

e-Partners op Maat

Inaugurele rede

Prof.dr. Mark A. Neerincx



31 oktober 2003

TU Delft
Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica

e-Partners op Maat

Rede uitgesproken ter gelegenheid van de aanvaarding van het
ambt van
deeltijdhoogleraar in het vakgebied Mens-Machine Interactie aan
de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de
Technische Universiteit Delft

31 oktober 2003

Prof.dr. Mark A. Neerincx

ISBN 90-75774-03-6

Auteur: M.A. Neerincx

Titel: *e*-Partners op Maat

Inaugurele rede Technische Universiteit Delft

31 oktober 2003

Adres: Afdeling Mediamatica

Faculteit EWI

Technische Universiteit Delft

Mekelweg 4

2628 CD Delft

Drukker: Cendris

*Mijnheer de Rector Magnificus,
Leden van het College van Bestuur,
Collegae hoogleraren en andere leden van de universitaire
gemeenschap,
Zeer gewaardeerde toehoorders,*

Dames en Heren

e-Partners op Maat

1. Een Partner

Een *partner* is een maat of een metgezel waarmee je gezamenlijk activiteiten uitvoert en belevenissen deelt. Als je mijn kinderen in hun spel hoort zeggen “hé maat” (bijvoorbeeld bij het bereiden van een maaltijd), dan weet je dat ze goed samenwerken. De rollen in het spel zijn goed vastgesteld, de acties worden in onderling vertrouwen afgestemd, de werklast wordt verdeeld, adviezen worden—soms ongevraagd—aan elkaar gegeven en mijn kinderen zijn tevreden over het uiteindelijke resultaat (er is een heerlijke maaltijd opgediend *en* ze hebben leuk gespeeld).

Onze directe omgeving bevat steeds meer informatietechnologie: van keuken tot auto en van schip tot ruimtestation. Een deel van deze capaciteit zou gebruikt kunnen worden voor de implementatie van elektronische maten of *partners* die de mens ondersteunen bij het uitvoeren van diverse activiteiten. Voorbeelden zijn een *e-partner* die helpt bij het bereiden van maaltijden, een *e-partner* die de bestuurder van een auto adviezen geeft om de route te wijzigen of een *e-partner* die een astronaut een stappenplan aanbiedt voor de diagnose van een storing in een ruimtestation. Deze partners leren de persoon kennen, houden rekening met zijn of haar individuele eigenschappen en stemmen de ondersteuning af op de huidige context waarbinnen de activiteiten worden uitgevoerd. De *e-partner* in de keuken kan bijvoorbeeld een oudere persoon goed helpen bij het koken, doordat hij weet dat deze persoon moeite heeft om zijn aandacht te verdelen over meerdere gerechten en te onthouden waar hij was gebleven na een onderbreking. De *e-partner* houdt bij wat al gedaan is en geeft na een onderbrekend telefoontje aan waar verder mee gegaan kan worden met behulp van

videobeelden [1]. In 1993 signaleerden Schneider-Hufschmidt e.a. [2] al dat onderzoek naar dergelijke ondersteuning op meerdere plaatsen uitgevoerd werd, maar dat dit nauwelijks werkende toepassingen opleverde. Nog steeds zijn er vrijwel geen toepassingen in de praktijk te vinden.

Het zodanig inrichten van de interactie tussen technologie en gebruiker dat er daadwerkelijk sprake is van mens-computer samenwerking blijkt een lastig probleem te zijn. Dergelijke samenwerking vereist namelijk (1) dat de computerondersteuning adequaat anticipeert op gebruikersgedrag, (2) dat de interactie met de computer voor de gebruiker op een natuurlijke wijze verloopt en (3) dat de technologie intelligent gedrag vertoont in verschillende gebruiksccontexten. Onderzoek richt zich veelal “slechts” op een van deze drie onderdelen, waardoor de theoretische en empirische onderbouwing nog fragmentarisch is. Aan de hand van diverse voorbeelden, zoals gebruikersinterfaces voor marineschepen, bemande ruimtestations en mobiele diensten, zal ik aangeven hoe in een multidisciplinair onderzoekstraject de vereiste kennis en technologie in samenhang ontwikkeld kunnen worden. Ook zal ik laten zien dat de voorgestelde incrementele ontwikkeling van *e*-partners binnen een specifiek toepassingsdomein tussenoplossingen oplevert die interessant zijn voor theorie en toepassing in het algemeen.

2. Praktische Theorie

Het onderzoeksveld van mens-computer interactie, waar we het nu over hebben, is per definitie multidisciplinair. Informatici ontwikkelen de software voor de dialoog en taakondersteuning. Grafici, interactie-ontwerpers en taalwetenschappers bedenken de wijze waarop de interactie uiteindelijk moet worden vormgegeven. Gedragswetenschappers spelen een belangrijke rol bij het vaststellen van gebruikerseisen—wat de gebruikers nodig hebben—en het evalueren van testversies van de software. En zo zijn er nog veel meer voorbeelden te noemen van actuele en gewenste bijdragen vanuit deze en andere disciplines.

In het begin hebben de zogenaamde cognitiewetenschappen een belangrijke invloed gehad op het onderzoek binnen de mens-computer interactie. De rekenkracht van de computer zou tenslotte met name de cognitie, het denkwerk, van de mens moeten ondersteunen. Een mooi

voorbeeld is het Human Information-Processor model dat Card e.a. [3] ontwikkelden in het begin van de 80-er jaren en zijn opvolger—het Executive Process Interactive Control model—van Kieras en Meyer dat ongeveer 10 jaar later verscheen [4].

