



Multimedia
door een sleutelgat

Peter Werkhoven



FACULTEIT DER NATUURWETENSCHAPPEN, WISKUNDE EN INFORMATICA

Multimedia door een sleutelgat

Vossiuspers UvA is een imprint van Amsterdam University Press.

Deze uitgave is totstandgekomen onder auspiciën van de Universiteit van Amsterdam.

Omslag: Colorscan, Voorhout

Opmaak: JAPES, Amsterdam

Foto omslag: Carmen Freudenthal, Amsterdam

ISBN 90 5629 277 3

© Vossiuspers UvA, Amsterdam, 2003

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16B Auteurswet 1912^o het Besluit van 20 juni 1974, St.b. 351, zoals gewijzigd bij het Besluit van 23 augustus 1985, St.b. 471 en artikel 17 Auteurswet 1912, dient men de daarvoor wettelijk verschuldigde vergoedingen te voldoen aan de Stichting Reprorecht (Postbus 882, 1180 AW Amstelveen). Voor het overnemen van gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers en andere compilatiewerken (artikel 16 Auteurswet 1912) dient men zich tot de uitgever te wenden.

Multimedia door een sleutelgat

Rede

uitgesproken bij de aanvaarding van het ambt
van bijzonder hoogleraar Multimedia Interactie
aan het Informatica Instituut van de Universiteit van Amsterdam
op vrijdag 17 januari 2003

door

Peter Werkhoven

 VOSSIUSPERS UVA

*Mijnheer de Rector Magnificus,
Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire gemeenschap,
Zeer gewaardeerde aanwezigen,
Dames en heren,*

Het bijzondere van taal is dat mensen lang met elkaar kunnen praten en zelfs consensus kunnen bereiken op basis van woorden waarvan de definitie niet te geven is, sterker nog, waarvan de betekenis voor iedereen anders is. Het woord 'multimedia' is er zo een. Het woord 'interactie' ook. Tezamen vormen zij de titel van mijn leerstoel Multimedia Interactie. Dit biedt mij de speelruimte voor deze rede.

Mijn kernboodschap is dat computers zich zullen ontwikkelen tot multimediale ervaringsmachines, een ontwikkeling die ongekende wetenschappelijke uitdagingen kent. Machines die onze waarnemingen registreren, opslaan en er betekenis aan kunnen toekennen. Machines die ons deze ervaringen laten herbeleven, virtueel laten delen met anderen en ons als een persoonlijk multimediaal geheugen ondersteunen in onze dagelijkse activiteiten. Deze vergaande symbiose tussen mens en machine zal een verandering brengen in hoe wij onszelf en de maatschappij ervaren. Ik wil u deze kernboodschap graag laten ervaren door samen met mij door het sleutelgat van de toekomst te kijken.

Van informatie naar ervaring

In april vorig jaar ontdekte een Braziliaans expeditieteam diep in het Amazonegebied van Brazilië de Tsohon-djapa stam – een sociale tijdschapsule die nog niet eerder in aanraking was geweest met onze wereld. De stam is van oorsprong een jagersvolk waarbij ervaring en kennis werd doorgegeven in de vorm van spirituele stammythes: verhalen die werden verteld en verbeeld met stem, emotie, gezicht en ge-

baar. Het jagersvolk was zich niet bewust van de elektromagnetische signalen van satellieten en zendmasten die zich langs en door hun hoofd voortplantten ten gevolge van het hectische informatieverkeer in de wereld om hen heen.

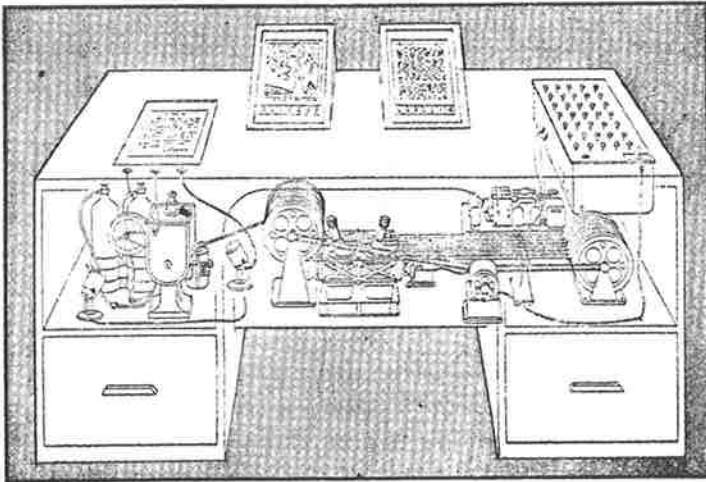
Onze wereld loopt in maatschappelijke zin drie generaties voor op de Tsohondjapa. Wij hebben de door opportunisme gekenmerkte jagersmaatschappij achter ons gelaten, hebben 10.000 jaar geleden bij het ontstaan van de agrarische maatschappij leren plannen en investeren, hebben 200 jaar geleden in de industriële maatschappij onze spierkracht verruild voor machines en zijn sinds twintig jaar in de huidige informatiemaatschappij onze zintuiglijke en hersenactiviteiten deels gaan uitbesteden aan computersystemen. In het technische en rationele denken van onze huidige informatiemaatschappij is de waarde van het verhalende minder geworden.

Een vraag waar veel sociologen en futurologen zich mee bezighouden is wat de volgende fase zal zijn in de maatschappelijke evolutie. Jensen (1999) beschrijft in zijn visie over marktontwikkelingen in de eenentwintigste eeuw de volgende maatschappij als 'de droommaatschappij'. Pine & Gilmore (1991) zitten op dezelfde lijn en hebben het over de 'belevingseconomie' als volgende fase. Na de goederen-, product- en service-economie zullen wij gaan betalen voor de ervaring. Er zal emotie, beeld en gevoel worden toegevoegd aan producten en informatie.

Mijn stelling is dat juist de door netwerken verbonden multimediale computers, die de afstand tot onze jagende voorvaderen zo groot leken te maken, in de nabije toekomst de mogelijkheden bieden om weer opnieuw het verhaal in beeld, geluid, tast en geur te vertellen, gericht op het overdragen van ervaringen. Het betreft hier de ontwikkeling van computers als *sensory transducers*, ofwel perceptuele ervaringsmachines. Daarmee keert de mens weer terug naar de oorspronkelijke communicatievorm van onze jagende voorvaderen, zij het dat de huidige communicatieruimte van mensen is vergroot tot de gehele wereld via elektronische netwerken.

De mens stapt in de computer

De visionaire weg naar ervaringsmachines werd halverwege vorige eeuw ingezet door de Amerikaan Vannevar Bush. Bush toonde een markant visionair vermogen op het gebied van mens-computer-interactie, een vermogen dat zich niet merkbaar lijkt te hebben voortgezet in latere presidentiële generaties met deze familienaam.



Figuur 1: MEMEX illustratie uit *LIFE*, 19(11), p. 123, 1945.

