als je het exact wilt weten

nwt

natuur-
wetenschap
& techniek

BC4
TU/e technische universiteit eindhoven
Bibliotheek

Emotierobots
Machines met gevoel

Oude kwaal
Is ouderdom te genezen?

www.nwtonline.nl jaargang 76 • nummer 2 • februari 2008

De zaak statines

Waarom één miljoen Nederlanders en Belgen tevergeefs hun cholesterol verlagen

februari • losse nummers € 7,45

02>

8 710966 285305

Steeds meer ontwerpers zijn het erover eens: machines die emoties herkennen en er zelfs enig gevoelsleven op nahouden, worden de volgende grote slag in de omgang tussen mens en machine. Maak kennis met de bange stofzuiger, het trotse tosti-apparaat en de robotkat die dood wil.

Emotiemachines in opmars

Tosti-ijzer *lacht*, stof-zuiger *huilt*

BIJ BEDRIJVEN ALS Sony en Philips is het toekomstbeeld al zo vaak verteld, dat het bijna een cliché is geworden. Een man komt opgewekt thuis van zijn werk. Zojuist heeft hij promotie gekregen; hij glimlacht van oor tot oor. Zodra hij de deur opent, herkennen sensoren zijn grote glimlach. De huiscomputer reageert direct: fel gekleurde lichten gaan aan, vrolijke muziek klinkt uit de stereo. Een glinsterende huishoudrobot serveert een biertje en vraagt of alles naar wens is.
Toch is dat nog steeds zoals hoogleraar informatica en oudhoogleraar cognitiewetenschap Donald Norman de nabije toekomst ziet. "Robots lezen direct bij binnenkomst de emotie van je gezicht af en spelen daarop in", zegt Norman per telefoon vanuit Illinois. "Als iemand blij is, heeft hij zin in een feestje, dus kan er swingende muziek worden ingezet. Maar als die man de promotie net was misgelopen, keek hij waarschijnlijk sip. Dan waren de lampen gedempt en klonk er troostende muziek."
Vanaf de jaren vijftig mijmeren robotspecialisten en sciencefiction-schrijvers over Normans visioen. Tekenfilms als de Jetsons – met huisrobot Rosie – gaven een voorproefje. Blikken Rosie deed de afwas, zette de sloffen klaar en wist vaak ook feilloos de stemming van haar bazen te doorgronden. Maar ondanks de vele voorspellingen, is het nog altijd niet zo ver dat mensachtige robots ons de emoties van het gezicht aflezen om ons op maat te bedienen. "De ontwikkeling van emotieherkenning gaat veel minder snel dan velen hadden gedacht", erkent dr Leon Rothkrantz van

Foto **Christoph Bartneck/TU Eindhoven**

de afdeling mens-machine-interactie van de TU Delft. Rosie zeemt, stoft en kwebbelt nog steeds niet tegelijkertijd.
Toch zijn veel informatici, roboticaspecialisten en industrieel-ontwerpers er nog altijd heilig van overtuigd dat een toekomst van emotie-lezende, dienstbare apparaten niet ver weg is (zie ook: *'Robots zonder pokerface', NWT december 2002*). Wanneer het precies zo ver zal zijn, durven ze er niet meer goed bij te zeggen. Daarvoor is de voortgang van het onderzoek al te vaak gestokt. Toch: gaande zijn de ontwikkelingen wel. Zo onderhand beginnen ze zelfs hun eerste, vroege vruchten af te werpen.