De cognitie van de mens is gemodelleerd in de vorm van processoren die met een bepaalde snelheid informatie verwerken. Gebaseerd op dit model is een methode ontwikkeld voor de analyse van taken—zoals tekstverwerking—in de vorm van Goals, Operators, Methods en Selection rules, GOMS genoemd. De totale uitvoertijd die nodig is voor de tekstverwerking is nu een simpele optelsom van de tijden die de processoren van de mens nodig hebben om de informatie die uit de computer komt te verwerken. GOMS blijkt goede voorspellingen te kunnen doen over de effectiviteit en efficiëntie van gebruikersinterfaces voor dergelijk werk. Het heeft als zodanig bestaansrecht. Echter voor het modelleren en voorspellen van meer complex werk blijkt het minder geschikt [5]. Mede door dit soort ervaringen hebben meerdere onderzoekers in het veld de cognitieve benadering als ongeschikt beoordeeld voor het ontwikkelen van mens-computer systemen in complexe taakomgevingen.

De cognitieve benadering leed mijns inziens aan twee tekortkomingen. Ten eerste had men de ambitie om generieke cognitieve modellen te ontwikkelen, waarmee complete, gedetailleerde voorspellingen gedaan konden worden over gebruikersgedrag. Het zal echter nog voor een lange periode ontbreken aan universele theorieën die generiek zijn over een breed scala van mensen, taken, gebruikscontexten en technologieën, en die daarmee menselijk gedrag in complexe taakomgevingen volledig kunnen voorspellen. Ten tweede, besteedde men bij de opkomst van het vakgebied mens-computer interactie, in de 80-er jaren, te weinig aandacht aan de gebruikscontext. Ofwel, men realiseerde zich onvoldoende dat je een model nodig hebt van de menselijke cognitieve processen *en* een model van de omgeving waarop deze processen opereren om voorspellingen te kunnen doen over menselijk gedrag [6]. Al met al leverde het onderzoek niet de gewenste generieke modellen en methodes op die concrete en volledige voorspellingen en oplossingen kunnen genereren voor allerlei, diverse, applicaties. In die zin is er natuurlijk sprake van een enorme mislukking: de cognitieve wetenschappen konden de hooggespannen verwachtingen uit de 80-er jaren niet waarmaken [7].

Naar mijn mening zou men zich in een toepassingsgericht vakgebied als mens-computer interactie meer moeten richten op de ontwikkeling van praktische theorieën, door anderen ook wel mini- of eenvoudige theorie genoemd [8]. Dit is een theorie die in eerste instantie binnen een bepaald toepassingsdomein ontwikkeld wordt (zoals tekstverwerking) en “enkel” binnen dit domein probeert adequate voorspellingen te doen over de mens-computer interactie. Binnen een dergelijk domein kan de omgeving goed gemodelleerd worden en kunnen hieraan eenvoudige modellen voor gebruikersgedrag gekoppeld worden. Deze benadering sluit goed aan bij Simon’s [9] bewering dat “de schijnbare complexiteit van menselijk gedrag in de tijd voor een groot deel een reflectie is van de complexiteit van de omgeving waarin een persoon zich bevindt”.

Een praktische theorie is wel gebaseerd op algemene kennis over menselijke cognitie, zoals de beperkte mogelijkheid van de mens om twee dingen tegelijk te doen of meer dan 7 dingen tegelijk in het werkgeheugen te hebben. De theorie omvat in zekere zin een selectie en instantie—een concrete invulling—van algemene eigenschappen van de informatieverwerking van de mens. Het moet tevens een aantal eigenschappen van de informatieverwerking van de computer omvatten om voorspellingen te kunnen doen over de uitkomsten van de mens-computer interactie. De eigenschappen van de mens en computer betreffen niet alleen de direct zichtbare communicatiemiddelen zoals handen, lippen en ogen bij de mens, of toetsenbord, menu’s en muis bij de computer. Van belang is om ook de onderliggende processen en intenties te duiden, zoals het gebruikersdoel om een goedkoop horloge te kopen en de computerfunctie om horloges naar prijs te ordenen.

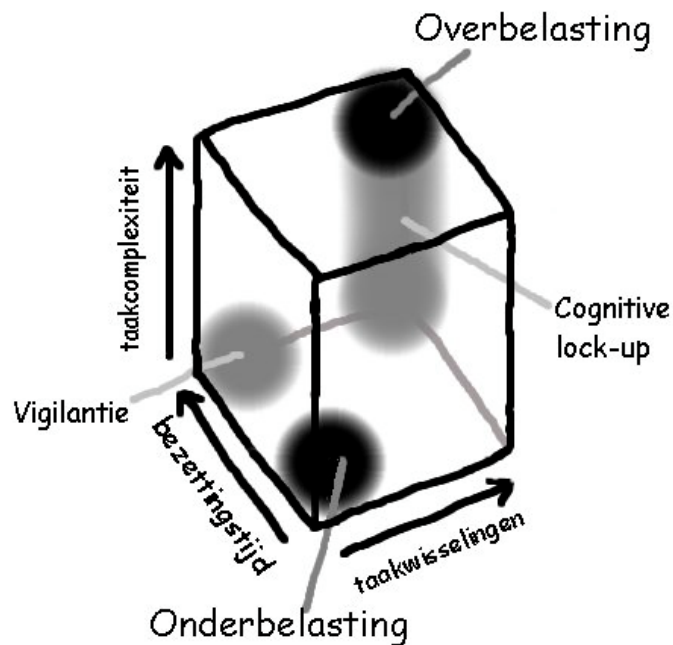
Samengevat omvat een praktische theorie in mijn vakgebied het gedrag van de mens, het gedrag van de computer met hun wederzijdse interactie, en de invloed van de gebruikscontext op de taakuitvoering (zoals het achtergrondlawaai in “call centres”).

3. Voorbeeld Taakbelasting

Laten we nu eens kijken hoe het modelleren van het mens- en computergedrag, de onderlinge interactie en de gebruikscontext er uit kan zien. En, hoe op basis van een praktische theorie over taakbelasting voorspellingen gedaan kunnen worden over de uitkomsten van mens-computer interactie. De voorbeelden in dit deel van mijn rede komen met name uit onderzoek dat de afgelopen jaren bij TNO Human Factors is uitgevoerd.

Stelt u zich eens voor dat u met een aantal collega's in de Technische Centrale van een marineschip zit. Vanuit deze ruimte bewaakt u de systemen aan boord van het schip en moet u eventuele storingen of calamiteiten, zoals een brand of een lek, afhandelen. U ligt onder vuur en er vindt een missile inslag plaats.