In 1945 beschreef hij een toepassing van elektronica die hij de MEMEX noemde (Bush, 1945, p. 101-108; Nyce & Kahn, 1991).

Dat was een futuristisch apparaat voor individueel gebruik waarin al onze boeken, platen en communicatie konden worden opgeslagen, en dat met grote snelheid en flexibiliteit kon worden geconsulteerd. Hij noemde het een 'uitgebreid supplement van ons geheugen'. Deze MEMEX had het uiterlijk van een bureau met doorzichtige schermen waarop leesmateriaal kon worden geprojecteerd en een soort toetsenbord. De vorm van de hedendaagse desktop personal computer is er al redelijk in herkenbaar. Vervolgens voorzag Bush hoe een gebruiker via ingenieuze associatie- en indexeringsystemen met één druk op de knop van het ene stukje informatie naar het andere zou kunnen springen. Dat zou leiden tot een totale ervaring van meningen en beslissingen van onszelf, vrienden en autoriteiten. Hierin is het concept van het World-Wide-Web dus al zichtbaar! Bush had deze visie al voordat de eerste monstrueuze buizencomputer het daglicht zag, in een tijd dat er nog geen sprake was van directe grafische interactie via beeldschermen en de muis nog onder de vloer zat.

In 1966 bracht de Amerikaan Douglas Engelbart de droom van Bush deels tot leven. Hij toonde de wereld een vorm van computerinteractie die zijn tijd ver vooruit was.



Figuur 2: Engelbart, 1966

Engelbart introduceerde de muis om op een grafisch scherm dingen mee aan te kunnen wijzen. Hij liet zien hoe je informatie op computers kunt organiseren via hiërarchieën, menustructuren en *editing tools*. Hij demonstreerde hoe je naar eigen inzicht door een informatiewereld kunt klikken om bijvoorbeeld je boodschappenroute te plannen en week daarmee voor het eerst af van de lineaire structuren van de oude media, zoals boek en film. Hij bracht de wereld wat wij nu kennen als *hyper-text*. Ook liet hij de eerste vorm van *video-conferencing* met collega's op afstand zien via een elektronisch netwerk en toonde hij hoe de computer als een communicatiemiddel kan dienen tussen mensen onderling. Engelbart wordt terecht beschouwd als de grondlegger van het internet en het latere World-Wide-Web.

Vergeleken bij revoluties als deze op het gebied van *personal computing* lijkt de tijd sindsdien te hebben stilgestaan, alhoewel de eenvoud van de grafische computerinteractie nog wel sterk is verbeterd. Alan Kay deed bij Xerox PARC onderzoek naar de intuïtieve processen van leren en creativiteit en ontwikkelde de concepten van iconen, folders en windows. Hij ontwierp tekenprogramma's voor kinderen. Grafische interfaces werden zo eenvoudig in gebruik dat het toen al voor een kind van 12 mogelijk was om zelf dynamische animaties te maken van een dravend paard. Kay maakte gebruik van handschriftherkenning en liet computers communiceren via beeld en geluid. De multimediacomputer was geboren.

Ik neem u nog even mee terug naar de jaren zestig. Er wordt dan een parallelle lijn van ontwikkeling zichtbaar die later zal samenkomen met die van de mens-computerinteractie. Deze werd ingezet door Morton Heilig, een cineast. Morton was uitgekeken op tweedimensionale plaatjes en de relatief kleine schermen waardoor men de verfilmde wereld zag, en droomde ervan een driedimensionaal beeld te

Introducing . . .

sensorama

The Revolutionary Motion Picture System that takes you into another world with

- 3-D
- WIDE VISION
- MOTION
- COLOR
- STEREO-SOUND
- AROMAS
- WIND
- VIBRATIONS



SENSORAMA, INC., 855 GALLOWAY ST., PACIFIC PALISADES, CALIF. 90272
TEL. (213) 459-2162

Figuur 3: Sensorama, 1960

ontwikkelen dat ons gezichtsveld geheel zou vullen. In 1960 bouwde hij de Sensorama Simulator. Toeschouwers konden daarmee een virtuele motorrit maken door de straten van New York, inclusief de bijbehorende geluiden in stereo, trillingen en zelfs luchtstromingen. De virtuele wereld bestond uit opnames van een cameraman die met drie camera's aan zijn hoofd door de straten was gereden. Deze wereld lag dus vast op band, en gebruikers konden slechts dezelfde route rijden als de cameraman. Er was dus nog geen sprake van interactie, maar wel van beleving! Deze vinding zou de wereld van de computer veranderen.

De link met de computerwereld werd gelegd door Ivan Sutherland die in 1966 een revolutionaire stap maakte door de op band vastgelegde lineaire wereld van Heilig te vervangen door een virtuele wereld in het geheugen van een computer, een virtuele wereld waarin toeschouwers de weg zelf konden bepalen. Daartoe werden beeldschermen geminiaturiseerd en aan het hoofd bevestigd. Deze helm of *head-mounted display* was als het ware een verlengstuk van onze ogen waarmee gebruikers vrijelijk konden rondkijken in de virtuele wereld. Hiermee was de machine geboren waarmee voor het eerst een natuurlijke interactieve beleving van informatiewerelden mogelijk werd.



Figuur 4: head Mounted Display, 1966

De kern van mens-machine interactie is dus in relatief korte tijd sterk veranderd. Vanaf 1955 wordt de mens bestuurd door de computer en voert deze berekeningen voor ons uit, en ruwweg vanaf 1975 bestuurt de mens zelf de computer, die nu is gericht op multimediacdocumenten en kantoorwerk.

En met de huidige *virtual reality*-technologie hoeven we niet alleen te besturen maar interpreteert de computer ons natuurlijk gedrag, en is het gebruik ervan gericht op het ervaren van informatie.

Virtuele multimediale werelden hebben een toepassingspotentieel waarvan heden ten dage nog steeds slechts een fractie is gerealiseerd. In tegenstelling tot de echte wereld is de virtuele wereld niet onderworpen aan natuurwetten, begrenzungen, gevaren of tijd. Deze kunnen wel worden gesimuleerd en ervaren, maar de ongewenste consequenties ervan kunnen worden vermeden. Het is dus een ideale wereld om ons te trainen in activiteiten die in de echte wereld gevaar zouden opleveren. Zo kunnen vliegers hun eerste echte vlucht veilig en succesvol uitvoeren na uitsluitend in een virtueel vliegtuig te hebben getraind en kunnen medici complexe handelingen oefenen op virtuele patiënten. In deze ideale wereld kan men tot creatie te komen zonder lastiggevallen te worden door zwaartekracht of materiaalbeperkingen: architecten bouwen virtuele steden door gebouwen te construeren, te buigen, uit te rekken en te verplaatsen met een flexibiliteit die lego overtreft. Ook is het een ideale wereld om het onzichtbare zichtbaar te maken en het onvoelbare voelbaar: chemici kunnen nu moleculen in uitvergrote vorm in hun hand houden en de krachten voelen van een chemische binding. De virtuele wereld is ideaal om abstracte informatie via begrijpbare metaforen hanteerbaar en inzichtelijk te maken: beurskoersen kunnen als een landschap van groeiende plantjes worden gevisualiseerd of als vallende sterren. Niet in de laatste plaats is het een ideale virtuele ontmoetingsplaats voor mensen die fysiek niet in staat zijn om bijeen te komen: kinderen in ziekenhuizen die verstoken zijn van huis en schoolomgevingen vinden hun sociale omgeving en vermaak in een virtuele stad waar zij kunnen rondwandelen, vriendjes in beeld en geluid kunnen ontmoeten en kunnen spelen, dat alles in kleur en bijna met geur.

