

Met vaste hand

Nationale Onderzoeksagenda Informatie- en
Communicatietechnologie (NOAG-ict) 2005 – 2010



Met vaste hand

**Nationale Onderzoeksagenda Informatie- en
Communicatietechnologie (NOAG-ict) 2005 – 2010**

met vaste hand
het schone ideaal
nogmaals ingezeept
gewassen en geschoren

Lucebert

De NOAG-ict 2005 – 2010 is tot stand gekomen in nauwe samenwerking tussen het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN), de Adviescommissie Informatica (ACI) van het NWO-gebied Exacte Wetenschappen en andere vertegenwoordigers uit het ICT-onderzoeksveld vertegenwoordigd door de technologiestichting STW.

Redactieadres

Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN)
P/a NWO Exacte Wetenschappen
Postbus 93460
2509 AL Den Haag
ipn@nwo.nl
www.informaticaplatform.nl

Redactie

Dr. M. Kas (NWO EW) en dr. ir. F. Karelse (STW)

Vormgeving

Studio Bau Winkel, Den Haag

Druk

Albani drukkers, Den Haag

Oplage

3.500 exemplaren

Den Haag, juli 2005

Inhoudsopgave

Samenvatting 5

Voorwoord 9

1 Inleiding 13

2 Begrips- en positiebepaling

2.0 De informatiecyclus 20

2.1 Afbakening ICT- en informaticaonderzoek 21

2.2 Structurering van het ICT-onderzoeksveld 22

2.3 Onderzoeksthema's: bruggen tussen ICT-disciplines en technologieën en toepassingsgebieden 27

2.4 Toepassingsgebieden 31

3 Negen ICT-onderzoeksthema's

3.0 Inleiding 35

3.1 De computer van de toekomst 37

3.2 De data-explosie 39

3.3 Digitale beleving 43

3.4 Digitale veiligheid 45

3.5 De genetwerkte wereld 48

3.6 Intelligente systemen 55

3.7 Methoden voor ontwerpen en bouwen 60

3.8 De onzichtbare computer 65

3.9 Het virtuele laboratorium 69

4 Samenwerking met andere wetenschapsgebieden

4.0 Inleiding 74

4.1 Cultureel erfgoed en ICT 76

4.2 Astronomie en ICT 77

4.3 Veiligheid: rechtshandhaving en geschillenbeslechting en ICT 79

4.4 Bioinformatica 83

4.5 Samenwerking in ontwikkeling 86

4.5.1 Zorg en ICT 86

4.5.2 Verkeer & vervoer en ICT 88

4.5.3 Stedelijke ruimte en ICT 89

5 Investeren in infrastructuur

5.0 Inleiding 91

5.1 Stand van zaken: breedband en supercomputer 91

5.2 Stand van zaken: grids en e-science 92

5.3 Europese ontwikkelingen in grids en e-science 93

- 5.4 Clustercomputers 94
- 5.5 Toekomstige ontwikkelingen 95
- 5.6 Conclusie 96

6 Structuur en financiering van het ICT-onderzoeksveld

- 6.0 Structuur 97
- 6.1 Omgeving 99
- 6.2 Financiering 100
- 6.3 Mensen 100
- 6.4 Knelpunten 101

7 Middelen voor de verwezenlijking van de ambities

- 7.0 Inleiding 104
- 7.1 Analyse van sterktes en zwaktes, kansen en bedreigingen 104
- 7.2 Twee toekomstbeelden 106
 - 7.2.1 Optimistisch toekomstbeeld: de computer van de toekomst – Dutch Design 106
 - 7.2.2 Somber toekomstbeeld: De ark van Noag gemist 107
- 7.3 Strategie: met vaste hand de kansen grijpen 108
 - 7.3.1 Versterken samenwerking 110
 - 7.3.2 Creëren van nieuwe ICT-opties voor maatschappij en economie 113
 - 7.3.3 Verdiepen onderzoeksinspanningen 115
 - 7.3.4 Inlopen achterstanden 117
- 7.4 Effect: de kansen gegrepen 119

Geraadpleegde (beleids)documenten 122

Afkortingen 124

Bijlagen

- I Proces en bijdragen 128
- II Evaluatie NOAG-i 2001-2005 133
- III ICT-themaboom 140
- IV Omvang ICT-onderzoeksgroepen 142
- V Overzicht lopende ICT-onderzoeksprogramma's 144
- VI Karakteristiek enkele ICT-kennisnetwerken 149

Samenvatting

Met vaste hand bieden de Nederlandse ICT-onderzoekers u de Nationale Onderzoeksagenda ICT 2005-2010 aan. Het is niet ‘zomaar’ een onderzoeksagenda geworden, het is een vademecum van de hele Nederlandse innovatieve ICT-onderzoekswereld. De NOAG-ict is in vier opzichten een geïntegreerd document:

- het bewerkstelligt integratie binnen het ICT-onderzoeksveld doordat het onderzoeksterrein ten opzichte van de voorgaande onderzoeksagenda, de NOAG-i 2000-2005, is verbreed tot die delen van de communicatie- en hardwaretechnologie die onverbreekbaar met de informatica verbonden zijn;
- het formuleert een samenhangende visie op de samenwerking met andere wetenschapsgebieden;
- het behandelt de samenhang tussen ICT-onderzoek en infrastructurele voorzieningen als grids en rekenfaciliteiten;
- het bundelt het strategische beleid van de verschillende partijen in de eerste en tweede geldstroom die een rol vervullen in het financieren van het ICT-onderzoek.

