

Meer wiskunde en minder bloed in de operatiekamer

Het is niet prettig als je een operatie moet ondergaan, maar met de nieuwste technieken zijn patiënten weer snel op de been. Gerard Schouten, medewerker van Philips Healthcare, vertelt iets over de ontwikkelingen die dit mogelijk maken. Beeldbewerking – en dus ook wiskunde – speelt hierbij een belangrijke rol.



Bij de liften hangt een serie prachtige natuurfoto's van de hand van Gerard Schouten. De landschappen en vogels vertellen hun eigen verhaal. Ook zijn werk draait om beelden: röntgenbeelden in dit geval. De ontdekking ervan betekende een doorbraak in de medische diagnostiek, omdat het ineens mogelijk werd om, zonder te snijden, de mens van binnen te zien. Aanvankelijk werd dit vooral gebruikt voor het opsporen van botbreuken en granaatscherven, maar gaandeweg werd er steeds meer mogelijk.

Maatwerk technieken

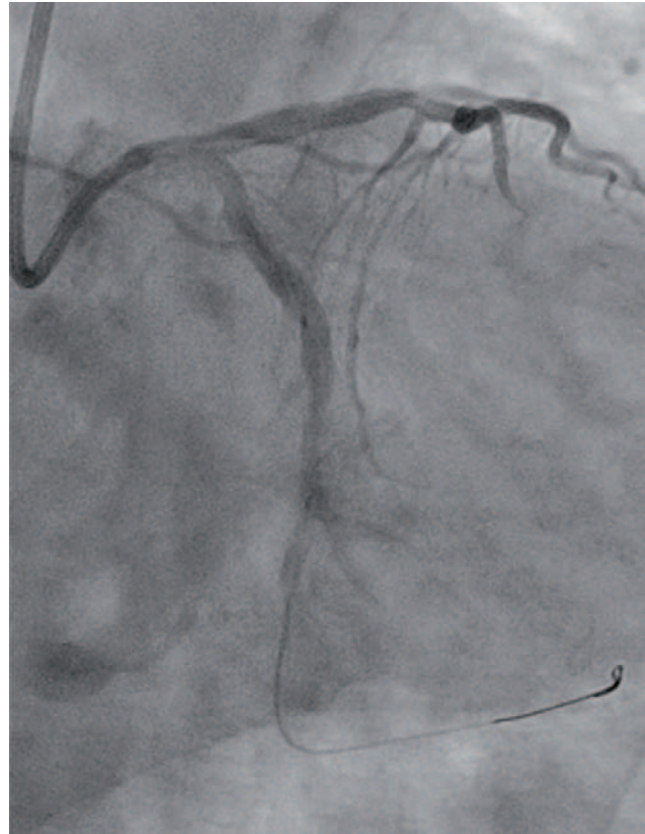
“Op dit moment”, vertelt Schouten, “worden röntgenbeelden gebruikt om zware operaties te vervangen door patiëntvriendelijke behandelingen die via katheters worden verricht.” Een katheter is een lang, dun, buigzaam buisje. Dit buisje wordt via de bloedvaten naar de plek van bestemming gemanoeuvreed: het hart, een dichtgeslibde ader, een verzwakte ader in de hersenen ... Vervolgens voert de arts via de katheter zijn behandeling uit zoals het verstevigen of verwijden van het bloedvat. Omdat er geen grote snijwonden nodig zijn – een klein sneetje in de arm of lies is genoeg – zijn patiënten snel weer op de been.

Een belangrijke voorwaarde is dat de arts voortdurend kan zien wat hij doet. Hiervoor ontwikkelt Philips Healthcare op maat gesneden beeldtechnieken. “Bij deze behandelingen wil je de katheter én de bloedbanen zien”, legt Schouten uit. “Zachte weefsels zoals bloed en bloedvaten absorberen weinig röntgenstraling en zijn niet goed zichtbaar op een röntgenbeeld. Door contrastvloeistof aan het bloed toe te voegen, wordt er meer straling geabsorbeerd en kun je, als de contrastvloeistof passeert, het bloedvat goed zien.” Om dit de hele operatie zo te houden, zou je de patiënt voortdurend met contrastvloeistof moeten injecteren en bloot moeten stellen aan röntgenstraling. Helaas is dat niet mogelijk: de contrastvloeistof en röntgenstraling hebben ook schadelijke eigenschappen en je wilt dus de dosis zoveel mogelijk beperken. Om dit te bereiken wordt een breed scala technieken ingezet.