De mens is als het ware de computer binnengestapt en ondergedompeld in een virtuele multimediale wereld die interactief is en waarin informatie op een natuurlijke wijze zichtbaar, hoorbaar en voelbaar wordt.

De factor mens in de virtuele wereld

Met de ambitie om computers op menselijk niveau te laten communiceren, is diepgaande kennis van menselijk gedrag een factor van grote betekenis geworden. In de loop van de evolutie hebben mensen indrukwekkende vermogens ontwikkeld om zich te redden in hun fysieke omgeving, perceptuele vermogens om de omgeving waar te nemen en cognitieve vermogens om de omgeving te analyseren, om te plannen en te leren, alsook motorische vermogens om te handelen. Het is essentieel dat de nieuwe digitale omgevingen communiceren langs die unieke menselijke vermogens. Omdat het belang van kennis van de factor mens veelal onderschat wordt, zal ik enkele voorbeelden noemen.

In de jaren negentig kreeg ik bij TNO Technische Menskunde de mogelijkheid om mij bezig te houden met de kwaliteit van waarneming en de effectiviteit van navigatie, manipulatie en communicatie in virtuele werelden. Daar werden scheepsbruggen en technische ruimtes ontworpen waarin de ergonomie van de fysieke inrichting en van de informatiesystemen centraal stond. Het was een complex proces met vele betrokkenen, eisen en randvoorwaarden, waarbij een adequate communicatie van ideeën en ervaring van concepten cruciaal was. Indien nodig werd een conceptontwerp op ware grootte in hout gebouwd, maar dat was een langdurig en kostbaar proces van vele jaren timmeren en knutselen. Men vroeg zich af of deze methode vervangbaar was door virtuele omgevingen. Hierbij zouden het brugontwerp en het landschap nog uitsluitend digitaal in het geheugen van computers bestaan. De gedachte wierp vele researchvragen op, niet zozeer over de technische haalbaarheid ervan, maar of het virtuele ontwerp dat via *head-mounted displays* werd waargenomen wel dezelfde ruimtelijke indruk zou geven als de latere realisatie. Met andere woorden: was de virtualisatie wel valide?

Ik kan mij de hooggespannen verwachtingen nog herinneren toen de computer en helm voor het eerst aan elkaar werden gekoppeld. We stapten toen letterlijk de virtuele wereld in en konden een kijkje nemen op de brug van een fregat dat alleen in de computer bestond. In de jaren daarna kwam uit psychofysisch onderzoek naar voren wat er nodig was om de nauwkeurigheid van ruimtelijke waarneming in de virtuele wereld net zo te krijgen als in de echte wereld. Een onverwachte factor was bijvoorbeeld dat de mate van ruimtelijk detail in de virtuele wereld de ruimtelijke waarneming sterk beïnvloedde.



Figuur 5: Virtueel schip

Uit validatiestudies bleek verder dat de resultaten van ontwerptaken en van de beoordeling van esthetische aspecten in de virtuele wereld nog stevig verschilden van de resultaten in de werkelijke wereld. Een belangrijke factor was onnatuurlijk bewegingsgedrag doordat de virtuele wereld niet voelbaar was. Dit is opgelost door de zichtbare virtuele wereld te combineren met een voelbare echte wereld, bijvoorbeeld door mensen in het echt te laten leunen over een in hout nagebootste brugleuning, terwijl ze door de helm het virtuele schip zagen. In zo'n geval spreken we over een multimediale ervaring waarin de omgeving interactief gezien en gevoeld wordt.

Deze methode leidde tot divers onderzoek naar hoe nauwkeurig het zien van de virtuele wereld en het voelen van de echte wereld met elkaar moesten kloppen en heeft belangrijke nieuwe inzichten opgeleverd in menselijke toleranties.

Nadat wij onszelf virtuele ogen hadden gegeven en de virtuele ruimte konden zien, was de volgende stap om virtuele handen te ontwikkelen waarmee wij virtuele voorwerpen zouden kunnen aanraken, oppakken en manipuleren.



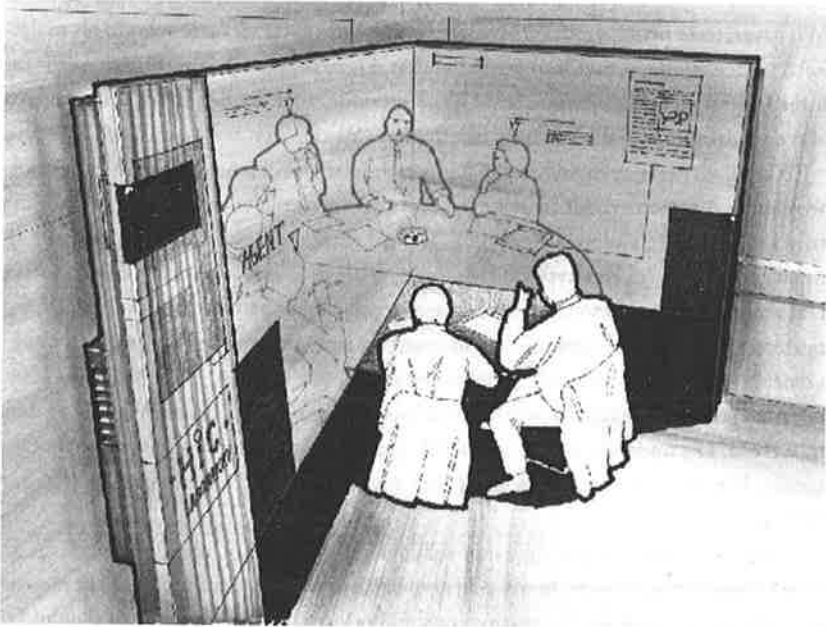
Figuur 6: Virtuele hand

Wij gaven onze proefpersonen virtuele handen, die in de virtuele wereld als marionetten meebewogen met hun echte handen. Deze natuurlijke en directe wijze van interacteren met de virtuele wereld bleek uit onderzoek sneller en nauwkeuriger te zijn dan indirecte joystick-achtige methoden (Werkhoven & Groen, 1998).