Deze NOAG-ict is ook om een andere reden geen gewoon beleidsdocument. Het is – na een intensief proces van creatieve afstemming en synergie – de samen geschreven en gedragen agenda van tenminste 150 ICT-onderzoekers, gefaciliteerd door NWO Exacte Wetenschappen en de technologiestichting STW.

Met de Nationale Onderzoeksagenda ICT 2005-2010 heeft het onderzoeksveld maar één doel: met waardevolle eigen inbreng de kansen benutten die Europa, de economie, maatschappij en wetenschap bieden. De NOAG-ict maakt helder hoe dit doel te bereiken en wat de voorwaarden voor succes zijn. Veelbelovende onderzoeksrichtingen voor innovatie zijn samengebracht in negen aansprekende ICT-onderzoeksthema’s:

- *De computer van de toekomst*
- *De data-explosie*
- *Digitale beleving*
- *Digitale veiligheid*
- *De genetwerkte wereld*
- *Intelligente systemen*
- *Methoden voor ontwerpen en bouwen*
- *De onzichtbare computer*
- *Het virtuele laboratorium*

Door de bundeling van ICT-disciplines en -technologieën in deze thema’s wordt een brug geslagen tussen de sterktes van het Nederlandse funderende ICT-onderzoek en de belangrijke applicatie- en sleutelgebieden zoals onder andere benoemd door het Innovatieplatform. De NOAG-ict bevat het portfolio van het

Nederlandse ICT-onderzoek dat de basis kan vormen voor het beleid van het Nationale Regieorgaan voor ICT-onderzoek en -innovatie (ICTRegie), ter stimulering van valorisatietrajecten en versterking van de kennisketen.

De NOAG-ict geeft aan op welke wijze en met welke extra middelen het onderzoeksveld de centrale doelstellingen van ICT-onderzoek en -innovatie met kracht zal kunnen realiseren:

- het ontwikkelen van nieuwe informatie- en communicatietechnologie die in innovatie- en valorisatietrajecten kan leiden tot economische waardevermeerdering;
- het verrichten van excellent onderzoek dat leidt tot nieuwe ideeën en onverwachte vindingen, waartoe de gestructureerde kaders van deze agenda uitdagen;
- het participeren in internationale consortia, zodat de resultaten van onderzoek en innovatie versneld in Nederland tot economische waardevermeerdering zullen leiden en een impuls aan het Nederlandse onderzoek kunnen geven;
- het overdragen van kennis naar andere wetenschapsgebieden, bedrijfsleven en andere maatschappelijke partijen, opdat ook langs deze weg de broodnodige versnelling in de overdracht van kennis naar ‘kunde’ en ‘kassa’ kan worden bereikt.

Het onderzoeksveld heeft de afgelopen jaren zelf veel geïnvesteerd in zijn eigen structurering en bloei, o.a. met de oprichting van het Informaticaonderzoek Platform Nederland (dat ter implementatie van deze NOAG-ict zal worden omgevormd tot het ICT-onderzoek Platform Nederland), met de vorming van Bsik-consortia, in de opleiding van aanzienlijke aantallen studenten en in de begeleiding van het vele tijdelijke personeel dat kon worden geworven dankzij extra inzet van middelen uit Bsik, het actieplan ‘Concurreren met ICT Competenties’ en het stimuleringsbeleid van NWO EW.

Voor het veld bieden de bovengenoemde doelstellingen veel perspectief maar ze zijn gegeven de huidige omvang in combinatie met de omvangrijke onderwijslast onmogelijk te realiseren. Daartoe zijn extra investeringen nodig. Extra investeringen die moeten leiden tot een structurele versterking van de kennisbasis, met name wat betreft de omvang van het middenkader.

Deze onderzoeksagenda toont aan dat er voor het realiseren van de doelstellingen moet worden geïnvesteerd in:

- centra/netwerkinstituten van verschillend formaat om samenwerking en onderzoek op diverse applicatiegebieden te bevorderen;
- programma’s voor het ontwikkelen van nieuwe ICT-opties en van nieuw onderzoekspotentieel;
- ‘talent’ voor het versterken van excellent onderzoek, excellente onderzoekers en hun carrièreperspectief;

- projecten voor het stimuleren van excellent onderzoek en het detecteren en laten bloeien van nieuwe ICT-opties;
- investeringen voor het uitbouwen en benutten van de Nederlandse voor-sprong op het gebied van computing faciliteiten en grids, alsmede voor de ontwikkeling van demonstrators, virtuele werkplaatsen et cetera.

Kennisdisseminatie en ‘outreach’, ook in relatie tot onderwijs, maken een integraal en significant deel van uit van alle activiteiten.