Goede grap Computerprogramma's voor emotieherkenning kijken vooral naar de houding van iemands gezicht. Krullen de mondhoeken bijvoorbeeld omhoog? Dan wordt er gelachen. Gaan ze naar beneden? Dan is er een grote kans dat iemand boos bedroefd is. Wanneer wenkbrauwen dichter op de ogen komen te staan, is iemand kwaad. Staan ze hoger op het gezicht, dan is de persoon in kwestie verrast. "Of heel erg bang", zegt Rothkrantz. "Gek genoeg lijken die uitdrukkingen heel veel op elkaar. Mensen kunnen angst en verrassing makkelijk bij andere mensen onderscheiden, omdat de reactie altijd contextgebonden is, maar een robot kan dat nog niet."
Daar beginnen de problemen al. Bij emotieherkenning gaat het onderzoek doorgaans uit van de zes basisemoties die de Amerikaanse psycholoog Paul Ekman heeft omschreven: woede, afkeer, angst, blijdschap, verdriet en verrassing. Maar menselijke gezichten laten meestal geen pure emoties zien, maar een mix van emoties – zogeheten blended emotions. "Als ik bijvoorbeeld lach en tegelijkertijd praat, levert dat al problemen op. Als ik grijns en zeg: 'dat was een goede grap', dan falen alle systemen," legt Rothkrantz uit.
Rothkrantz test al jarenlang emotieherkennende software op proefpersonen. Zo ontwikkelde zijn groep een geavanceerd systeem voor emotieherkenning, Isfer (Integrated System for Facial Expression Recognition). Dat probeert de valkuilen van de emotieherkenning te omzeilen door naar een grote hoeveelheid variabelen tegelijkertijd te kijken, zoals de contouren van een gezicht, de houding van de wenkbrauwen, de positie van de mondhoeken en de grootte van de pupillen. Na omrekening vergelijkt het programma die waarnemingen met zijn gegevensbank, waarin eerdere combinaties zijn opgeslagen. Hoge wenkbrauwen en gekrulde mondhoeken samen betekenen dan bijvoorbeeld een verraste glimlach.
Lange tijd nam men aan dat als dit soort programma's gezichten eenmaal goed kunnen aflezen, emotieherkenning snel toepasbaar zou zijn om de omgang tussen mensen en machines te verbeteren. Die gedachte is op zich niet vreemd. Uit onderzoek blijkt dat mensen in de dagelijkse omgang vooral letten op de gezichtsuitdrukking van hun gesprekspartners. De gelaatsuitdrukking bepaalt zelfs voor 55 procent hoe een boodschap overkomt, blijkt uit psychologisch onderzoek. Stembuigingen, volume en spreeksnelheid dragen 38 procent bij, en de woordkeus is verrassend genoeg hekkensluiter, met slechts 7 procent bijdrage.
Omdat gezichtherkenning zoveel lastiger blijkt dan gedacht, hebben onderzoekers de grenzen de afgelopen jaren verruimd. Emotieherkenning in spraak is een welkome aanvulling in de emotieherkennende computersystemen, meent ook Rothkrantz. Daarom werkt hij momenteel aan grote databases met duizenden woorden die een positief of een negatief label opgeplakt krijgen. "Het kost zeer veel tijd om ze te maken, daar zijn we nog wel jaren mee bezig. En zelfs dan blijven er ook hier knelpunten bestaan, omdat veel mensen niet uiten hoe ze zich voelen. Denk aan stewardessen. Die glimlachen altijd, maar ze zijn natuurlijk niet voortdurend blij. Ook dat moet een systeem leren begrijpen. Iemand kan ook tegelijkertijd boos en angstig zijn. Robots en andere apparaten kunnen de finesses van onze emoties heel moeilijk doorgronden."
"Daarnaast moeten robots ook de betekenis van woorden weten te doorgronden", vult Christoph Bartneck van de faculteit industrieel ontwerp aan de TU Eindhoven aan. "Als ik honger heb en dat tegen een huisrobot zeg, dan moet een robot weten dat ik bijvoorbeeld graag een banaan wil eten. Hij moet weten dat een banaan dan betekenis heeft voor mij. Voor ons is dat logisch, maar in een robot moet je dat allemaal voorprogrammeren. Dat maakt het zo ingewikkeld."