Nu wij virtuele ogen en handen hadden, moest worden nagedacht over geschikte manieren om ons voort te bewegen en te navigeren. Normaal doen we dat door te wandelen of te rijden. De virtuele wereld staat ons echter toe om dat met de lichtsnelheid, ofwel een hyperlink te doen, zoals in *Star Trek*: 'Beam me up Scotty'. Dat zou echter een desoriëntatie kunnen geven bij het aankomen op de plaats van bestemming, ofwel het gevoel 'lost in space' te zijn. Daarom hebben wij een model gemaakt van de wijze waarop de informatie die onze ogen, spieren en evenwichtsorganen geven met elkaar wordt gecombineerd tijdens het voortbewegen in de echte wereld. Dit onderzoek naar menselijk gedrag gaf de inzichten om desoriëntatie tijdens hyperlinks in de virtuele wereld zoveel mogelijk te voorkomen (Bakker, 2001).

Over een laatste belangrijke menselijke factor heb ik nog niet gesproken en dat is de communicatie tussen mensen in een virtuele wereld. Daarmee doel ik niet zozeer op spraak, want die is eenvoudig via microfoons en driedimensionaal geluid te realiseren, maar op non-verbale communicatie zoals houding, gebaren, oogbewegingen en gezichtsuitdrukkingen.

Virtuele omgevingen worden en zullen in toenemende mate worden ingezet om geografisch verspreide teams de mogelijkheid te bieden op afstand te vergaderen, te ontwerpen, te leren en virtueel samen te zijn. Hoe belangrijk is het daarbij voor het succes van deze activiteiten dat mensen elkaar kunnen zien en, in het bijzonder, dat ze elkaar kunnen aankijken? Mijn onderzoek naar communicatieprocessen via beeldschermen heeft aangetoond dat het gericht aankijken van mensen een factor van belang is voor de overtuigingskracht van individuen in groepsprocessen (Werkhoven, Schraagen & Punte, 2001). In samenwerking met de industrie wordt op dit moment in het Europese project VIRTUE (VIRtual Team User Environments) onderzocht hoe in virtuele werelden gezichtsuitdrukkingen en correcte oogrichting gerealiseerd kunnen worden op basis van bewerkingen van camerabeelden. Een alternatief hiervoor zijn kunstmatige representaties van gezichten zoals avatars.



Figuur 7: VIRTUE

En zo krijgen gebruikers in virtuele omgevingen behalve handen ook een gezicht.

U ziet dat deze ontwikkelingen niet zozeer gericht zijn op het verstrekken van expliciete informatie of kennis, maar op het via computers zichtbaar, hoorbaar en voelbaar maken van ideeën, concepten en non-verbaal gedrag waar de informatie en kennis in besloten ligt. Het gaat niet om lastig interpreteerbare getallen, grafieken en dwarsdoorsneden, maar om het direct zien, horen en voelen van samenhang en relaties. In plaats van gebruikers te *informer*en via de tussenlaag van beschrijvingen, kunnen zij nu op moeiteloze en natuurlijke wijze direct *ervaren* wat de informatie betekent.

De bereikte effectiviteit en acceptatie van deze toepassingen van virtuele werelden zou niet mogelijk zijn geweest zonder de inzichten in de mogelijkheden en beperkingen van het menselijk waarnemen, denken, leren en handelen. Deze kennis van de mens is cruciaal in de verdere ontwikkeling van de symbiose tussen mens en computer, en zal dat blijven.

Het sleutelgat naar de toekomst

Een spannende vraag is hoe de interactie tussen mens en machine en vooral de rol van multimedia daarin zich verder zullen ontwikkelen. De dingen die wij nu kennen en doen, hebben een zekere bewustzijnsvernaauwing tot gevolg bij het nadenken over de toekomst. Wij kijken als het ware door een sleutelgat de toekomst in.

Onlangs verscheen een toekomstvisie van een Europese adviescommissie (PCM 10, 2001). Daarin wordt beschreven hoe wij langzaam opschuiven van interactie tussen mens en computer naar gemedieerde omgevingen waarin mensen met elkaar interacteren. Hierbij is *ambient intelligence* de sleutel tot succes. *Ambient intelligence* kunnen we zien als een ICT-omgeving die ons waar wij ons ook bevinden op intelligente en onzichtbare wijze ondersteunt in onze informatiebehoefte, communicatie en alle dagelijkse handelingen. Om dit te realiseren, zal aan nieuwsoortige infrastructuren worden gewerkt voor communicatie en informatie gepaard aan nieuwe interfacetechnologieën en draagbare apparaatjes. Wij zullen praten tegen de koelkast die ons een bamirecept suggereert en de voorraad melk en groenten beheert. Onze auto's zullen zelf gaan waarnemen en ons op intelligente wijze behoeden voor ongelukken. Deze omgevingen zullen in vele opzichten onze perfecte partner worden, in emotioneel opzicht, qua intelligentie en zelfs humor. De schrijvers benadrukken dat interfaces, leervermogen, aanpassingsvermogen en vertrouwen belangrijke onderzoeksaspecten zijn. Wij zullen met de omgeving communiceren via natuurlijke geschreven en gesproken taal, tast en zelfs geur, dus in alle opzichten wordt de omgeving een multimediale partner.

In het visiedocument *Multimedia: het gezicht van de toekomst* van het Ministerie van Economische Zaken (Adriaans, 2002) wordt gesteld dat in Nederland alle voorwaarden aanwezig zijn voor een succesvolle multimedia-industrie, maar dat de echte succesvolle toepassingen, ofwel *killer-applicaties*, nog ontbreken, zowel in de *business-to-business*- als in de *business-to-consumer*-markt. Daar waar kunstmatige intelligentie is gericht op het ontwikkelen van autonoom denkende systemen is multimedia juist gericht op het tot stand brengen van een perfecte synergie tussen mens en machine. Als toekomstige toepassingen worden onder andere genoemd *virtual reality*-toepassingen in de sociale, artistieke en businesssectoren, het onderwijs en bijvoorbeeld multimediale forensische en medische databases in de maatschappelijke sector. Het fundament voor innovaties zou echter liggen in het koppelen van nieuwe toepassingen aan de basisbehoeften van de consument. De consument

wordt zelf producent door het uitwisselen van multimediale producten, zoals muziek.