Voor de uitvoering van dit samenhangende en breed gedragen plan is in eerste instantie een investering van M€ 45 per jaar nodig die dynamisch zal worden ingezet ter versterking van het ICT-onderzoeksveld langs bovengenoemde lijnen. Het zal leiden tot een vergroting van de onderzoekscapaciteit van 440 fte. Daartoe is een uitbreiding van het personeelsbestand met 535 onderzoekers nodig, waarvan een groot deel tenure track/middenkader, een groep die essentieel is voor het bereiken van de doelstellingen. Het is reëel en haalbaar om deze versterking in 2010 bereikt te hebben. Hiermee kan een volgende stap gezet worden in het realiseren van de ambities die al in 2001 door de Taskforce-ICT-en-Kennis (Taskforce Le Pair) zijn neergezet, namelijk de verdubbeling van de onderzoekscapaciteit.

Voorwoord

De Nationale Onderzoeksagenda Informatica (NOAG-i) is inmiddels een traditie geworden: in 1997 en 2001 zijn eerdere versies verschenen. Deze onderzoeksagenda's zijn zeer succesvol gebleken in het organiseren van ons vakgebied en in het vergroten van het onderzoeksvolume.

De nu voor u liggende Nationale Onderzoeksagenda ICT 2005-2010 (kortweg NOAG-ict) is om een aantal redenen opmerkelijk. Opmerkelijk zijn twee letters in de titel: de C en de T. Terwijl de vorige edities van de NOAG-i zich alleen op de informatica als vakgebied richtten, hebben wij er nu voor gekozen om het gebied van de informatie- en communicatietechnologie bij de onderzoeksagenda te betrekken. Hier zijn inhoudelijke en politieke redenen voor. Een inhoudelijke reden is dat de interactie tussen pure informatica en op communicatie en hardware gerichte disciplines groter wordt naarmate ICT in meer delen van wetenschap, overheid, industrie en dienstverlening een rol gaat spelen. Bovendien vereisen de uitdagende ICT-toepassingen waar we ons voor geplaatst zien een integrale aanpak over de deeldisciplines van de ICT heen. Een politieke reden is dat met de recente komst van het Nationaal Regieorgaan voor ICT-onderzoek en -innovatie, het voor de hand ligt dat wij als onderzoekers zelf een agenda voor het hele gebied opstellen.

Het formuleren van de NOAG-ict heeft vragen opgeroepen over de afbakening van het gebied waar de agenda zich op richt. We hebben pragmatisch gekozen voor die delen van C en T die onverbreekelijk met de I verbonden zijn en sluiten bijvoorbeeld de nanotechnologie en de grootste delen van de natuurkunde buiten, maar communicatietechnologie en computer aided circuit design vallen bijvoorbeeld wel onder de NOAG-ict. Het combineren van deze gebieden leidt nu al tot kruisbestuiving in het onderzoek en ook tot een betere organisatie van de onderzoekers in het hele gebied van de ICT. Het ligt voor de hand om het Informaticaonderzoek Platform Nederland zodanig om te vormen dat dit platform namens alle ICT-onderzoekers kan spreken.

Opmerkelijk zijn de thema's die we in deze NOAG-ict presenteren. Terwijl de vorige agenda's rond discipline-gerichte thema's opgezet waren, kiezen we nu voor extraverte, voor de maatschappij goed herkenbare, thema's. Voor ons allemaal zijn deze nieuwe thema's nog even wennen, maar ze vormen een brug tussen disciplinair onderzoek en zowel bedrijfsleven als maatschappij. Ze zullen bijdragen aan de herkenbaarheid en bloei van ons vakgebied.

Het grote aantal (meer dan honderd) onderzoekers dat actief heeft bijgedragen aan deze agenda is ook opmerkelijk. Naast bijeenkomsten met presentaties en discussies is ook een elektronisch discussieforum gebruikt om de inhoud van een deel van deze agenda tot stand te brengen. Daarnaast hebben de leden van de Adviescommissie Informatica (ACI), het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN), het Gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen (GBE) en het Bestuur van Technologiestichting STW een zeer constructieve bijdrage geleverd. Ik wil in het bijzonder prof. dr. E.H.L. Aarts (voorzitter GBE), prof. dr. P.M.G. Apers (voorzitter STW) en prof. dr. ir. P.M. Dewilde (voormalig voorzitter STW) bedanken voor hun creatieve bijdragen en stuurmanskunst. Dank aan al diegenen die aan deze NOAG-ict hebben bijgedragen. Persoonlijke vermelding in dit voorwoord is helaas niet mogelijk, maar alle namen kunt u vinden in bijlage 1. De totstandkoming van deze NOAG-ict is een bijzonder geslaagd collectief project geweest waar we trots op mogen zijn.

Tenslotte is het te danken aan de onvermoeibare inzet van dr. M. Kas (coördinator informatica bij NWO Exacte Wetenschappen), dr. ir. F. Karelse (programma-medewerker STW), dr. A.P. Meijler (directeur NWO Exacte Wetenschappen) en dr. ir. A.A.J.M. Franken (directeur STW), dat deze NOAG-ict in deze vorm voor u ligt.