Voortdurend nieuwe algoritmes

Wiskunde maakt het mogelijk om het aantal röntgenopnames tijdens een operatie drastisch te beperken. “Tijdens de operatie gebruiken we twee soorten röntgenbeelden”, licht Schouten toe. “We maken exposure-beelden – met contrastvloeistof en wat meer straling – waarop de bloedvaten goed zichtbaar zijn, en fluorobeelden – met zo min mogelijk straling – waarin nog net voldoende informatie zit. Wat je wilt, is zo min mogelijk contrastvloeistof gebruiken en een aanvaardbare dosis straling. Om dit voor elkaar te krijgen proberen we hetzelfde exposure-beeld te hergebruiken en zo lang mogelijk met nieuwe lage-dosis-fluorobeelden te combineren.” Daar zitten natuurlijk haken en ogen aan. Zolang de patiënt stilligt, zullen de bloedvaten zich niet of nauwelijks verplaatsen en kun je een exposure-beeld lang hergebruiken. In de buurt van het hart echter zijn de bloedvaten, door de ademhaling en het hartritme, voortdurend in beweging. Hier wordt eerst een reeks exposure-beelden gemaakt van een ademhalingscyclus. Daarmee worden de hartbeweging, een sinus met $T \approx 1$ s, en de ademhaling, een sinus met $T \approx 5$ s, gekoppeld aan de plaats van de bloedvaten. Je kunt zo berekenen waar een bloedvat op welk tijdstip tijdens de ademhalingscyclus zit. Deze kennis kun je nog combineren met beeldherkenningsalgoritmes, die in de exposure- en fluorobeelden vergelijkbare vormen opsporen en eventueel nog een correctie maken voor de precieze plaats.

► *Lees verder op volgende pagina.*



Opname van een bloedvat met een katheter, voor (links) en na (rechts) verbetering van de beeldkwaliteit. Het rechterbeeld biedt de arts tijdens de operatie meer kijkcomfort.

Om de beweging van de katheter te kunnen volgen zijn er veel fluorobeelden nodig. Als je dus bij een fluorobeeld op röntgenstraling kunt besparen, levert dat meteen een flinke winst. Weinig straling geeft echter beelden met een laag contrast die bovendien veel ruis bevatten. “De katheters die artsen gebruiken zijn heel erg dun”, legt Schouten uit. “Als je pech hebt, verdwijnt het beeld ervan in de ruis.” Nu kun je ruis prima onderdrukken door beelden te middelen, maar dat werkt alleen als er intussen niets verandert. Voor een bewegende katheter kun je dus niet alleen middelen. “Daarom maken we gebruik van multiscale-analyse”, aldus Schouten. “Hierbij wordt een beeld opgeknipt in een aantal frequentiebanden waarin verbanden worden gezocht. Zo kun je structuren uit het beeld ‘zeven’, van grof tot fijn. Waar geen interessante structuren zitten, kun je de ruis er zonder meer uit middelen. Op de andere plaatsen gebruiken we verfijndere algoritmes.”

Extra uitdaging

Al met al gebruiken Schouten en zijn collega's tientallen algoritmes met een paar honderd parameters. Dit levert een extra uitdaging: “Voor een goede oog-hand-coördinatie moet de arts meteen zien wat hij doet. Daarom onderzoekt een van onze groepen hoe je de beelden realtime kunt weergeven. Hier wordt wiskunde gebruikt om bijvoorbeeld te onderzoeken of je een sinus mag vervangen door een termenreeks waarmee je sneller kunt rekenen. Je moet dan inschatten of de afrondingsfouten die je introduceert wel aanvaardbaar zijn. Door nieuwe algoritmes te ontwikkelen en te optimaliseren, kun je grenzen steeds verder verleggen. Dat is zo leuk aan mijn werk.”