Agressief Intussen staan de eerste praktische toepassingen op het punt om op te duiken in de dagelijkse praktijk. Zo werkt Rothkrantz samen met de Nederlandse Spoorwegen om emotieherkenning in te zetten in het openbaar vervoer. In 2006 voerde hij daartoe een reeks experimenten uit op de beruchte stadslijn van Zoetermeer. "Daar durven veel mensen niet meer met het openbaar vervoer te reizen, omdat er zoveel geweld wordt gebruikt. In de treinen hangen camera's. Als er iets gebeurt, wordt dat wel geregistreerd, maar men kan natuurlijk pas achteraf de opnamen bekijken. Dan is het al te laat. Veel beter is het als slimme camera's agressief gedrag direct herkennen, zodat ze alarm kunnen slaan."
Dergelijke camera's baseren zich daarbij eveneens op een optelsom van waarnemingen. "De microfoon herkent agressieve woorden of de toon waarop iets wordt gezegd. Een geursensor kan brandjes of giftige stoffen identificeren. De camera kan slaande bewegingen, angstige en kwade gezichten herkennen. Zelfs als iemand zijn gezicht bedekt, moet uit zijn gedrag en wat hij of zij zegt door het systeem zijn op te maken of iemand zich agressief gedraagt. Met het zogeheten *gaze tracking* kunnen we zelfs nagaan waarnaar iemand kijkt, bijvoorbeeld naar de koffer van de buurman. Dit zou veel misdaden kunnen voorkomen, doordat politieagenten direct naar de plek des onheil snellen."
Afgelopen lente testte Rothkrantz het

• **eMuu, de fantasievolle voorloper van de emotierobot iCat.**

• Robotstofzuigers: nu nog dom en gevoelloos, op een dag voorzien van claustrofobie en met hoogtevrees?

systeem nogmaals, ditmaal in een leegstaand treinstel in Amsterdam. Acteurs speelden daar vervelende passagiers die een moeder met kind, medereizigers en een conducteur lastigvielen. De scenario's die ze speelden werden in alle gevallen herkend door de computer. Met als beperking dat de acteurs zich wél aan het scenario moesten houden. "Hooligans worden door het systeem bijvoorbeeld herkend als mensen met vlaggen die hard liederen zingen en zich agressief gedragen", vertelt Rothkrantz. "Maar als een hooligan geen vlag bij zich heeft, niet gaat zingen en zich in eerste instantie nog rustig gedraagt, dan heeft het systeem nog niet door dat het een hooligan is. Daarop is het systeem nog niet getraind."
Real-time emotieherkennende camera's kijken naar de verandering in gezichtspieren. De camera detecteert eerst het gezicht – een techniek die tegenwoordig ook op sommige digitale camera's zit – en kijkt daarna naar de referentiepunten op het gezicht, zoals de wenkbrauwen, mondhoeken en ogen. Vervolgens volgt het systeem de ontwikkeling van deze punten: opgaand, neergaand, het hoogste punt. "Steeds meer gezichtspunten worden zo herkend", zegt Rothkrantz. Maar het blijft een lastige puzzel. Hoe meer stukjes Rothkrantz kan invullen, des te gemakkelijker het wordt om het geheel in elkaar te zetten.
De uitvoering van emotieherkenning mag dermate lastig blijken, de mogelijkheden ervoor zijn talrijk. In Amerika werken onderzoekers van het Massachusetts Institute of Technology (MIT) aan eenzelfde soort onderzoek als Rothkrantz. Eind vorig jaar brachten ze *RoCo* op de markt: een robotcomputerscherm dat met behulp van een camera de emoties van de gebruiker in de gaten houdt. Als iemand te ver achterover zakt, corrigeert RoCo die houding, door de monitor naar achteren te bewegen. De gebruiker moet dan wel rechtop gaan zitten, om nog wat op het beeldscherm te kunnen zien. Dankzij RoCo, zo beloven de makers, werken mensen veel effectiever. Het beeldscherm houdt de werknemer bij de les. De monitor gaat er van uit dat wie in een goede bui is, rechtop zit.

Rode pumps Voor reclamemakers is emotieherkenning natuurlijk een Walhalla. Eindelijk kunnen ze nagaan hoe op hun billboards wordt gereageerd. Voor hen wordt onder meer Eyebox 2 ontwikkeld, door de aan de Canadese Queen's University werkzame ▶

Foto **Philips**

• iCat laat emoties zien.