Ik verwacht dat deze actuele onderzoeksagenda een bruikbaar kader vormt voor uitstekend en uitdagend ICT-onderzoek in de komende jaren.

Prof. dr. P. Klint
Voorzitter IPN en ACI

De NOAG-ict geeft focus en massa aan de grote wetenschappelijke uitdagingen op ICT-gebied. De agenda laat zien dat het ICT-onderzoeksgebied zich goed georganiseerd heeft en klaar is om de ambities te realiseren die verwoord zijn door de Taskforce ICT-en-Kennis en het ICT-Forum, en die overgenomen zijn door het Nationaal Regieorgaan voor ICT-onderzoek en -innovatie, inclusief de verdubbeling van het onderzoeksvolume.

Het belang van de NOAG-ict is groter dan ooit tevoren, om de volgende drie redenen. Ten eerste omdat een goede formulering van de wetenschappelijke uitdagingen op ICT-gebied kan leiden tot een betere afstemming van de nationale onderzoeksinspanningen. Daardoor kan de overlap gereduceerd worden ten gunste van een verdere uitbouw van onze zwaartepunten. Dit zal de kwaliteit van ons onderzoek nog verder vergroten. Ten tweede schept de NOAG-ict helderheid in de structuur van het ICT-onderzoeksgebied door duidelijkheid te geven over de nationale zwaartepunten en de personen die daarop aangesproken willen worden. Dit vergroot de kans op succesvolle overdracht van resultaten naar het bedrijfsleven dat behoefte heeft aan duidelijke aanspreekpunten voor bepaalde onderwerpen. Ten slotte is de NOAG-ict van belang

voor het bepalen van onze positie binnen Europa. Als Nederland wil samenwerken in een verenigd Europa zal het zich moeten kunnen handhaven in een krachtenveld van uiteenlopende belangen. Daarom moeten we precies kunnen aangeven wat we willen en ook bereid zijn ons daar vervolgens aan te houden. De NOAG-ict helpt ons bij het bepalen en communiceren van onze eigen koers. Met de doelstellingen van de NOAG-ict prepareren de ICT-onderzoekers zich op het zevende Europese kaderprogramma en de volgende ICES-KIS-ronde. Kortom, de NOAG-ict is van groot strategisch belang voor het nationale onderzoek op ICT-gebied.

Prof. dr. E.H.L. Aarts
Voorzitter NWO-gebiedsbestuur Exacte Wetenschappen

Prof. dr. P.M.G. Apers
Voorzitter Technologiestichting STW

I Inleiding

Waar liggen de komende jaren de grote uitdagingen voor het ICT-onderzoek? Wat zijn bij uitstek de onderzoeksvelden waarin Nederlandse onderzoekers een sterke positie hebben? Welke ambities hebben de ICT-onderzoeksgroepen? Waar liggen kansen voor de verbinding tussen de ICT-onderzoeksexpertise en grote maatschappelijke vraagstukken? Waar en hoe kan het ICT-onderzoek meerwaarde opleveren voor de Nederlandse economie? Hoe kunnen Nederlandse ICT-onderzoekers optimaal gebruik maken van de mogelijkheden die het zevende kaderprogramma van de Europese Unie straks biedt? Hoe kunnen ICT-onderzoekers en onderzoekers uit andere disciplines elkaar inspireren en versterken? Wat voor infrastructuur is hiervoor nodig? Hoeveel ICT-onderzoekers heeft Nederland eigenlijk en hoeveel zouden dat er moeten zijn om de gestelde doelen te kunnen bereiken?

Op al deze vragen geeft deze Nationale Onderzoeksagenda voor het ICT-onderzoek 2005-2010 (NOAG-ict) een antwoord. Met vaste hand biedt het ICT-onderzoeksveld met de NOAG-ict zijn portfolio en plannen aan.

Visie

Het ICT-onderzoek wordt gedreven door de noodzaak om complexiteit te beheersen: de complexiteit van de wereld om ons heen, maar ook die van de ICT-systemen zélf. De software van bijvoorbeeld financiële instellingen bestaat uit miljoenen regels code, de processoren die het hart vormen van alle ICT-systemen bevatten miljoenen componenten. Bijna niets is eenvoudig aan een ICT-systeem, terwijl gebruikers wel gemak, betrouwbaarheid en veiligheid eisen. Dit is het spanningsveld waaraan het ICT-onderzoek zijn energie en dynamiek ontleent: de noodzaak om te onderzoeken hoe ICT-systemen verbeterd kunnen worden in voortdurende interactie met (toekomstige) gebruikers van die systemen.

Vanuit deze visie identificeert het ICT-onderzoeksveld in de hoofdstukken 3 en 4 de kansrijke onderzoeksrichtingen. Dit gebeurt in de eerste plaats vanuit het perspectief van de onderzoekers. Zij zitten met hun neus op de nieuwste ontwikkelingen en dragen daar zelf ook actief aan bij. Maar de identificatie van datgene wat vanuit onderzoekersperspectief beloftevol is, gebeurt met een open oog voor de maatschappelijke en economische vraag.