Er breekt brand uit op meerdere plaatsen op het schip en er is een lek. Wat is de belasting van de taken die u op dat moment moet uitvoeren? Welke eisen stellen de taken aan uw cognitieve vermogens en kunt u voldoen aan deze eisen?



Figuur 1: Model van cognitieve taakbelasting [10].

Bezettingstijd. U was met een aantal collega's eerst in afwachting op mogelijke gebeurtenissen en had eigenlijk nauwelijks iets te doen. Plots moest u na de missile inslag in een beperkte tijd zo snel mogelijk meerdere acties uitvoeren. De bezettingstijd, of tijdsdruk, is nu veranderd

van zeer laag tot zeer hoog. Klassieke taakanalyses richtten zich met name op het verkrijgen van een goede balans tussen de vereiste tijd om de acties uit te voeren en de beschikbare tijd. Samen met anderen heb ik aangetoond dat een dergelijke analyse een onvolledig beeld oplevert van de mentale belasting in complexe taakomgevingen [10].

Taakwisselingen. In dergelijke omgevingen treden veelal meerdere gebeurtenissen op en moeten meerdere taken tegelijkertijd uitgevoerd worden, zoals het repareren van een lek en het bestrijden van een brand op een marineschip. Dit betekent dat men, afwisselend, verschillende kennisbronnen moet aanspreken, routines moet onderbreken en de aandacht verdelen over een breed scala van onderwerpen. Dit is een belasting op zichzelf [11].

Taakcomplexiteit. Als er nu ook nog eens schade blijkt te zijn aan een systeem dat u niet goed kent. De complexiteit van het probleem is dan groot voor u: het kost u bijzonder veel moeite om een goede diagnose te stellen en het bijbehorende actieplan te genereren. De specifieke kennisrepresentatie en wijze van redeneren (zoals bijvoorbeeld het gebruik van heuristieken) bepaalt de efficiëntie van de taakuitvoering [12, 13].

Deze drie belastingsfactoren definiëren een driedimensionele ruimte waarin menselijk gedrag geprojecteerd kan worden.

Bij het ontwerpen van mens-computer systemen moet men voorkomen dat de mens *onderbelast* raakt, d.w.z. te weinig te doen, te weinig afwisseling tussen taken en te eenvoudig werk heeft. Mensen functioneren dan slecht en maken “onbegrijpelijke” fouten.

Ook moet men voorkomen dat men continu een zelfde soort eenvoudige taak moet uitvoeren waarbij sprake is van *vigilantie*: men hoeft eigenlijk nauwelijks na te denken, maar moet wel de aandacht erbij houden. Ook in deze situatie maakt de mens “onbegrijpelijke” fouten, zoals het niet waarnemen van gevaarlijke veranderingen in de omgeving.

Overbelasting is een situatie waarbij de mens zijn taken niet accuraat en volledig kan uitvoeren. Men moet teveel verschillende en complexe taken uitvoeren in een korte tijd.

Bij *cognitive lock-up* zit men “gevangen” in een probleem, dat niet eens een ernstig probleem hoeft te zijn. Er kan tegelijkertijd een veel ernstiger probleem opgetreden zijn. Toch is de mens geneigd om eerst dat ene probleem op te lossen, voordat men wil overstappen naar het aanpakken van het volgende probleem.

Bij het ontwerpen van mens-computer systemen zal men in eerste instantie moeten proberen om elke persoon in het *optimale belastingsgebied* te laten functioneren. Een probleem is dat dergelijke systemen om moeten kunnen gaan met een grote diversiteit aan omstandigheden of operationele eisen, waarbij met onzekerheid en ambigue informatie omgegaan moet worden. In de situaties dat de mens zijn taken niet meer goed uit kan voeren, kan de computer hem—als elektronische partner—ondersteunen bij het werk en andersom, als de *e-partner* onvoldoende kennis bezit voor zijn deel van het werk kan de mens deze kennis aanvullen. De praktische theorie over taakbelasting omvat theoretische noties over de effecten van dergelijke (cognitieve) ondersteuning. Hierin onderscheiden we verschillende ondersteunings- en interactievormen die elk een specifiek effect hebben op de mentale belasting en de uiteindelijke prestatie van het mens-computer systeem. Ik zal slechts enkelen hiervan kort kunnen beschrijven.

Taakcomplexiteit. Voor complexe en onzekere situaties ontwikkelt de mens meestal geen complete routines om mogelijke problemen op te lossen, zoals het stellen van een diagnose. Stelt u zich een astronaut voor die in het International Space Station aan het werk is. Een complexe omgeving waarin meerdere taken uitgevoerd moeten worden.

Een medisch apparaat, de Cardiopres, is op de astronaut aangesloten en registreert continu meerdere fysiologische gegevens, zoals hartslag en bloeddruk. De elektronische partner superviseert de Cardiopres op basis van een model van dit systeem en sensor informatie: hij bewaakt de “gezondheid” van het apparaat. Plots geeft het apparaat een aantal alarmen af. De astronaut en zijn elektronische partner kunnen elk niet zelfstandig het probleem oplossen. De elektronische partner neemt het initiatief en vraagt de astronaut om informatie over de toestand van het apparaat die het niet zelf kan vaststellen. Bijvoorbeeld of er in een draad een “knik” zit of dat de sensor nog goed aan het lichaam bevestigd is. Als de onzekerheid in voldoende mate is gereduceerd (d.w.z. de diagnose is afgerond) stelt deze partner een procedure op om het probleem op te lossen (bijvoorbeeld de procedure om een sensor te vervangen). Samen met Science & Technology hebben we een eerste prototype gebouwd die dergelijke ondersteuning levert (Het Support Crew OPeration systeem, SCOPE). Volgens de eerder besproken belastingstheorie voert de astronaut zijn of haar taak met elektronische partner op een meer routinematige wijze uit, waardoor de taakcomplexiteit geringer is. In

experimenten zijn we de gebruikersinterface met de onderliggende theorie aan het toetsen.

