in het Flex-ray-lab. Het idee: door al tijdens de scan 3d data in realtime te analyseren en slim te scannen op basis van de waarnemingen kun je precies die data opnemen die je nodig hebt.

Joost Batenburg
Robert van Liere

Ct-scanners zijn niet meer weg te denken uit onze ziekenhuizen. Ze maken het mogelijk om een patiënt in 3d van binnen te bekijken en zo in korte tijd een nauwkeurige diagnose te stellen. Veel minder bekend is dat soortgelijke scanners ook te gebruiken zijn om de inwendige structuur van allerlei voorwerpen te bekijken: composietmaterialen voor windturbines om te bestuderen hoe het materiaal intern reageert als het onder druk staat, archeologische vondsten om ze tot in detail te onderzoeken zonder ze te beschadigen en 3d geprinte objecten om ze te controleren op productiefouten. In al deze toepassingen is de uitdaging om in zo min mogelijk tijd een zo nauwkeurig mogelijke scan te maken.

Een ct-scanner schiet een groot aantal digitale röntgenfoto's vanuit verschillende hoeken. Vervolgens gebruikt het systeem een reconstructiealgoritme om uit al die foto's een 3d beeld te berekenen van de inwendige objectstructuur. In de Computational Imaging-groep van het Centrum Wiskunde & Informatica (CWI) in Amsterdam doen we onderzoek naar nieuwe reconstructiealgoritmes die maar heel weinig röntgenplaatjes nodig hebben om nauwkeurige beelden te maken. Dit kan door met algoritmes slim de metingen te kiezen (bijvoorbeeld de hoeken waarlangs de scanner het object in beeld brengt), maar ook door voorkennis over objecteigenschappen te benutten bij de reconstructieberekening.



Omdat het onderzoek naar ct-algoritmes steunt op een flinke dosis fundamentele wiskunde en informatica, hanteren de meeste wetenschappers in dit vakgebied vooral pen, papier en zware computers. Ook werken ze samen met meer natuurkundige onderzoeksgroepen die zich richten op verbetering van de fysieke scanners. Dit leidt tot een gat tussen theorie en praktijk, waardoor het moeilijk is om te schatten is of algoritmes die mooie resultaten geven op simulatiegegevens ook stand houden bij

gebruik van echte scandata. Om dit gat te dichten, hebben we op het CWI onlangs het Flex-ray-lab geopend. Hier koppelen we een unieke flexibele ct-scanner direct aan een flinke hoeveelheid rekenkracht.

Rotte plekjes

Waar commercieel gangbare ct-scanners vaak worden geoptimaliseerd voor één soort object, kan het Flex-ray-systeem heel veel verschillende soorten scans uitvoeren. Het apparaat is voorzien van tien motoren



Met de ct-scanner in het Flex-ray-lab zijn vingerafdrukken te vinden in honderden jaren oude cultuurschatten, waardoor is vast te stellen welke objecten aan dezelfde maker toebehoren.

die we elk kunnen aansturen met onze algoritmes. Zo kunnen we het scanproces nabootsen van allerlei in de praktijk gebruikte ct-systemen (*helical* en *multi-slice* medische ct, *cone-beam* ct, laminografie).

Conventionele ct-scanners berekenen en analyseren de beelden bovendien pas na afloop van de scan. Alle data is dan al opgenomen en de resolutie, die bepalend is voor de grootte van de details die zijn waar te nemen, ligt vast. Met de nieuwe Flex-ray-scanner is het voor het eerst mogelijk om al gedurende het scanproces realtime in drie dimensies binnen in objecten te kijken, en het systeem direct bij te sturen of in te laten zoomen als dat nodig is. Dit is een revolutionaire vooruitgang vergelijkbaar met de overgang van het ouderwetse filmrolletje naar digitale fotografie.

Het Flex-ray-systeem kan al tijdens de scan 3d beelden berekenen en analyseren en zo precies de interessante gebieden identificeren. Door het scanproces bij te sturen en in de juiste richtingen extra data op te nemen, kan het direct de resolutie van specifieke details verhogen. Zo kunnen we bijvoorbeeld van een stuk fruit eerst onderzoeken of er rotte plekjes zijn en vervolgens inzoomen om met 20 micron nauwkeurigheid te bekijken hoe de lokale structuur daar is aangetast.