De NOAG-ict is een *dynamische agenda*. Elk van de in hoofdstuk 3 en 4 geïdentificeerde thema's en gebieden zijn het waard om een impuls te ontvangen. Van jaar tot jaar zal echter bekeken moeten worden waaraan prioriteit gegeven moet worden. Bij de bepaling hiervan kunnen andere factoren dan wetenschappelijk inhoudelijke doorslaggevend zijn. Het raamwerk van de agenda ligt dus vast, maar binnen het raamwerk kunnen nadere keuzes gemaakt worden. De agenda helpt om deze op een gestructureerde en gemotiveerde wijze te maken.

Doelen

Het ICT-onderzoeksveld heeft veel potentieel. Er is een grote inhoudelijke dynamiek, die ook wordt bevorderd door de investeringen die de afgelopen jaren op gang gekomen zijn. Er is in de afgelopen jaren een twintigtal jonge, ambitieuze hoogleraren benoemd, en ook het aantal promovendi en postdocs groeit.¹ Het enthousiasme voor samenwerking met andere wetenschapsgebieden neemt toe.² Vrijwel alle ICT-onderzoeksgroepen hebben contacten met het bedrijfsleven of andere maatschappelijke partijen en zien deze contacten als een inspiratiebron voor het eigen onderzoek.³ Het veld is zich er echter van bewust dat verbeteringen mogelijk en ook noodzakelijk zijn, gelet op de verantwoordelijkheid die het heeft om bij te dragen aan welvaart en welzijn van de Nederlandse bevolking. Het is dan ook met zelfvertrouwen dat het onderzoeksveld zich de volgende vier doelen stelt:

- 1 Kennis overdragen: naar andere wetenschapsgebieden, bedrijfsleven en andere maatschappelijke partijen.
- 2 Een vooraanstaande rol spelen in internationale competities.
- 3 Nieuwe informatie- en communicatietechnologie ontwikkelen.
- 4 Excellent onderzoek doen.

Strategie en uitvoering

Wat zijn de sterktes en zwaktes van het onderzoeksveld? Welke kansen en bedreigingen ziet het bij het realiseren van de vier doelen? Nadat deze in kaart zijn gebracht, kan de strategie geformuleerd worden om de kansen te grijpen en de bedreigingen af te wenden. Deze strategie bestaat uit vier acties:

- A Versterken samenwerking.
- B Creëren van nieuwe ICT-opties voor maatschappij en economie.
- C Verdiepen onderzoeksinspanningen.
- D Inlopen achterstanden.

Elk van de vier strategische acties draagt bij aan het realiseren van de doelen. De bijdrage wordt gespecificeerd in paragraaf 7.3. Een deel van deze acties kan het veld op eigen kracht ondernemen, voor een ander deel zal extra ondersteuning nodig zijn. Hoofdstuk 7 laat zien hoe door een systematische en gerichte inzet van subsidie-instrumenten de gestelde doelen bereikt kunnen worden.

1 Zie hoofdstuk 6 en bijlage 2 voor details.

2 *Assessment of Research Quality: Computer Science*. Qanu, Utrecht, mei 2004. Het bleek ook in de discussie tijdens de Landelijke Informatiedag 2004. Zie voor een verslag www.informaticaplatform.nl/noagict.

3 *Universitaire ICT-kennis in Nederland. Van contacten naar contracten*. OCW, Den Haag (TNO-rapport STB-01-46), november 2001.

Integratie

Deze NOAG-ict 2005-2010 is een vervolg op de eerdere NOAG-i 2001-2005 die zich uitsluitend op de informatica richtte.⁴ In de huidige NOAG-ict is het onderzoeksterrein verbreed tot die delen van communicatie- en hardwaretechnologie die onverbrekkelijk met de informatica verbonden zijn.⁵ De NOAG-ict is in vier opzichten een geïntegreerd document: integratie binnen het ICT-onderzoeksveld, integratie van ICT-onderzoek en onderzoek in andere wetenschapsgebieden, integratie van onderzoek en infrastructuur, en bestuurlijke integratie.