Taakwisselingen. Naast het reduceren van de taakcomplexiteit, kunnen de interactie en de ondersteuning zo ontwikkeld worden dat de belasting van taakwisselingen minimaal is. Wanneer je tikt op een toetsenbord, zal een tweede taak hiermee minder interfereren als deze met een afwijkende in- of uitvoermodaliteit uitgevoerd wordt (zoals spraak in plaats van het toetsenbord). Ook lijkt de interferentie kleiner als de onderbreking plaats vindt door middel van een ander apparaat (zoals een “echte” aparte telefoon die gaat rinkelen in plaats van een icoon of “virtuele telefoon” op de PC die gaat rinkelen)[14]. De theorie is dat taakkennis geactiveerd wordt en geassocieerd wordt met specifieke communicatieregels en objecten uit de buitenwereld. Door bij verschillende taken de communicatiekanalen zoveel mogelijk van elkaar te laten afwijken (bijvoorbeeld spraak versus toetsenbord) en ook met verschillende objecten te laten plaatsvinden wordt de interferentie geminimaliseerd. Om de belasting van taakwisselingen verder te minimaliseren kan de ondersteuning taakkennis aanbieden op basis van de prioriteiten die op dat moment gelden [10].

Bezettingstijd. Als de operator in de geldende omstandigheden onvoldoende tijd heeft om alle acties volledig uit te voeren, zou de elektronische partner een gedeelte van de taak kunnen overnemen, afhankelijk van de omstandigheden.

Een mooi voorbeeld is het werk van Jan van Delft, Jasper Lindenberg en Vincent van der Kruit [15]. De operator zit in de toekomstige commandocentrale van een marinefregat en bedient de harpoen in een gevechtssituatie. Mogelijke acties zijn: het selecteren van een doel, het plannen van de route van de harpoen via “way-points” en het vuren op een bepaald moment.

- Het computersysteem zou als een elektronische partner over de schouder van de operator mee kunnen kijken en specifieke acties kunnen *bekritisieren*. De partner kan bijvoorbeeld beoordelen of de geplande route risico's met zich meebrengt voor het raken van eigen manschappen. Deze risico's kan het systeem dan presenteren aan de operator, op grond waarvan de operator zijn plan kan verbeteren.
- Bij hoge tijdsdruk zou het systeem mee kunnen helpen. Ten eerste door, nadat de operator een doel heeft geselecteerd, direct een adequate harpoenroute te genereren. Ten tweede door binnen een

bepaalde tijdsperiode te waarschuwen wanneer de beste routemogelijkheid zich voordoet. Deze route kan dan als *advies* gepresenteerd worden.

- Als de beschikbare tijd nog korter is, zou het systeem zelfstandig een doel kunnen selecteren met harpoenroute. De operator zou vervolgens aan dit plan zijn instemming kunnen geven, het plan volgen, en de harpoen afvuren.
- Tot slot is een situatie denkbaar dat het systeem alle acties uitvoert en dat de operator alleen zijn veto kan uitspreken, dat wil zeggen de acties kan stoppen.

Opgemerkt moet worden dat de wijze waarop de operator zijn taken zal uitvoeren, afhangt van wat hij verder uitvoert of als ondersteuning krijgt. Als de *e-partner* bijvoorbeeld operator-acties bekritiseert of een deel overneemt kan de operator zijn overgebleven deel op een andere manier gaan invullen. Experimenten worden uitgevoerd voor de ontwikkeling van interactiemodellen die het gedrag van de mens én het gedrag van de *e-partner* omvatten mét de onderliggende kennisbasis en informatiestromen.

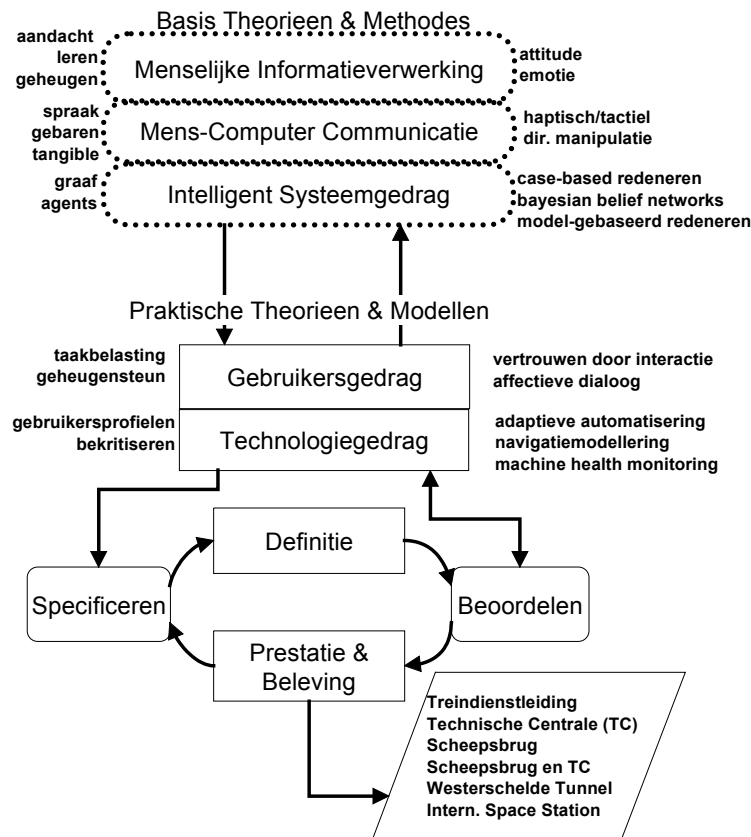
Bovengeschetste problematiek van adaptieve gebruikersinterfaces en dynamische taakallocatie wordt in meerdere projecten onderzocht met bijdragen van TU Delft. Het Intelligent Cockpit Environment (ICE) project richt zich bijvoorbeeld op de ontwikkeling van een Crew Assistance System dat advies levert, taken kan overnemen en aan alarmen prioriteiten kan toewijzen. In het kader van het DECIS lab wordt het COMBINED project uitgevoerd waarin o.a. diagnose-ondersteuning en bekritiseringfuncties worden ontwikkeld.