Twee fundamentele aspecten komen echter in beide visiedocumenten onvoldoende aan bod. Ten eerste gaan vrijwel alle toekomstscenario's uit van multimedia-interactie waarbij muziek gehoord, beeld gezien en vorm gevoeld wordt, en dit terwijl de multimediacomputer unieke mogelijkheden biedt als synaesthetisch medium om bijvoorbeeld muziek te visualiseren of beeld voelbaar te maken met interessante toepassingen. Ten tweede produceren consumenten zelf een snelgroeiend volume aan autobiografische multimediale informatie in de vorm van spraak, tekst, beeld en geluid. Gepaard daaraan ontstaat een substantiële behoefte aan hulpmiddelen om deze informatie in de vorm van een multimediaal autobiografische geheugen te organiseren en zoekbaar en presentabel te maken. Daar ligt op korte termijn een enorme uitdaging voor de multimedia-industrie en voor *service providers*. Er zijn interessante businessmodellen denkbaar voor diensten op het gebied van beheer en de uitwisseling van autobiografische content. Deze autobiografische informatie is u zeer veel waard; het is uw eigen leven. Mijn stelling is dat een belangrijke meerwaarde van ICT ligt in het registreren, opslaan, herinneren en communiceren met anderen van onze persoonlijke autobiografische informatie: zo wordt de computer tot een verlengstuk van ons natuurlijke geheugen.

Met beide ontwikkelingen komt de computer tot leven als ervaringsmachine, gericht op het vastleggen en laten herbeleven van persoonlijke multimediale inhoud. Ik wil u de beide ontwikkelingen en mogelijkheden graag kort schetsen.

Synaesthetische media

In het voorgaande heb ik u geschetst hoe virtuele omgevingen het onzichtbare zichtbaar kunnen maken en het onvoelbare voelbaar. Ik zou nu een stap verder willen gaan. Virtuele omgevingen zullen het zichtbare voelbaar gaan maken, het hoorbare zichtbaar of het voelbare hoorbaar. We noemen dat 'synaesthetische media' en komen daarmee tot de filosofische gedachte dat de werkelijkheid niet een bepaalde vorm heeft maar een inhoud die wij op geheel verschillende manieren kunnen ervaren.

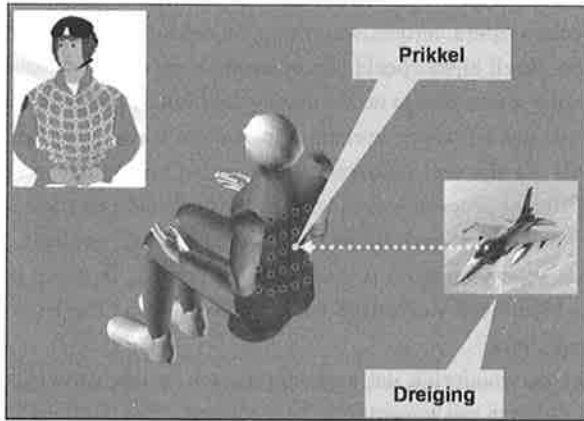
Synaesthesie komt van nature voor bij mensen (Harrison, 2001). De meest voorkomende vorm is het horen in kleuren. Geschat wordt dat zo'n 1 op de 500

mensen gesproken cijfers, letters, woorden en muziek niet alleen horen maar ook in kleuren zien. Ikzelf bijvoorbeeld ben synaestheet en ervaar de zaterdag als wit, mijn huisnummer als roodbeige en het drumgeluid van de popgroep Steely Dan als een zwart ei met een wit vlekje bovenin. Ook andere vormen van synaesthesie komen voor, maar die zijn veel zeldzamer. Zo komt het heel zelden voor dat mensen horen wat zij zien of proeven wat zij voelen, bijvoorbeeld een zoete smaak bij het betasten van gordijnstof. Synaesthesie is niet onder bewuste controle, komt bovenop de normale waarneming en is waarschijnlijk erfelijk. Ik vroeg eens aan mijn nichtje 'welke kleur heeft woensdag?' en zij antwoordde mij zonder verbaast te zijn over deze vraag: 'rood'.

Het is niet verwonderlijk dat synaesthesie ook in ons natuurlijk taalgebruik voorkomt, in de vorm van synaesthetische metaforen. Een voorbeeld daarvan is de uitdrukking 'een warme klank' of 'een ruwe klank' waarbij geluid wordt vertaald naar temperatuur of naar tast. Een andere synaesthetische metafoor is 'een zoete geur' of 'een scherpe geur', waarbij geur wordt vertaald naar smaak of tast. De meest voorkomende associaties in metaforen zijn die van horen of zien met voelen of proeven. Vrijwel niet voorkomend zijn associaties van smaak met horen of van smaak met zien. Wel eens gehoord van 'luid bitter' of 'gelig zoet'?

Bij zowel de neurologische synaesthesie als bij metaforische synaesthesie lijkt er een rangorde te bestaan die begint met een voorkeur voor horen als referentiekader en wordt gevolgd door zien, ruiken, temperatuurbeleving, proeven en als laatste voelen.

En nu biedt de computer als *sensory transducer* ook de 'normale' mens het vermogen tot synaesthesie. Er zijn vele voorbeelden te vinden van manieren waarop computers nu kunnen fungeren als synaesthetisch medium tussen mensen en informatiesystemen. Ik zal een voorbeeld geven van hoe het hoorbare zichtbaar kan worden. Aan de universiteit van Umea in Zweden is in het project 'pianoFORTE' geëxperimenteerd met de visualisatie van muziek. Pianospel werd door de computer gevisualiseerd door de dynamiek, het tempo en de articulatie in vorm en kleur uit te beelden. Hierdoor bleek de muzikale waarneming van zowel de leerling als de leraar te verbeteren en werden nuances gehoord die voorheen niet gehoord werden. Op vergelijkbare wijze wordt elders geëxperimenteerd met het visualiseren van spraak. Door de articulatie van een woord in vorm en kleur te verbeelden, wordt een nieuwe soort terugkoppeling mogelijk waarmee verschillen tussen de correcte en de foutieve uitspraak zichtbaar worden.



Figuur 8: Tactiel pak

Een mooi voorbeeld van hoe het zichtbare voelbaar kan worden, is het tactiele pak dat bij TNO Technische Menskunde is ontwikkeld en waarmee op een willekeurige plaats van onze torso de huid op een niet oncomfortabele wijze geprikkeld kan worden. *Human factors*-onderzoek heeft uitgewezen dat mensen zo'n prikkel kunnen interpreteren als een richting en dus blijkbaar kunnen relateren aan een soort van oorsprong in hun lichaam.

Een dergelijke prikkel kan dus gebruikt worden om een vlieger in de cockpit te laten weten vanuit welke richting hij door een ander vliegtuig wordt benaderd of waar zich zijn *waypoint* bevindt. Door een lijn van prikkels over de huid te leggen, kan de normaal zichtbare horizon nu ook worden gevoeld. Een voelbare richting en horizon zijn handig wanneer de vlieger visueel is overbelast of wanneer zijn gezichtsvermogen in extreme omstandigheden wegvalt. Inmiddels heeft ook de auto-industrie grote belangstelling getoond voor deze toepassing. Mogelijk wordt onze bestuurderstoel in de nabije toekomst voorzien van trilelementen waarmee wij de belijning van de weg of een naderend gevaar nu letterlijk gaan voelen.