Nederlander Roel Vertegaal. Dit apparaat, dat eruitziet als een diaprojector, registreert oogbewegingen met een 1,3 megapixel camera. Zo kan hij vastleggen waar iemand naar kijkt. Winkeliers kunnen daardoor nagaan naar welke waar passanten het meest kijken in de etalage, en of mensen wel naar billboards langs de weg kijken. De Eyebox 2 houdt ook bij hoe lang consumenten naar een bepaald object kijken – wat weer belangrijke verkoop- en marketinginformatie oplevert.
Winkelketens laten ondertussen ook onderzoeken hoe ze via gezichtherkenning hun producten kunnen aanprijzen. "Als een vrouw haar oog laat vallen op rode pumps, dan kunnen schoenen feller worden uitgelicht in de etalage", zegt Rothkrantz. "In de winkels zullen robots staan die inschatten of iemand snel een boodschap wil doen, of liever lang rondneust. In dat laatste geval kan de robot een kopje koffie aanbieden, maar dat zou in het eerste geval ongepast zijn. Dat klinkt misschien futuristisch, maar dat wordt zeker de realiteit."
Steven Spielbergs sciencefictionfilm *Minority Report* komt daardoor wel erg dichtbij. Hoofdrolspeler Tom Cruise loopt in die film door een winkelcentrum. Producten van zijn voorkeur worden extra uitgelicht en vertoond bij zijn favoriete muziek, en hij krijgt reisjes aangeboden naar zijn favoriete bestemmingen.
Toch is het ook de vraag in hoeverre de wereld hierop zit te wachten. Want om dit toekomstbeeld te realiseren, moeten overal camera's hangen. Willen we deze versie van 1984 wel? "Soms heb ik wel het gevoel dat ik meewerk aan de realisatie van 1984", zegt Rothkrantz. "Tegelijkertijd weet ik dat we heel veel goede dingen met deze techniek kunnen doen, zoals agressiedetectie. We moeten heel erg zorgvuldig met deze techniek omgaan en voortdurend de vraag stellen wat we willen."
Dezelfde techniek zou bijvoorbeeld wel goed kunnen werken in ziekenhuizen, meent Rothkrantz. "Een slimme camera registreert dan bijvoorbeeld dat iemand uit bed is gevallen en kan alarm slaan. Of een camera ziet dat een gezicht betrekt door een beroerte of hartaanval. Ook in huis zou dat werken. Denk aan een kinderspiegel, die controleert of kinderen wel twee minuten hun tanden poetsen. Ondertussen kan de spiegel tekenfilmpjes tonen."
Een probleem met emotieherkenning is dat veel mensen vervelend gaan doen, zodra ze weten dat hun emoties worden gelezen. "Veel mensen gaan vloeken als ze robots zien die emoties herkennen. Ze willen zien hoe een robot op schunnige taal reageert", zegt Bartneck. "30 Procent van de mensen misbruikt zogenoemde *embodied conversational agents* – geanimeerde karakters die met mensen converseren in gesproken of geschreven taal. Meestal worden er vieze woorden opgeschreven of gezegd. Mensen zijn dan net kleine kinderen. Ze proberen uit hoe ver ze kunnen gaan."
Op de stations Eindhoven en Utrecht Centraal liep om ongeveer dezelfde reden in 2006 een proef met een computerscherm dat treinadvies gaf op niets uit. "Er werd amper echt gebruik van gemaakt", zegt Rothkrantz. "De computer zag of iemand haast had en snel een advies wilde of dat de reiziger in kwestie alle tijd had en alleen wat informatie zocht. Voor een simpele reis kun je deze techniek, met spraak- en emotieherkenning, prima inzetten. Maar er was geen animo voor. Mensen belden toch liever met de spoorwegen om reisinformatie te krijgen. Ze stelden vraagtekens bij de betrouwbaarheid van het robotscherm." Verdere plannen met het beeldscherm werden daardoor in de ijskast gezet.