4. Cognitive Engineering

Ik heb nu een aantal voorbeelden genoemd van ondersteuningsvormen die in prototypes geoperationaliseerd zijn. Doordat de ontwikkeling en beproeving van deze prototypes in een breder Cognitive Engineering raamwerk plaatsvindt, verkrijgen we meer generieke kennis en technologische oplossingen.

Het voorgestelde raamwerk bevordert met name de inbreng vanuit drie disciplines.

Ten eerste kunnen theorieën over menselijke *cognitie* en *affectie* gebruikersgedrag helpen voorspellen. Voorbeelden zijn theorieën over aandacht [11], geheugen [16] en leren [13], die aan de basis staan van de eerder genoemde theorie over taakbelasting en cognitieve ondersteuning.



Figuur 2: Cognitive Engineering raamwerk.

Ten tweede zou fundamentele kennis over de mens-computer *communicatie* moeten helpen om de dialoog natuurlijk, maar ook efficiënt te laten verlopen. Momenteel verkrijgen we meer fundamentele inzichten over modaliteitseffecten bij taakwisselingen [14], op basis waarvan we de praktische theorie over taakbelasting kunnen verfijnen.

Ten derde is er voor de ontwikkeling van adaptieve systemen, fundamentele kennis nodig op het gebied van *intelligent systeemgedrag*. Bovenbeschreven praktische theorie onderscheidt bijvoorbeeld principes voor het door mens en computer gezamenlijk superviseren van een technisch apparaat op basis van modelgebaseerd redeneren [17].

Afzonderlijk leveren de genoemde basistheorieën en methodes veelal slechts deeloplossingen op voor een mens-computer interactie probleem. Praktische theorieën of modellen combineren algemene inzichten uit het fundamenteel onderzoek *en* proberen deze te vertalen naar concrete ontwerpoplossingen. Daarmee kunnen ze een brugfunctie vervullen van theorie naar toepassing.

In het voorgestelde Cognitive Engineering raamwerk sturen de praktische theorieën en modellen de ontwerp- en testcycli van prototypes. In een aantal slagen wordt een ontwerp steeds verder verfijnd totdat de utiliteit voldoet en het prototype opgeleverd kan worden. Echter, in dit raamwerk worden de evaluaties niet enkel uitgevoerd om—lokaal—een optimaal individueel systeem op te leveren. De evaluaties worden zo ingericht dat we de onderliggende theorieën of modellen kunnen valideren. Ze kunnen zelfs leiden tot verbetering van inzicht in fundamentele eigenschappen van mens en computer (zoals aandachtseffecten gedurende taakwisselingen). Op deze manier is het mogelijk in een volgend ontwerptraject—zelfs binnen een ander domein—de opgebouwde kennis verder te benutten en innovatieve oplossingen door te ontwikkelen. De toepassing van het Cognitive Engineering raamwerk voor de ontwikkeling van het model voor taakbelasting en de bijbehorende ondersteuningsvormen heeft bijvoorbeeld de volgende resultaten opgeleverd [10]:

- Een herallocatie voorstel voor taken van treindienstleiders en een eenvoudig prototype voor context-afhankelijke taakondersteuning;
- Het specificeren en beoordelen van verschillende systeemontwerpen voor de technische centrales van een marinefregat;
- De analyse en het ontwerp van gecombineerde taakverdelingen voor de brug en technische centrale van een marinefregat;
- Het ontwerp en de implementatie van een geïntegreerde brug op een koopvaardijship;
- Het beoordelen van een ontwerp en opstellen van verbeteringsvoorstellen voor de operatorpost van de Westerscheldetunnel;

- De ontwikkeling van intelligente gebruikersinterfaces voor de bemande ruimtevaart.

Samengevat bevordert het Cognitive Engineering raamwerk een kruisbestuiving tussen fundamenteel en toegepast onderzoek. Belangrijk is dat beide soorten onderzoek niet op elkaars uitkomsten hoeven te wachten en zelfstandig aan de slag kunnen. Hierbij moeten ze wel proberen om expliciet van elkaars uitkomsten gebruik te maken. Voor verkennend onderzoek dat binnen een bepaalde periode een toepassingsoogmerk heeft, kan de aanpak bijdragen aan het initiëren en uitwerken van fundamentele onderzoeksvragen.

5. e-Partners voor de Consument

Graag wil ik u nu laten zien dat de beschreven aanpak ook bruikbaar is in weer een heel ander domein: de toekomstige “ICT-rijke” consumenten- en kantooromgevingen [18]. Denk bijvoorbeeld aan “smart homes”, intelligente auto’s en personalisatie van informatietechnologie op kantoorwerkplekken. Praktische theorieën en modellen zouden met name moeten helpen om een breed scala aan elektronische diensten toegankelijk te maken voor diverse gebruikersgroepen in variërende gebruikscontexten. Ik zal kort een aantal voorbeelden noemen.

Een deel van de problemen die ouderen hebben met het navigeren in websites kan verklaard worden door hun verminderde vermogen om mentale voorstellingen op te bouwen en te manipuleren. Volgens de opgestelde praktische theorie kunnen de ouderen mede hierdoor geen goed “situationeel bewustzijn” opbouwen tijdens het navigeren in websites [19]. Om dit “bewustzijn” te versterken hebben we drie vormen van gebruikersondersteuning ontwikkeld die met name nuttig lijken voor ouderen (“landmarks”, “history map” en navigatie-assistent) [20]. Voortbouwend op deze nieuwe inzichten zijn we in een vervolgtraject methodes en technologie aan het ontwikkelen om metingen van gebruikersgedrag te vertalen in een gebruikersmodel. Eelco Herder maakt daarbij gebruik van de graaftheorie om dit gedrag te modelleren en te beoordelen [21].