- **Integratie binnen het ICT-onderzoeksveld.** De NOAG-ict is de eerste geïntegreerde onderzoeksagenda voor het hele ICT-onderzoeksveld. Daarmee komt de NOAG-ict tegemoet aan een veel geuite wens om op het hele ICT-onderzoeksveld de systematiek toe te passen die in 1997 en 2001 zo succesvol was ontwikkeld voor het informaticaonderzoek in de nationale onderzoeksagenda's voor de informatica (NOAG-i 1997-2001 en 2001-2005). Een geïntegreerde agenda is een noodzakelijke voorwaarde voor een succesvolle verdere integratie van hardware en software, en van theoretische inzichten en technische engineering.
- **Integratie van ICT-onderzoek en onderzoek in andere wetenschapsgebieden.** Een betere samenwerking tussen ICT-onderzoekers en hun collega's in andere wetenschapsgebieden is een al lang bestaande ambitie. In de afgelopen jaren is deze samenwerking op een aantal terreinen tot ontwikkeling gekomen, onder andere binnen het NWO-thema Digitalisering & Informatisering. De NOAG-ict formuleert een samenhangende visie op de samenwerking met andere wetenschapsgebieden en geeft aan waar voor de komende jaren kansen liggen.
- **Integratie van onderzoek en infrastructuur.** Enerzijds dragen ICT-onderzoekers vanuit hun onderzoek bij aan de ontwikkeling van infrastructurele voorzieningen als grids. Anderzijds hebben zij, om hun onderzoek goed te kunnen doen, belang bij optimaal functionerende computernetwerken. In de NOAG-ict worden deze twee aspecten bij elkaar gebracht en in samenhang behandeld.
- **Bestuurlijke integratie.** De NOAG-ict brengt samenhang in het strategische beleid van de partijen die elk hun eigen rol te vervullen hebben in de financiering van het ICT-onderzoek: de universitaire onderzoeksgroepen (de 'eerste geldstroom'), het NWO-onderzoeksinstituut Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) en de NWO-divisies die verantwoordelijk zijn voor stimulering en facilitering van ICT-onderzoek (de 'tweede geldstroom'): het gebied Exacte Wetenschappen (EW), de technologiestichting STW en de Stichting Nationale Computerfaciliteiten (NCF).

⁴ Zie bijlage 2 voor de resultaten van het beleid dat in de NOAG-i 2001-2005 werd uitgestippeld.

⁵ Zie hoofdstuk 2 voor de gehanteerde definitie en afbakening van het ICT-onderzoeksveld.

Totstandkoming

Teneinde deze integratie op verschillende niveaus te bereiken zijn in de periode mei 2004 tot mei 2005 intensieve discussies gevoerd met vele betrokkenen. Een beschrijving van het proces en een overzicht van de deelnemers in de discussies is opgenomen in bijlage 1. Het proces vond plaats onder auspiciën van het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN), de Adviescommissie Informatica (ACI) van het NWO-gebied Exacte Wetenschappen en vertegenwoordigers van de technologiestichting STW. De coördinerende ondersteuning werd gedaan vanuit de bureaus van EW en STW.

Lezerspubliek

De NOAG-ict richt zich tot iedereen die het Nederlandse ICT-onderzoek een warm hart toedraagt. Dat is in de eerste plaats de onderzoeksgemeenschap zélf. De NOAG-ict brengt namens deze gemeenschap de kansrijke gebieden in kaart en beoogt onderzoekers te inspireren om de komende jaren hun expertise op die gebieden te verdiepen en te profileren. Op deze wijze kunnen onderzoekers zelf hun bijdrage leveren aan de breed gevoelde noodzaak tot vergroting van focus en massa in het onderzoek.

Gaming is serious business

Killzone, Tombr Raider, UEFA2005... Met de ontwikkeling van een groot spel is tegenwoordig al gauw vijf miljoen euro en twee à drie jaar ontwikkeltijd gemoeid. In de wereld van gaming gaan vele miljarden euro's om, al meer dan in de filmindustrie. Kortom, een wereld om serieus te nemen.

Mark Overmars (UU) onderscheidt binnen de gaming twee industrieën. Naast de entertainmentindustrie bestaat er de zogenoemde 'serious gaming'. Hierin worden technieken en principes waarop spellen zijn gebaseerd, gebruikt voor toepassingen in voorlichting, onderwijs en training. 'Steeds meer mensen nemen tegenwoordig rijles in een simulator.' Ook voor militaire toepassingen, veiligheidstrainingen en educatieve doeleinden wordt gebruik gemaakt van gaming-principes.

'Het lijkt erop dat er al heel veel kan', zegt Overmars, 'en dat is ook zo, maar eigenlijk is er nog veel meer dat niet kan.' Belangrijke onderzoeksvragen voor de toekomst zijn bijvoorbeeld: Hoe maken we virtuele werelden die men als een echte wereld ervaart? Hoe modelleren we het groepsgedrag van virtuele karakters? En met welke apparaten navigeren we zo natuurlijk en effectief mogelijk (eye-tracking, bewegingherkenning)? Overmars: 'Voordat de televisie er was, besteedde de mens zijn vrije tijd aan het spelen van spellen. Met de huidige ontwikkelingen lijkt het erop dat deze tijd weer terug gaat komen.'

In hoofdstuk 6 en 7 van de NOAG-ict wordt aangetoond dat de onderzoekers hierbij bestuurlijke en financiële ondersteuning nodig hebben. De NOAG-ict richt zich daarom ook tot de financiers van het publieke onderzoek: de ‘politiek’, de besturen van universiteiten en faculteiten, de relevante besturen en divisies binnen NWO en het Nationaal Regieorgaan voor ICT-onderzoek en -innovatie (afgekort tot ICTRegie). Focus en massa komen niet vanzelf tot stand. Naast de activiteiten van de onderzoekers zelf, zal er ook de komende jaren extra hulp nodig zijn. Leidend principe daarbij moet zijn: competitie om het beste te identificeren en bij voorrang te ondersteunen, in combinatie met samenwerking om beschikbare expertise optimaal te benutten.