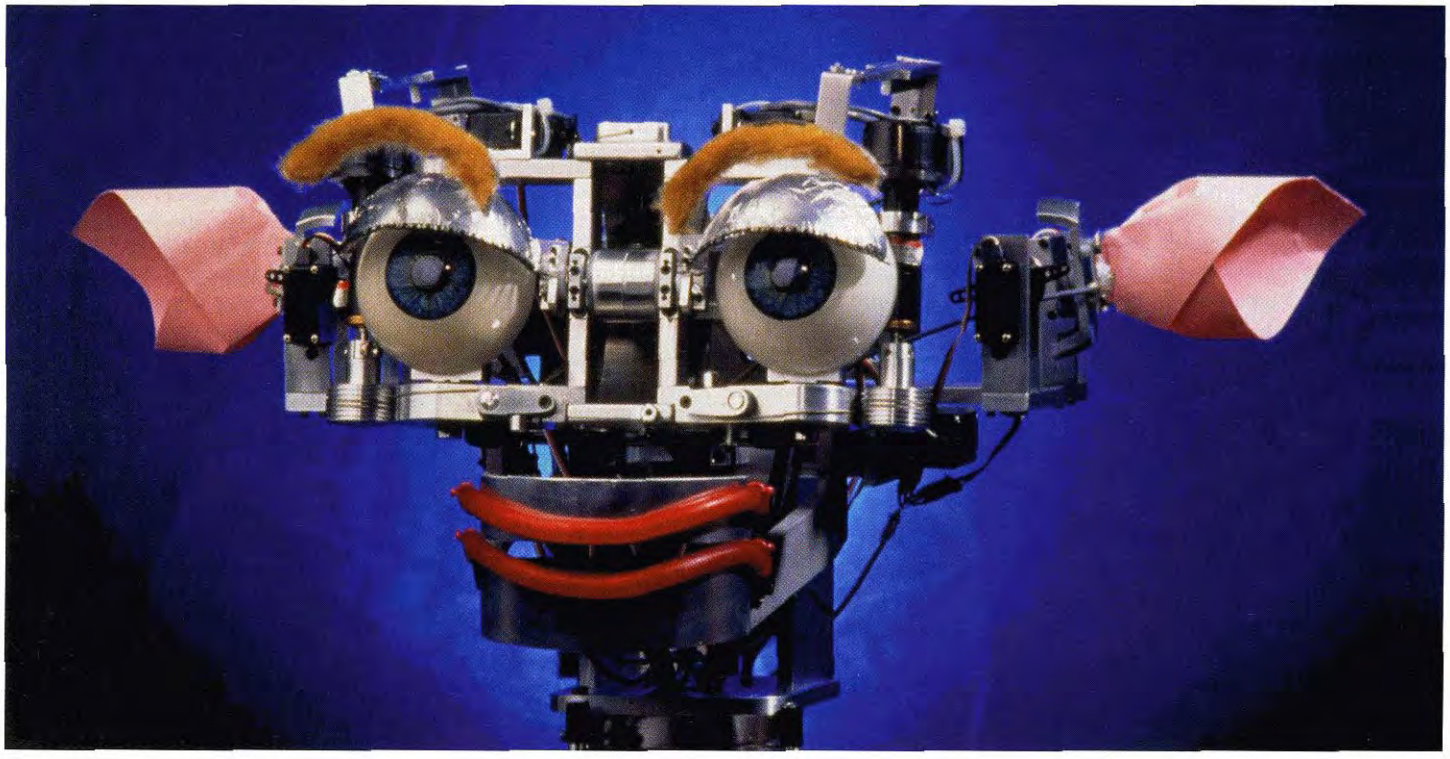
Stofzuiger Hoewel emotieherkenning zeer lastig is, denken sommige roboticaspecialisten ook al een stap verder. Informaticagoeroe Donald Norman publiceerde de bestseller *Emotional Design* (2004), waarin hij onder meer pleit voor robots die zelf emoties hebben. "We willen allemaal dat robots intelligenter worden", zegt Norman desgevraagd. "Daarvoor is het noodzakelijk dat ze ook robotemoties hebben. Dat is wat anders dan menselijke emoties, maar ze zijn vergelijkbaar." Bij mensen is het inzicht immers ook dat we over emoties beschikken om snel en adequaat op de buitenwereld te kunnen reageren (*zie ook: 'Breingeheimen', NWT november 2007*). "Zonder emoties begrijpen apparaten niets van de wereld om hen heen", beseft Norman. "Emoties zorgen ervoor dat ze kunnen bepalen wat goed en slecht is. Het bepaalt hoe ze in de wereld staan."
Norman noemt als voorbeeld een stofzuiger met hoogtevrees. "Niemand wil dat zijn dure robotstofzuiger zomaar de trap af dondert. Als je ervoor zorgt dat het ding hoogtevrees heeft, gebeurt dat ook niet. Een stofzui-