De alomtegenwoordige informatie- en communicatietechnologie biedt geheel nieuwe mogelijkheden voor—en stelt ook andere eisen aan—de inrichting van de mens-computer interactie. Frogg [22] stelt

bijvoorbeeld dat het voor mobiele diensten belangrijk is om “Persuasive Technology” te ontwikkelen waarin de principes van Kairos toegepast worden. Kairos is een term uit het oud Grieks en heeft betrekking op “het vinden van het opportune moment om een bericht aan te bieden”. Mobiele apparaten en draadloze netwerken maken het in principe mogelijk om dit te realiseren, waarbij ze rekening zouden moeten houden met de fysieke locatie, typische routines van de gebruiker, tijdstip van de dag, de doelen voor deze dag en de huidige taak van deze gebruiker. Op deze manier zou bijvoorbeeld gezondheidsbevorderend gedrag van de gebruiker ondersteund kunnen worden. Momenteel werken we aan een praktische theorie die aangeeft welke interactiekenmerken effect hebben op het vertrouwen in een dienst of apparaat. In een recent experiment bleek dat gebruikers minder vertrouwen opbouwden in elektronische diensten als ze via een klein mobiel apparaat gebruik maakten van de dienst ten opzichte van een grotere laptop. Dit resultaat leek op te treden, doordat de interactie via het mobiele apparaat meer tijd kostte [23]. Als de gebruikersinterface “uitlegt” waarom de dialoog met dit apparaat in de huidige context minder goed verloopt, blijkt hiermee de interactie beter te verlopen en kan dit een aanzienlijk positief effect hebben op het vertrouwen [24].

Juist in de mobiele context kan de aandacht snel afgeleid worden van de interactie. Een praktische theorie over taakwisselingen hebben we al kort bij de “belastingskubus” behandeld. Stacey Nagata [14] probeert op basis van deze theorie, aangevuld met recente theorieën over aandacht, ondersteuningsvormen te generen die helpen om een taak weer op te pakken of, indien gewenst, uit te stellen. Opgemerkt moet worden dat de mobiele context technische randvoorwaarden kan opleggen voor de inrichting van de dialoog. De netwerkverbinding kan buitenshuis bijvoorbeeld anders zijn dan binnen of de batterij kan bijna leeg zijn na een langere gebruiksperiode. In het Freeband CACTUS-project proberen we o.a. een normatief mentaal model te ontwikkelen dat de gebruiker zou helpen om te gaan met interface-adaptaties op grond van context-effecten. Ondersteuning gebaseerd op het ontwikkelde model bleek wel de prestatie te verbeteren, maar—onverwacht—het leren te verslechteren [24]. Het leren van het relatief eenvoudige adaptatiemechanisme ging in het algemeen al slecht. De vraag die we momenteel proberen te beantwoorden is in hoeverre het wenselijk of nodig is dat de gebruiker een mentaal model opbouwt van het adaptieve systeem.

6. Conclusies

In het algemeen karakteriseert de mens zich door een enorme mate van adaptiviteit. Wanneer een technisch systeem zich gaat aanpassen aan de mens, zal deze mens zich hier weer aan aanpassen. Dit betekent dat je voor het realiseren van effectieve adaptieve systemen, het adaptieve gedrag van het systeem en van de mens in samenhang moet bestuderen. Een mooi voorbeeld van een systeem waar onverwachte effecten optraden is TiVo. TiVo is een “intelligente” digitale videorecorder die een interesseprofiel opbouwt van een gebruiker aan de hand van een aantal door de gebruiker gekozen voorbeelden. Op basis van dit profiel neemt het automatisch de programma’s op waarvan het vermoedt dat de gebruiker ze leuk of interessant vindt. Een artikel op WSJ.com [25] beschrijft de volgende ervaring met het systeem:

“Meneer Iwanyk, 32 jaar oud, veronderstelde op een gegeven moment dat zijn TiVo dacht dat hij homo was. Om onverklaarbare redenen bleef het namelijk programma’s opnemen met homo-thema’s. Als directeur van een filmstudio en zelfomschreven ‘straightest man on earth’, probeerde hij TiVo’s homofixatie te temperen door oorlogsfilms op te nemen en andere ‘films voor mannen’. ‘Het probleem was dat ik ging overcompenseren’, zei hij. ‘TiVo begon me toen documentaires over Joseph Goebbels en Adolf Reichman aan te bieden. Het dacht niet meer dat ik homo was en had besloten dat ik een vreemde man was die gaarne aan het Derde Rijk teruggedacht’.”

Dit voorbeeld laat goed zien wat er kan gebeuren als twee adaptieve actoren—de mens en de computer—zich continu aan elkaar gaan aanpassen. Het resultaat kan een onstabiel mens-computer systeem zijn met vreemde uitkomsten.

De titel van mijn rede is “*e*-Partners op Maat”. Wellicht had u verwacht dat hierin veel meer ingegaan zou worden op de ontwikkeling van virtuele assistenten met mens- of cartoonachtige gedaantes. Mijn verhaal ging echter meer over de inhoud van de ondersteuning die een *e*-partner kan leveren, die voor de mens vaak “onzichtbaar” kan zijn. De *e*-partner hoeft niet zo zeer een kopie te zijn van menselijke partners, maar gebruikt zijn specifieke—op informatica gebaseerde—capaciteiten om de momentane cognitieve capaciteiten van een persoon aan te vullen. Hierbij moet wel opgemerkt worden dat de mens, in interactie met de computer, lijkt te reageren alsof de computer menselijke eigenschappen bezit [26]. Meer inzicht in dergelijke reacties is noodzakelijk voor het

realiseren van adequate, “slimme” elektronische partners waar goed mee samengewerkt kan worden. Ook voor virtuele partners die geen mensachtige verschijningsvorm hebben. Ik heb geprobeerd te verduidelijken dat het ontwikkelen en valideren van de kennis en toepassing het best in een Cognitive Engineering raamwerk kan plaatsvinden, waarin innovatieve oplossingen gecreëerd worden door inbedding in, en combinatie van, theorieën uit verschillende disciplines en empirische beproeving via fundamenteel en toegepast onderzoek. Op deze manier gaat de ontwikkeling van technologie en theorie over de elektronische en menselijke maat “hand in hand”. Hierbij heb ik drie belangrijke onderzoeksthema’s onderscheiden:

1. Het eerste thema heet *Gebruikerondersteunende Interactie*: het ontwikkelen van nieuwe interactieparadigma’s voor het leveren van taakondersteuning en mens-machine samenwerking. Deze ondersteuning zal adaptief zijn en heeft een vermogen tot leren, o.a. op grond van gebruikersprofilering. De samenwerking tussen mens en computer dient (o.a.) om adequaat om te gaan met ambigue, onzekere, onvolledige en soms zelfs tegenstrijdige informatie. Voortbouwend op eerder werk van Charles van der Mast proberen we bijvoorbeeld voor “Virtual Reality Exposure Therapy”, zoals voor hoogtevrees, e-partners te ontwikkelen voor de therapeut en voor de cliënt [27].
2. Het tweede thema heet *Multimodale Communicatie*: het ontwikkelen van gebruikerinterfaces die voorzien worden van “natuurlijke” communicatiemodaliteiten zoals spraak, gebaren, lipbewegingen, blikrichting en gezichtsexpressies. U kunt hierbij bijvoorbeeld denken aan een natuurlijke dialoog met virtuele partners door adequaat gebruik en beoordeling van emoties in gezichtsexpressies, waarbij voortgebouwd kan worden op werk van Maja Pantic en Leon Rothkranz [28].
3. Het derde thema heet *Intelligent Systeemgedrag*: het ontwikkelen van beslisgedrag in een systeem met daarvoor geschikte methoden en technieken uit de Artificiële Intelligentie vanuit de hierboven genoemde twee thema’s. Dit betekent dat het systeemgedrag aan zal moeten sluiten bij het menselijk probleemoplosgedrag en communicatiestijl. Binnen het CACTUS-project ontwikkelen Jan Misker en Wouter Pasman bijvoorbeeld “agent-based” ondersteuning [29] voor het vinden van elektronische diensten en het “gedistribueerd plannen” van een afspraak tussen verschillende personen met elk specifieke preferenties [30, 31].

Lopende en geplande onderzoeksprojecten bieden goede kansen om onderzoek rond deze thema's op nationaal en op internationaal niveau uit te werken. Nationaal zal dit naar verwachting bijvoorbeeld plaatsvinden binnen de Bsik-programma's MultimediaN en Freeband, en projecten voor STW, NWO en IOP-MMI. Internationaal gaan we ons o.a. richten op het versterken van de samenwerking met het Georgia Institute of Technology.

7. Onderwijs

De informatietechnologie ontwikkelt zich steeds verder en de mens zal meer en meer omgeven worden door intelligente technologie [32]. Er komen nieuwe mogelijkheden voor de inrichting van interactieve systemen die andere omgangsvormen voor de gebruiker met zich meebrengen, zoals de omgang met elektronische partners. In dit kader heeft TU Delft ongeveer drie jaar geleden een nieuwe opleiding gestart binnen de Technische Informatica: Media en Kennis Technologie (MKT). De MKT opleiding kent vier afstudeerrichtingen: Informatie- en Communicatie Theorie, Data- en Kennissystemen, Computer Graphics en Mens-Machine Interactie. Als deeltijdhoogleraar Mens-Machine Interactie, voor een dag in de week, geef ik invulling aan het onderzoek en onderwijs binnen de laatst genoemde richting. Hiermee hoop ik met name een bijdrage te leveren aan de ontwikkeling van de kennis en vaardigheden voor het realiseren van interactieve systemen die aansluiten bij de wensen en mogelijkheden van de mens.

Samengevat zal mijn onderzoek en onderwijs o.a. bijdragen aan de ontwikkeling van kennis en technologie voor *e*-partners die mijn kleinkinderen wellicht zelf kunnen inrichten en vormgeven. Deze partner kan dan bijvoorbeeld daadwerkelijk meehelpen bij het bereiden van een maaltijd door het bereidingsplan—waar nodig—te bekritisieren en het bereidingsproces te bewaken. Het resultaat is een heerlijke nieuwe combinatie van gerechten, die op het juiste moment geserveerd worden.

8. Woord van Dank

Een enorm aantal personen heeft mij geholpen bij de theorie- en visie-ontwikkeling, en de praktische toepassingen van mens-computer interactie. In Leiden versterkte Lex van der Heijden mijn interesse in cognitieve theorieën en de empirische beproeving hiervan, en werd ik geïnspireerd door Willem Albert Wagenaar om de complexe “human factors” problemen—die zich in de praktijk kunnen voordoen—te doorgronden. Dankbaar ben ik Bert Mulder, mijn promotor uit Groningen, voor de enthousiaste ondersteuning van de door mij gekozen onderzoekslijn en Bob Wielinga dat ik dit promotie-onderzoek in Amsterdam kon uitvoeren. Maar bovenal ben ik Paul de Greef zeer dankbaar voor de begeleiding die hij leverde, zijn heldere kijk op het vakgebied mens-computer interactie en zijn hulp bij het opdoen van relevante kennis over informatica en artificiële intelligentie.

Ik dank TU Delft, het College van Bestuur, de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica, en de afdeling Mediamatica voor het vertrouwen dat zij in mij hebben gesteld. Enthousiast ben ik over de multidisciplinaire samenwerking en het oppakken van nieuwe ontwikkelingen binnen mens-computer interactie. Ik ben de Stichting Lorentz-van Itersonfonds TNO (LIFT) dankbaar voor de ondersteuning van mijn deeltijdhoogleraarschap. Onderzoek is teamwerk. Bij TNO en TU Delft vind ik een breed scala aan menselijke partners die het mogelijk maken om innovatief en complex onderzoek uit te voeren. De goede samenwerking binnen en tussen de Usability Engineering groep van TNO Human Factors en de Mens-Machine Interactie groep bij TU Delft garanderen een prima onderzoeksprestatie en –beleving.