De NOAG-ict richt zich ook tot onderzoekers in andere wetenschapsgebieden. De NOAG-ict biedt aan hen een staalkaart van het lopende ICT-onderzoek. Wie op zoek is naar bepaalde expertise vindt in de NOAG-ict een eerste richtingwijzer.

Op vergelijkbare wijze richt de NOAG-ict zich tot partijen buiten de wetenschappelijke wereld. De afgelopen jaren is de samenwerking tussen ICT-onderzoekers en het bedrijfsleven binnen de beschikbare mogelijkheden aanmerkelijk geïntensiveerd. Om de transparantie van het onderzoeksveld te vergroten, zal het IPN de Nederlandse ICT-onderzoeksexpertise ontsluiten door middel van een database die via de website www.informaticaplatform.nl raadpleegbaar is.

Tot slot hoopt de NOAG-ict lezers te vinden onder het brede publiek dat geïnteresseerd is in een wetenschapsgebied dat zich stormachtig ontwikkelt en een enorme impact heeft op het leven van alledag. Een beleidsdocument als de NOAG-ict is natuurlijk geen roman. Toch is het spannende lectuur voor wie wil weten hoeveel diepgaand onderzoek er eigenlijk nodig is voordat we volop kunnen profiteren van het gemak van talloze ICT-toepassingen.

Leeswijzer

De NOAG-ict bestaat uit een inhoudelijk en een strategisch deel. Het inhoudelijke deel beslaat de hoofdstukken 2, 3, 4 en 5, het strategische de hoofdstukken 6 en 7. De bijlagen bevatten gedetailleerde overzichten waaraan in de hoofdttekst gerefeerd wordt.

In hoofdstuk 2 wordt het ICT-onderzoeksveld afgebakend. Er wordt antwoord gegeven op vragen als: Wat is wetenschappelijk ICT-onderzoek? Wat is wetenschappelijk informaticaonderzoek? en Wat zijn de principes van het ICT-onderzoek?

Na deze begripsafbakening en positiebepaling van het ICT-vakgebied presenteert hoofdstuk 3 negen ICT-onderzoeksthema’s. Dit hoofdstuk beantwoordt vragen als: Wat houden de thema’s in? Wat zijn de wetenschappelijke uitdagingen op

lange, middellange en korte termijn? en Welke maatschappelijke toepassingen zijn gediend met het onderzoek dat binnen de thema's plaatsvindt?

Hoofdstuk 4 richt zich op de samenwerking tussen ICT-onderzoekers en onderzoekers uit andere wetenschapsgebieden. ICT is voor veel onderzoek een onmisbaar gereedschap geworden. Aan de andere kant vormen veel problemen uit andere wetenschapsgebieden een inspiratiebron voor ICT-onderzoekers. Dit hoofdstuk gaat in op een aantal reeds lopende initiatieven die het waard zijn om de komende jaren uit te bouwen. Ook worden enkele interessante nieuwe samenwerkings-terreinen besproken.

In hoofdstuk 5 staat de ICT-infrastructuur centraal. Relevante vragen zijn: Over welke ICT-infrastructuur moet Nederland de komende jaren beschikken ten behoeve van het wetenschappelijk onderzoek, zowel in het ICT-veld zelf als in andere wetenschapsdisciplines? Wat is de verhouding tussen ICT-onderzoek en de ICT-infrastructuur?

De hoofdstukken 6 en 7 laten de trends zien in de structuur en financiering van de ICT-onderzoeksgroepen. Er wordt een analyse gegeven van de sterktes en zwaktes van het onderzoeksveld, van de kansen en bedreigingen, en van het lopende beleid. Op basis hiervan bepaalt het veld zijn strategie en maakt het keuzes over de uitvoering daarvan.

Zijpanelen en kaders

Om de veelvormigheid van het ICT-onderzoeksveld te illustreren bevat de NOAG-ict een aantal 'zijpanelen' en 'kaders'. In de zijpanelen geven enkele senior onderzoekers hun eigen originele visie op het ICT-vakgebied, die niet noodzakelijkerwijs hoeft overeen te stemmen met de strekking van de NOAG-ict. In de kaders vertelt een zevental enthousiaste onderzoekers over de problemen waaraan zij werken.

Nederlands / Engels

Het ICT-vakgebied is doortrokken van vele Engelse woorden en vaktermen. Van lang niet alle bestaat een Nederlands equivalent dat dezelfde betekenis heeft of door de expert herkend wordt. De van oorsprong Engelse woorden cursiveren of anderszins markeren zou een zeer onrustig tekstbeeld opleveren. Daarom staan de Engelse woorden zonder enig onderscheid door en naast de Nederlandse, op enkele bijzondere gevallen na.

NOAG-ict and the future of computer science research

The NOAG-ict is an excellent plan combining fundamental research with applications. It has been carefully designed to make clear the importance of computer science research to the decision makers, something that has not always been the case in the past. The nine broad topics have been well chosen to cover a large fraction of the research that has major implications for society.