3d beelden op hoge resolutie uitrekenen tijdens de scan stelt hoge eisen aan de efficiëntie van de algoritmes én aan de computersystemen waar de software op draait. De Flex-ray-scanner is gekoppeld aan een rekencluster met zestien grafische processoren die het aanwezige parallelisme in de berekeningen zo veel mogelijk uit-

buiten. Gpu's zijn uitermate geschikt voor ct-algoritmes, omdat de belangrijkste operaties (projecties van 3d objecten berekenen) heel gelijkaardig zijn aan wat moderne computergames doen bij 3d rendering. Daarnaast gebruiken we algoritmes die automatisch berekenen hoe het systeem de scannerdata moet opknippen in kleine brokken die efficiënt zijn te verdelen over de verschillende servers van het cluster.

Minder verspillend

De mogelijke toepassingsgebieden van de nieuwe scanner zijn zeer divers. Zo kunnen we de nieuwe technieken inzetten voor materiaalkundig onderzoek of medische beeldvorming, maar bijvoorbeeld ook voor onderzoek naar cultureel en natuurhistorisch erfgoed zoals beelden, schilderijen en fossielen. We hebben dan ook al samenwerkingsverbanden met het Rijksmuseum, het Palace Museum in Beijing en met Naturalis.

In al deze toepassingen is het relatief gemakkelijk om het buitenoppervlak in beeld te brengen, maar voegt ct de mogelijkheid toe om ook de interne structuur te bestuderen. Vaak gaat het dan om kleine details in grote objecten, zoals een vingerafdruk in een oud aardewerken beeld, waardoor zelfs van cultuurschatten die honderden jaren oud zijn nog is vast te stellen welke objecten aan dezelfde maker toebehoren.

Daarnaast zijn er veel industriële toepassingen, bijvoorbeeld op het gebied van kwaliteitscontrole. Een duurzame en efficiëntere kwaliteitscontrole is van groot belang voor de voedingsindustrie. Nu gebeurt die controle vaak pas achteraf en steekproefsgewijs, waardoor fouten in het productie-

proces niet meer zijn te corrigeren. Als er iets misgaat in de fabriek, kan dit pas veel later aan het licht komen, met alle risico's van dien. En om een stuk vlees of fruit van binnen te kunnen inspecteren, moet het worden opengesneden en is het niet meer bruikbaar voor consumptie.

Door al tijdens het proces binnen in objecten te kijken, wordt het mogelijk om realtime te reageren op afwijkingen. Ct-technieken die op hoge snelheid 3d beelden kunnen maken, zoals de Flex-ray-scanner die biedt, kunnen in elk individueel product de onvolkomenheden in kaart brengen. Dit verkleint de gezondheidsrisico's en maakt de productie minder onnodig verspillend.

Nieuwe generatie

Het Flex-ray-lab hebben we volledig met eigen middelen gefinancierd. De scanner hebben we ontwikkeld in samenwerking met het Vlaamse X Ray Engineering, een spinoff van de Universiteit Gent. Het apparaat bevat speciale detectortechnologie van onderzoeksinstituut Nikhef die het mogelijk maakt om kleurenbeelden op te nemen met röntgenstraling. Met deze technologie en de door het CWI ontwikkelde algoritmes kunnen we verschillende elementen (bijvoorbeeld koolstof of koper) lokaliseren binnen in een object. Nikhef-spinoff Amsterdam Scientific Instruments ontwikkelt hardware en software voor de spectrale detectoren.

Waar het opnameapparaat tot nu toe de dominante factor was in de technologie van 3d-scanners, wordt software ook hier steeds belangrijker. De grote uitdaging is om de enorme stroom van beelddata efficiënt te verwerken en op basis daarvan de scanner aan te sturen. Voor specifieke toepassingen werkt het CWI samen met industriële partners om de ervaringen opgedaan in het Flex-ray-lab praktisch in te zetten in een nieuwe generatie slimme ct-systemen die over enkele jaren beschikbaar komt.

Joost Batenburg leidt de Computational Imaging-groep van het Centrum Wiskunde & Informatica en is hoogleraar wiskunde aan de Universiteit Leiden. Robert van Liere is hoofdonderzoeker visualisatie en virtual reality bij het CWI en hoogleraar vr aan de TU Eindhoven.

Redactie Niek Roos