Tot slot wil ik nog degenen noemen die mij het meest van nabij ondersteund hebben: mijn familie. Mijn ouders Wil en Laura hebben mij de positief kritische houding en het zelfvertrouwen gegeven die nodig zijn om je weg te vinden in de onderzoekswereld. Helaas heeft Laura deze stap in mijn carrière niet meer mee kunnen maken.

Partners voor dag en nacht zijn ze: Johanne, Anouk, Merlijn en Laurant. Bedankt voor het begrip, de hulp, het enthousiasme en jullie aanwezigheid.

Ik dank u voor uw aandacht.

Ik heb gezegd.

9. Referenties

- [1] Tran, Q. & Mynatt, E. (2003). *What Was I Cooking? Towards Deja Vu Displays of Everyday Memory*. Technical Report GIT-GVU-TR-03-33. Georgia, Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- [2] Schneider-Hufschmidt, M., Kühme, T., & Malinowski, U. (1993). *Adaptive user interfaces : principles and practices* (Human factors in information technology, 10 ed.). Amsterdam : North-Holland.
- [3] Card, S.K., Moran, T.P. and Newell, A. (1983). *The psychology of human-computer interaction*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- [4] Kieras, D.E. and Meyer, D.E. (1994). *The EPIC architecture for modeling human information-processing and performance: a brief introduction*. EPIC report 1: p1-14. University of Michigan.
- [5] Gray, W. D., & Kirschenbaum, S. S. (2000). Analyzing a novel expertise: An unmarked road. In Schraagen, J.M.C., Chipman, S.E. & Shalin, V.L. (Eds.), *Cognitive Task Analysis*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [6] Green, T.R.G. (1998). The conception of a conception. *Ergonomics*, 41, 143-146.
- [7] Nardi, B.A. (ed.) (1996). *Context and consciousness. Activity theory and human-computer interaction*. Cambridge, MA: the MIT press.
- [8] Green, T.R.G. (1990). Limited theories as a framework for human-computer interaction. In D. Ackerman & M.J. Tauber (Eds.) *Mental models and human-computer interaction 1*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publishers.
- [9] Simon, H.A. (1981). *The sciences of the artificial, second edition*. Cambridge, etc., England: The MIT Press.
- [10] Neerincx, M.A. (2003). Cognitive task load design: model, methods and examples. In: E. Hollnagel (ed.), *Handbook of Cognitive Task Design*. Chapter 13. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- [11] Rogers, R.D. and Monsell, S. (1995). Costs of a predictable switch between simple cognitive tasks. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124, 2, 207-231.
- [12] Rasmussen, J. (1986). *Information processing and human-machine interaction: an approach to cognitive engineering*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier Science Publishers.
- [13] Anderson, J.R. (1993). *Rules of the mind*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [14] Nagata, S.F. (2003). Multitasking and Interruptions During Mobile Web Tasks. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*.
- [15] Lindenberg, J. Meij, G. & Schraagen, J.M.C. (2002). *Studie commandovoering DO-2: thema besluitvorming*. Report: TM-02-A037. Soesterberg, The Netherlands: TNO Human Factors.
- [16] Baddeley, A.D. (1992). Working memory. *Science*, 255, 556-559.
- [17] Bos, A. (2001). Model-based Health Tracking, *IEEE Systems Readiness Technology Conference (AUTOTESTCON-2001)*, Falley Forge (PA), pp. 352—365.

- [18] Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3), 94-104.
- [19] Neerincx, M.A., Lindenberg, J., Rypkema, J.A. & Van Besouw, N.J.P. (2000). *A practical cognitive theory of Web-navigation: Explaining age-related performance differences*. Position paper Workshop "Basic Research Symposium" CHI2000. (Paper was also included in Seminar Proceedings "Towards a user-friendly Web", Amsterdam: www.internetusability.com).
- [20] Neerincx, M.A., Lindenberg, J. & Pemberton, S. (2001). Support concepts for Web navigation: a cognitive engineering approach. *Proceedings Tenth World Wide Web Conference*, pp. 119-128. New York, NY: ACM Press.
- [21] Herder, E. & Dijk, B. van (2003). From browsing behavior to usability issues. *Proc. 10th Int. Conference on Human-Computer Interaction*, Vol. 3, 452-456. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- [22] Fogg, B.J. (2003). *Persuasive technology: Using computers to change what we think and do*. Amsterdam etc: Morgan Kaufmann Publishers
- [23] Neerincx, M.A. & Streefkerk, J.W. (2003). Interacting in Desktop and Mobile Context: Emotion, Trust and Task Performance. *EUSAI Conference Proceedings*. Eindhoven, Netherlands.
- [24] Paymans, T.F., Lindenberg, J. & Neerincx, M.A. (to appear). *Usability trade-offs for adaptive user interfaces: Ease of use and learnability*.
- [25] Zaslow, J. (2002). If TiVo Thinks You Are Gay, Here's How to Set It Straight. *The Wall Street Journal*.
- [26] Reeves, B., & Nass, C. (1996). *The Media Equation: How People Treat Computers, Television, and New Media Like Real People and Places*. Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- [27] Schuemie, M., van der Straaten, P. Krijn, M., and van der Mast, C. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *CyberPsych. Behav.* 4(2), pp. 183-201.
- [28] Pantic, M. & Rothkrantz, L.J.M. (2000). Automatic analysis of facial expression: The state of the art. *IEEE Trans. On Pattern Anal. Machine Intelligence*, vol. 22, pp. 1424-1445.
- [29] R. H. Guttman, A. G. Moukas, and P. Maes (1998). Agent-mediated electronic commerce: A survey. *The Knowledge Engineering Review*, 13(2), pp. 147-159.
- [30] Misker, J.M.V. (2003). *Intelligent user support in ad-hoc mobile networks*. Deliverable of CACTUS-project, www.cactus.tudelft.nl.
- [31] Pasma, W. (to appear). *Organizing ad-hoc agents for human-oriented service matching*.
- [32] Aarts, E., Harwig, R. & Schuurman, M. (2001). Ambient Intelligence. In P. Denning (Ed.), *The Invisible Future* (pp. 235-250). New York: McGraw Hill.