Het zal duidelijk zijn dat synaesthetische media ook vele toepassingen hebben voor mensen die een zintuiglijke modaliteit moeten missen. Het zichtbaar maken van spraak in de vorm van leesbare tekst voor doven of in de vorm van voelbaar braille voor blinden is natuurlijk bekend. Maar via synaesthetische media kan voor doven ook de normaal hoorbare richting van plotselinge geluiden of van stemmen

voelbaar gemaakt worden, of muziek zichtbaar gemaakt wordt. Voor blinden kan een normaal zichtbare route-aanwijzing voelbaar gemaakt worden, of het zicht op de weg hoorbaar. Het camerabeeld wordt hier vertaald naar driedimensionaal geluid en weergegeven via de hoofdtelefoons.

Om zinvolle vertalingen te kunnen maken, moeten we natuurlijk wel de betekenis kennen van beeld, geluid en gevoel. Op het gebied van geschreven taal is het nu al mogelijk om automatisch tekst samen te vatten en in een categorie te plaatsen. Er worden modellen ontwikkeld van een beperkt stukje van de werkelijkheid, ook wel 'ontologieën' genoemd, die de onderlinge samenhang beschrijven van mensen, voorwerpen en activiteiten. Op basis daarvan kunnen computers met begrip van betekenis en context voor ons zoeken in tekstuele informatie. De volgende stap is dat computers visuele informatie kunnen ontleden in de daarin voorkomende objecten en hun onderlinge relaties en de betekenis ervan kunnen begrijpen. Vijftien jaar geleden had ik het voorrecht mee te mogen werken aan het met computers detecteren van lokale structuren en bewegingen in beelden (Werkhoven & Koenderink, 1990). Nu kunnen al natuurlandschappen van steden in beelden worden onderscheiden, kunnen in beperkte mate gezichten en gebaren worden herkend, en kan agressief gedrag worden gedetecteerd. Zo zullen computers op termijn ook in staat zijn om muziek te ontleden in de afzonderlijke instrumenten, de genres klassiek en jazz te onderscheiden of de kwalificaties 'forte' en 'piano' toe te kennen.

Mijn gewaardeerde collega Smeulders sprak in zijn oratie al over het ontdekken van het 'beeldalfabet' en hoe daarmee de beeldinhoud naar betekenis (semantiek) kan worden vastgelegd. Het wordt interessant om op vergelijkbare wijze het alfabet van het geluid en dat van de tast te kunnen beschrijven, want via deze betekenissen kunnen zintuiglijke modaliteiten zinvol naar elkaar worden vertaald. Mensen hebben gesproken taal en geschreven tekst leren interpreteren. Zullen wij in de toekomst ook beeld leren horen en voelen of muziek leren zien?

Onderzoek in de informatica op het gebied van multimedia-analyse zal ertoe bijdragen dat wij uit beeld en geluid meer informatie kunnen halen op semantisch niveau. Onderzoek in de psychologie en natuurkunde zal ertoe bijdragen dat wij een beter inzicht krijgen in zintuiglijke en cognitieve capaciteiten en in welke elementaire betekenissen en emoties mensen aan beeld en geluid toekennen. Tezamen brengt dit de computer als *sensory transducer* en als ervaringsmachine steeds dichterbij. In de toekomst zullen wij meer en meer in staat zijn om de rijke wereld van synaesthetische media te exploiteren.

Draagbaar persoonlijk geheugen

Het tweede aspect waar ik u over vertelde, is de rol van autobiografische multimediale informatie. Bij elke foto die wij zien, kijken wij door een sleutelgat terug op ons leven. Het stukje papier biedt een klein raampje waardoor wij het verleden terugzien. De contextuele informatie is grotendeels verloren gegaan, zoals de emoties die door het moment werden opgeroepen, de geuren, het warme weer, uw bonkende hart, de sociale context, de toenmalige tijdsgeschiedenis en ga zo maar door – allemaal ervaringen die wij uit ons eigen geheugen naar boven proberen te halen en associëren met de foto. Maar die herinneringen zijn door menging met latere herinneringen opgegaan in algemene schematische voorstellingen. Tevens zijn uw associatiemethodes bij het ouder worden veranderd. Zoals de geheugenpsycholoog Draaisma zo boeiend schrijft: ‘Je fotografeert voor een vreemdeling, een opdrachtgever uit de toekomst die net zo heet als jij maar wiens wensen je niet kent’ (Draaisma, 2002). Onthouden staat in dienst van verwachtingen.

U heeft allen, afhankelijk van uw leeftijd, een omvangrijk autobiografisch ‘dossier’ opgebouwd. Maar is dat toegankelijk? Veelal is het sterk gefragmenteerd. Het bestaat uit vele verschillende media en het leeft in vele vaak ontoegankelijke hoeken en gaten van uw woonomgeving, bijvoorbeeld uit jeugdtekeningen die onder het bed worden bewaard en de vakantiefoto’s en negatieven die verstopt zijn in schoenendozen. Dan zijn er nog, in de laden, de videobanden, geluidsopnamen, brieven, verzekeringspapieren en medische gegevens, en verder de her en der verspreide ontwerpjes en boodschappenlijstjes. In de huidige overgang naar het digitale tijdperk komen deze mediavormen allemaal in digitale vorm bij elkaar in de computer. Wie niet al begonnen is om zijn oude dossier te digitaliseren voordat de papieren en plastic dragers ervan zijn vergaan, zal daar spoedig mee starten. Er ontstaan digitale persoonlijke multimediale dossiers.

Steeds meer informatie die u voorheen op de desktopcomputer beheerde, is nu ook mee te nemen in kleine zakcomputertjes, ook wel *personal digital assistants* genoemd (de PDA’s). Hierin beheren we adressen, (agenda-)afspraken, aantekeningen, e-mails en communiceren we draadloos via elektronische netwerken in de vorm van tekst, beeld, geluid of gesproken woord. Ze helpen ons om een vergadering te plannen, om de vergadering met *just-in-time*-informatie voor te bereiden en om de uit de vergadering voorkomende afspraken en acties vast te leggen en door te geven aan anderen. Met ingebouwde mini-cameraatjes zijn die PDA’s nu al in be-

perkte mate in staat om in beeld en geluid persoonlijke ervaringen te registreren, en weer te presenteren wanneer dat nodig is.

De informatie die wij in digitale vorm aan desktopcomputers, PDA's en netwerken toevertrouwen, neemt razendsnel toe en wordt steeds persoonlijker van aard. Volgens Infotrends zal in 2007 ongeveer 60% van de verkochte camera's in de wereld digitaal zijn. Volgens Kodak maken eigenaren van digitale camera's per jaar bijna 900 foto's, driemaal zoveel als eigenaren van traditionele camera's. Ook de digitale video doet zijn intrede, en volgens mijn schatting past over twintig jaar de continue audiovisuele registratie van een vakantie in het geheugen van een PDA. Ik durf te stellen dat consumenten tezamen meer digitale inhoud gaan produceren dan de professionele entertainmentwereld. Dat stelt hoge eisen aan archivering, bewerking, toegankelijkheid, vindbaarheid en aan hoe we de inhoud gaan presenteren. De klassieke wijze van terugkijken, zoals dia- en video-avonden, volstaat dan niet meer: dat zou een tweede leven vergen. Herbeleving zal meer ad hoc en associatief moeten gebeuren en vermengd worden met dagelijkse activiteiten, net zoals de herinneringen vanuit ons natuurlijke geheugen. Wij schuiven op naar een nieuw paradigma van herbeleving.