ger kan ook aangeven dat hij het moeilijk heeft om een bepaald hoekje te zuigen. Als hij vast komt te zitten, kan hij om hulp roepen." Waarvoor de stofzuiger behalve over hoogtevrees dus eigenlijk ook over claustrofobie moet beschikken. "Een ander voorbeeld is een trots tosti-ijzer. Dat een apparaat trots is op wat hij doet, is heel belangrijk. Dan probeert hij namelijk het beste van het beste te maken. Als een tosti niet goed gelukt is, kan het tosti-ijzer afraden de tosti op te eten en voorstellen om een betere te maken. Mensen leren heel veel van hun fouten. Als een apparaat ook van zijn fouten kan leren, werkt hij veel effectiever."
Bartneck is het roerend met Norman eens. "Je kunt niet níet communiceren met apparaten", zegt hij. "Zelfs als je een apparaat ontwerpt dat geen emoties heeft, denken mensen nog steeds dat het emoties heeft." Denk maar aan het dagelijks taalgebruik: de auto wil niet starten, de computer heeft er geen zin in. Norman vult hem aan: "De mens is een sociaal dier. We communiceren en begrijpen elkaar dankzij emoties."
Christoph Bartneck is een van de pioniers op het gebied van emotierobots. Tijdens zijn promotieonderzoek, van 2000 tot 2002, werkte hij voor Philips. "Daar ontwikkelde ik een interface waarmee mensen bijvoorbeeld licht en muziek regelen. Als je daarvoor geen robot maakt, praten mensen tegen de muur. 'Ik wil romantisch licht,' roept iemand dan. Maar of dat bevel wordt opgevolgd, weet je pas als de lampen verspringen. Het kan zijn dat er een probleem is, maar dat kan een stille interface niet aangeven. Maar met een emorobot kun je communiceren. Dan slaat het ook ergens op dat je zegt 'licht aan', want je praat tegen een robot."
Daarom bedacht Bartneck eMuu, een guitig fantasiedier dat bestaat uit een lichtblauwe kop, een oog met een dikke zwarte wenkbrauw en een felrode lip. Het ding heeft nog het meeste weg van een aandoenlijk buitenaards wezen. "Bij het testen werd duidelijk dat mensen de communicatie met eMuu heel erg waardeerden." Die communicatie bestond overigens vooral uit korte commando's: geef me romantisch licht, zet die-en-die cd op. "Ik bedacht een fantasiedier, omdat we de weergave van emoties nog niet zo goed onder de knie hadden. Als een buitenaards wezen niet goed begrijpt wat je bedoelt of een onduidelijk antwoord geeft op een vraag, vinden mensen dat niet zo vervelend."
De opvolger van eMuu bij Philips is de iCat. Philips is samen met Sony een van de bedrijven die gelooft dat emotierobots het huiselijk leven in de toekomst zullen bepalen. De iCat heeft een parmantige gele kop met twee grote ogen, wenkbrauwen en twee volle lippen. "Mensen communiceren graag met de iCat", zegt onderzoeker Bernt Meerbeek van Philips. "Communiceren met hem is heel gemakkelijk. Je hoeft alleen maar te zeggen wat je wilt en hij geeft antwoord. Als hij het niet begrepen heeft, stelt hij een vraag of kijkt hij vertwijfeld."
Het gezaghebbende Amerikaanse tijdschrift *Time* bombardeerde de iCat tot een van de beste uitvindingen van 2005. Wereldwijd werd enthousiast gereageerd op de robotkat. Toch wordt de iCat niet op de markt gebracht, benadrukt Meerbeek. "Wij gebruiken hem alleen als onderzoeksplatform. Wat waarderen mensen aan de iCat, wat niet?" Zonde van de gratis reclame? Nee: Philips ziet de gele robotkat als opmaat van een ander product, dat nog in ontwikkeling is. Wat voor product, is voorlopig nog een goed bewaard geheim.