Zoals wij onze spierkracht en rekenkracht zijn gaan uitbesteden aan machines zullen wij ook ons geheugen verder gaan uitbesteden. Ik ben ervan overtuigd dat mensen uiteindelijk in staat zullen zijn om ervaringen uit hun persoonlijke leven vergaand en *real time* vast te leggen in een persoonlijk autobiografisch archief van waarnemingen en uitwisselingen. De PDA ontwikkelt zich tot een draagbaar 'Individual Autobiographic Memory' (IAM) dat over onze schouders meekijkt, zelf associeert en pro-actief met ons meedenkt. IAM stelt ons voor geweldige uitdagingen.

Voor het automatisch waarnemen van omgevingsinformatie gebruiken we intelligente sensoren die zich in onze nabije omgeving bevinden, of bevestigd zijn aan draagbare apparaatjes of aan het lichaam zelf. Hierbij spelen vragen van heel diverse aard. De technologie moet allereerst onopvallend zijn. Mensen mogen niet in hun bewegingsvrijheid worden beperkt en hun privacy moet worden gewaarborgd. Het automatisch waarnemingsproces is *real-time*. Dit stelt hoge eisen aan de snelheid waarmee de audiovisuele waarnemingen worden geregistreerd en, indien nodig, worden gefilterd en gecomprimeerd. Ook de analyse van de waarnemingen is complex, zoals daar zijn het identificeren en begrijpen van spraak, gezichtsuitdrukkingen en gebaren van anderen, of het herkennen van de omgeving. Het feit dat diverse

waarnemingsbronnen continue en tegelijkertijd actief zijn en elk onzekerheden bevatten, bemoeilijkt deze analyse. Net als bij synaesthetische media zullen de verschillende waarnemingsmodaliteiten op semantisch niveau met elkaar in verband moeten worden gebracht. Er zullen zogenaamde ‘*parsers*’ ontwikkeld moeten worden die waarnemingen ontleden in termen van kenmerken, gebeurtenissen, veranderingen of mogelijke gevaren. Op basis hiervan kan IAM ons pro-actief ondersteunen zoals ons natuurlijk geheugen dat ook doet, of zou moeten doen. Voor deze pro-actieve functie van IAM is vooral contextuele kennis van belang en de ontwikkeling van ontologieën. Verder moet kennis worden opgebouwd op het gebied van natuurlijke dialogen om de interactieprocessen snel en intuïtief te maken. Tot slot speelt de vraag hoe de relevante informatie kan worden gesynthetiseerd tot een presentatie die op maat is voor een bepaalde context, plaats, tijd en beschikbare presentatiedisplays.

Omdat IAM een extern geheugen is, hebben wij er geen directe toegang toe zoals wij dat wel hebben tot ons natuurlijk geheugen. Informatie in het externe geheugen is uitsluitend toegankelijk via onze zintuigen. Een van de grootste uitdagingen is hoe we deze informatie via displays weer tot leven kunnen brengen, vooral wanneer deze displays draagbaar en klein moeten zijn. Een mogelijkheid is ontleend aan *virtual reality*-technieken: door de positie van het display voortdurend aan de computer door te geven, kan het display als een virtueel venster door de autobiografische gegevens worden bewogen en krijgt u de bijpassende beelden en geluiden. Door het schermpje in uw hand in het vlak voor u te bewegen scant u virtueel een geografische kaart met *file*-informatie. Door het schermpje van u af of naar u toe te bewegen, krijgt u naar wens andere informatie, bijvoorbeeld over lokale hospitalisatiegegevens. Om door deze informatieruimte te navigeren, kan verder ook tactiele informatie en spraak worden benut. Dit jaar zijn wij een onderzoek gestart om deze oplossing verder uit te diepen.

Tot nu toe hebben we gesproken over displays die wij letterlijk in de hand hebben. We zien echter dat deze zo klein en licht worden dat zij nauwelijks belastender zijn dan een brilmonatuur. Daarmee komt het dagelijks gebruik van *head-mounted displays* voor IAM binnen bereik. De ondernemende onderzoeker Steve Mann van het MIT heeft al enkele principes gedemonstreerd onder de naam ‘visuele geheugenprothese’ (Mann & Niedzviecki, 2002).

Steve Mann's "wearable computer" and "reality mediator" inventions of the 1970s have evolved into what looks like ordinary eyeglasses.



Figuur 9: Ontwikkeling visuele geheugen prothese, Steve Mann

Naast visuele displays droeg Mann ook mini-camera's aan het hoofd waarmee zijn geheugenprothese de omgeving kon waarnemen en analyseren. Via een doorzichtig *head-mounted display* zag Mann de echte wereld tegelijkertijd met de informatie die zijn visuele geheugenprothese hem wilde laten zien. En zo liep hij dagen rond. Hij kon op deze wijze naar wens een bepaald beeld terughalen om het nog eens goed in zich op te nemen. Bij het ontmoeten van mensen herinnerde de geheugenprothese hem aan de naam en achtergrond van de persoon. Bij het zien van verkeersborden of een omgeving gaf de geheugenprothese uitleg, toelichting of waarschuwingen. Daarbij leerde de visuele geheugenprothese voortdurend van het patroon van de vragen die hem werden gesteld. Inmiddels is het logge systeem uit de jaren tachtig vervangen door een draadloos brilmontuur.

Vanzelfsprekend is in dit systeem het begrip van de multimediawaarneming nog beperkt tot het herkennen van gezichten en verkeersborden. Wat dat betreft wordt de komende jaren nog veel vooruitgang verwacht. Ook zal veel aandacht geschonken moeten worden aan robuustheid, want een uitvallend geheugen is onacceptabel. Tevens zullen vraagstukken die betrekking hebben op privacy moeten worden opgelost, vooral wanneer autobiografische informatie wordt gedeeld met anderen. In het project *Informedia* van Carnegie Mellon University wordt bijvoorbeeld al sinds 1997 geëxperimenteerd met het synthetiseren van door verschillende individuen op verschillende locaties geregistreerde persoonlijke ervaringen tot wat genoemd wordt 'een collectieve ervaring', ofwel een globaal perspectief op voort-

gaande en opgeslagen persoonlijke ervaringen. Het wordt dus mogelijk om ervaringen van anderen mee te nemen in de eigen herinnering. In de komende evolutie van persoonlijke geheugens zal het traditionele vaste verband tussen zelf iets ervaren en het later herinneren vervagen.

Dames en heren,

Met de ontwikkeling van synaesthetische media en het draagbaar autobiografisch geheugen komt de ervaringsmachine tot leven. De verwerkelijking van de ervaringsmachine zal nog grote vindingrijkheid en inspanning vergen van wetenschappers en ontwikkelaars uit vele verschillende disciplines. Wij staan op een bijzonder moment in de geschiedenis van het multimedia-onderzoek. Een aantal krachtige Nederlandse spelers uit de onderzoekswereld (UvA, TUD, CWI, CTIT, De Waag, het Telematica Instituut en TNO) en uit het bedrijfsleven (Philips, IBM, CMG en belangrijke andere partijen) hebben een convenant gesloten onder de naam MultimediaN. Dit consortium heeft een gezamenlijke ambitie geformuleerd om de multimediacennis op het gebied van multimedianaarneming, -opslag, -analyse en multimedia-interactie daadwerkelijk in de grote maatschappelijke en economische waarde om te zetten die ervan verwacht wordt. Hiermee zullen de in mijn verhaal beschreven ontwikkelingen een grote impuls krijgen.

Dit verhaal over het sleutelgat is aan het slot gekomen.

Ik dank het college van bestuur van deze universiteit voor mijn benoeming op de leerstoel Multimedia Interactie. Gezien het zo boeiende onderwerp kan ik niet anders dan daar met grote gedrevenheid invulling aan geven. Ik dank de RvB van TNO voor de vrijheid om hier mee bezig te zijn en de uitdagende en leerzame omgeving die zij mij voortdurend bieden.

Het afgelopen jaar was voor mij het jaar van de teams: het MET-team, het UvA-team, het ASMO-team, het MultimediaN-team, het KPNR-team, het Squash-team en het familieteam.

Ik dank jullie allen voor het prachtige samenspel van nieuwsgierigheid, ondernemingslust, coaching, competitie en vertrouwen. Dat samenspel geeft mij de mo-

tivatie om te onderzoeken en te ondernemen en is een inspiratie voor mijn privé-leven, waartussen de grenzen soms vervagen.

In het bijzonder dank ik mijn ouders voor het prachtige leven dat zij mij gaven, Jannie, mijn onschatbare non-profit manager, en Jeroen die ik bij het schrijven hiervan luid de toekomst in hoorde zingen en die ik nooit meer zal kunnen en willen missen.

Ik ben 43 jaar en merk nu al een sterk groeiende behoefte aan een prothetisch geheugen. Dat zal echter vermoedelijk pas over een jaar of twintig vlak voor mijn pensioen het volle daglicht zien. Ik heb dit opgeschreven om het niet te vergeten en het verteld om mijn ervaring met u te delen.

Ik heb gezegd.

Literatuur

- Adriaans, P.W., *Multimedia: het gezicht van de toekomst*. Ministerie van Economische Zaken, 2002
- Bakker, N.H., *Spatial orientation in virtual environments*. Delft University Press, 2001 (ISBN 9040721521)
- Bush, V., 'As we may think', *The Atlantic Monthly*, Vol. 176, No. 1, 1945, p. 101-108
- Draaisma, D., *Waarom het leven sneller gaat als je ouder wordt*. Historische Uitgeverij, 2002 (ISBN 9065544704)
- Harrison, J., *Synaesthesia: the Strangest thing*. Oxford University Press, 2001 (ISBN 0 19 263 2450)
- Jensen, R., *The Dream Society: How the coming shift from information to imagination will transform your business*. McGraw-Hill, 1999 (ISBN 00-703-296-72)
- Mann, S. & Niedzwiecki, H., *Cyborg: Digital Destiny and Human Possibility in the Age of the Wearable Computer*. Doubleday Canada Limited, 2002 (ISBN: 0385658265)
- Nyce, J.M. & Kahn, P., *From Memex to Hypertext: Vannevar Bush and the Mind's Machine*. Academic Press, Inc. (Harcourt Brace Jovanovich Publishers), 1991 (ISBN 0125232705)
- PCM 10, 'Multisensorial Multilingual Interfaces and Virtual Environments', IST Program Consultation Meeting 10, Brussel, 26-27 april 2001
- Pine II, J.B. & Gilmore, J.A., *The Experience Economy*. Harvard Business School Press, Watertown, Mass., 1991 (ISBN: 0875848192)
- Werkhoven, P. & Groen, J., 'Manipulation performance in interactive virtual environments', *Human Factors* 40(3), 1998, p. 432-442
- Werkhoven, P. & Koenderink, J.J., 'Extraction of motion parallax structure in the visual system I.', *Biological Cybernetics* 63, 1990, p. 185-191
- Werkhoven, P.J., Schraagen, J.M.C. & Punte, P.A.J., 'Seeing is believing: communication performance under isotropic video-conferencing conditions', *Displays* 22, 2001, p. 137-149

*Eerder verscheen in 2003 in deze oratiereeks bij de
Faculteit der Natuurwetenschappen, Wiskunde en Informatica:*

Meijer, Robert
De Telerevolutie

Oraties van de hoogleraren van de Universiteit van Amsterdam kunt u vinden op:
www.uva.nl/onderzoek

Mensen hebben een indrukwekkend zintuiglijk vermogen en daarbovenop een unieke capaciteit om beeld, geluid en tast te combineren, te begrijpen en te ervaren in een mentaal model van de wereld om ons heen, een wereld die voor een steeds belangrijker deel digitaal wordt. Het is essentieel dat computers communiceren langs die unieke menselijke vermogens en hun digitale informatie vertalen naar de natuurlijke taal van onze zintuigen.

Computers komen in een rol van *sensory transducer*, van perceptuele ervaringsmachine. *Virtual reality*-technieken vormen hiervan slechts het begin. Ervaringen kunnen worden verrijkt door een beeld te laten voelen en geluid te laten zien in de synaesthetische media.

De ervaringsmachines van morgen kijken over onze schouder mee via intelligente sensoren, maken het mogelijk om onze eigen ervaringen te herbeleven en te delen met anderen. Zij kunnen beeld en geluid interpreteren en ons ondersteunen bij herkenning en associatie. Zij worden een draagbaar supplement van ons persoonlijk geheugen en bieden 'experience on demand'. Wijzelf worden de grootste producenten en distributeurs van multimediale informatie. De uitdaging die voor ons ligt is om een natuurlijke interactie met deze multimediale persoonlijke geheugens mogelijk te maken via kleine draagbare displays, ofwel multimedia door een sleutelgat.

Peter Werkhoven is directeur van TNO ICT. Zijn onderzoek bevindt zich op de raakvlakken van natuurkunde, psychologie en informatica. Sinds kort is hij als bijzonder hoogleraar Multimedia Interactie verbonden aan het Informatica Instituut van de Universiteit van Amsterdam.



VOSSIUSPERS UvA

ISBN 90 5629 277-3



9 789056 292775