"Soms heb ik wel het gevoel dat ik meewerk aan de realisatie van 1984"

Dammen Een van de tests met de iCat leverde opmerkelijke resultaten op. "We hebben mensen een zeer formele, zakelijke kat voorgezet. Die werd heel slecht ontvangen. Daarna lieten we een joviale, extraverte iCat zien. Mensen vonden dat ze meer controle hadden over die kat, terwijl de katten precies hetzelfde konden doen. Dat verbaasde mij. Blijkbaar luisteren mensen eerder naar iemand met een persoonlijkheid."
Volgens Meerbeek, Norman, Bartneck en ▶

Foto SPL/ANP

Rothkrantz willen mensen de baas zijn over hun robot. "Onze iCat wordt ook gebruikt om met ouderen te dammen", zegt Meerbeek. Daarbij werd de vriendelijke iCat gebruikt: het robotdier maakte bijvoorbeeld opmerken als 'goede zet'of 'je hebt me in de tang' en trok een vrolijk gezicht als men hem complimenteerde. "Als een senior geen zin meer heeft om te spelen en dat tegen de iCat zegt, kan dat ding de oudere niet tegenspreken. Stel dat de iCat zegt: ik wil wél doorspelen, ga zitten. Dan valt dat helemaal verkeerd."
Ook Leon Rothkrantz deed vorig jaar een uitgebreide proef met ouderen. Hij introduceerde emorobots in een bejaardentehuis. "Het tehuis wilde camera's in de kamers installeren, voor de veiligheid van de bewoners. Maar niemand wilde die dingen in de slaapkamer hebben. Alle bejaarden krijgen wel een noodknop, die ze om hun nek moeten hangen, maar vaak vergeten ze die. Daarom introduceerden we het hondje Aibo van Sony. Daarin zit een camera die beelden doorstuurt naar de centrale. Als een bejaarde omvalt, dan herkent Aibo dat en schakelt hij de verplegers in. Als een oudere bijvoorbeeld vastzit op het toilet, kan hij of zij om hulp vragen. Als Aibo dat hoort, slaat hij alarm."
Die test was een groot succes, meent Rothkrantz. "Vrijwel iedereen wilde hem houden", zegt hij. "Vooral bij vrouwen was Aibo populair. Die waren er gek op."
Dat biedt perspectieven, vindt hij. "Veel bejaarden waardeerden het vooral dat Aibo emoties had. Hij kan kwispelen en blaffen. Daardoor zagen ze hem echt als een speelkameraadje. Ze spraken honderduit tegen het beestje en hij kon, zij het beperkt, terugpraten. We vertelden er altijd bij dat hij ook een camera was en opnamen van ze maakte voor hun veiligheid. Maar veel bejaarden geloofden dat niet. Ze zeiden: 'dat doet Aibo niet hoor, het is een brave hond'. Zoveel invloed hebben emotierobots. Een gewone camera kwam er absoluut niet in, maar de schattige robothond wel."
Daarmee werd volgens de onderzoekers een belangrijk taboe doorbroken. Namelijk dat mensen bang zouden zijn voor robots met emoties. "De afgelopen jaren is de angst voor robots aanzienlijk afgenomen", meent ook Bernt Meerbeek. "Vroeger zagen mensen robots alleen in films als *Robocop* en *The Terminator* of in grote fabrieken. Nu zijn er steeds meer robots in onze directe omgeving." Norman beaamt: "Blijkbaar vinden mensen robots een stuk minder eng als ze op mensen lijken en zich net als ons gedragen – en dus emoties hebben. Robocop en The Terminator waren juist zo angstaanjagend omdat ze geen emoties hadden."
Hoezeer mensen zich hechten aan robots met emoties laat een onderzoekje van Bartneck zien. Hij liet proefpersonen tien minuten met de iCat praten. Over ditjes en datjes: iCat stelde wat algemene vragen, de proefpersoon antwoordde. Daarna vroeg de iCat of de proefpersoon hem wilde uitschakelen. "Daarmee vroeg hij dus eigenlijk om hem te vermoorden. Ik testte hoe lang het duurde voordat mensen op het uit-knopje drukten. Dat duurde in veel gevallen vrij lang. Soms wel meer dan dertig seconden." In de tussentijd moedigde i-Cat de proefpersonen aan: Please turn me off, waarom zet je me niet uit? "Mensen denken dat het verkeerd is om een machine met emoties uit te zetten. Ze identificeren zich met de robot en denken dat het ding echt leeft, omdat hij emoties heeft. Dat is een belangrijke les voor de ontwikkeling van de robotica."

• Kismet, de 'oer-emotierobot' van het Massachusetts Institute of Technology. De robot – eigenlijk alleen maar een kop – was een van de eerste testplatforms voor gelaatsuitdrukkingen bij robots.