With this plan, NWO is making a fundamental shift from discipline-oriented research to focusing on issues that affect society. This is a bold departure from tradition. When physicists or astronomers ask for tens of millions of euros for a new accelerator or telescope, they rarely claim that these millions will make society better. They are just curious about how subatomic particles work or how many neutrinos there are in the universe. The public and politicians are starting to ask if spending so much money to satisfy the curiosity of a few thousand scientists is a worthwhile expenditure of scarce public funds.

With the NOAG-ict, NWO is daring to propose research that not only is good scientific research in its own right, but will have real payoff for society. Massive databases, embedded computers, the Internet, intelligent systems and more are already everywhere and affect many aspects of life and the economy, such as transportation, health care, education. While the heavy use of computers in the modern world offers many opportunities, it also presents many challenges for which no answers are known and few people are looking.

With the NOAG-ict, NWO is showing that it intends to have the best researchers tackle difficult research questions, but questions whose solutions matter to many people. These questions include how to write software that actually works correctly, how to preserve personal privacy in the digital age, and how to find useful information in the masses of data now available everywhere. I applaud this shift in priorities from fundamental research that has little value in its own right, however interesting it may be, to equally fundamental research that may someday lead to solutions of problems people care about. A shift in emphasis and funding from physics to computer science is long overdue. While physicists gave us 'The Bomb,' computer scientists gave us the Internet, which is probably a lot more valuable to society in the long run. With the NOAG-ict plan, computer science researchers will be able to look beyond personal computers and the Internet to see what is beyond the horizon.

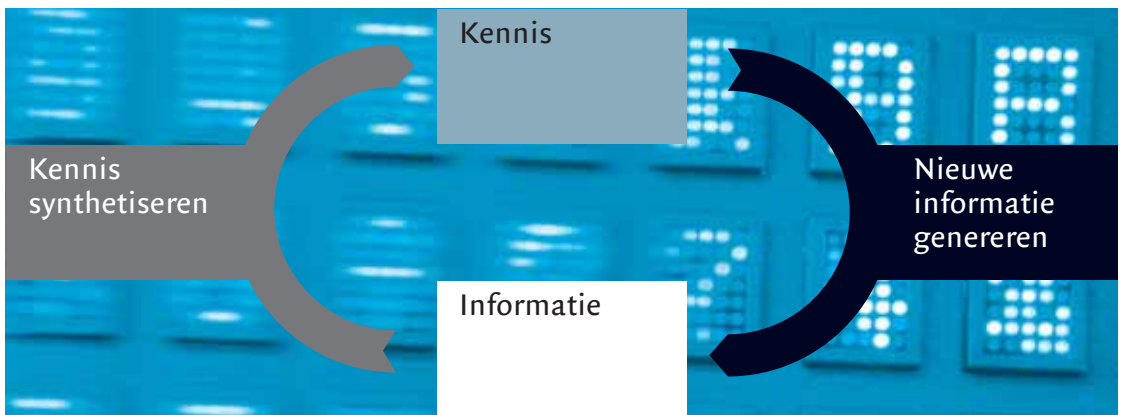
Prof. dr. Andrew S. Tanenbaum
Hoogleraar informatica Vrije Universiteit

2 Begrips- en positiebepaling

2.0 De informatiecyclus

Het onderzoeksveld informatie- en communicatietechnologie (ICT) houdt zich bezig met de generieke aspecten van automatische informatieverwerking. Het is goed om kort even stil te staan bij het begrip ‘informatieverwerking’. *Informatie* bestaat in enorme hoeveelheden in de wereld. Er is expliciete informatie die met een gericht doel is opgeschreven, uitgesproken of gemaakt. Door middel van tekst, beeld en geluid (‘media’) kan deze informatie worden overgedragen. Naast expliciete informatie is er een nog grotere hoeveelheid impliciete informatie, vervat in bijvoorbeeld biologische systemen. Door middel van *verwerking* (zoeken, verzamelen, analyseren, ordenen, archiveren, synthetiseren, presenteren en verspreiden) kan uit bestaande informatie nieuwe, hoogwaardige informatie worden afgeleid. De hoogste vorm van informatie is kennis die gebruikt kan worden om doelgericht te handelen. Dit handelen kan op zijn beurt weer nieuwe informatie genereren. Zo ontstaat een informatiecyclus (zie figuur 1).

Figuur 1 De informatiecyclus



Kenmerkend voor het ICT-onderzoek is dat het tot doel heeft de informatieverwerking geautomatiseerd te laten gebeuren. In principe leent iedere stap in de informatiecyclus zich voor automatisering. Automatiseren wil zeggen dat machines (computers, processoren, ‘smart dust’, etc.) menselijke taken overnemen. Die machines moeten worden gemaakt en voor hun taak worden toegerust. Dit betekent dat ICT-onderzoek zich óók bezighoudt met het ontwerp en de realisatie van de machines voor het geautomatiseerde informatieverwerken.

De grondstof van het ICT-onderzoek is dus informatie en de centrale activiteit is (het nadenken over) geautomatiseerde informatieverwerking. Dat betekent dat grote delen van het ICT-onderzoek zich bezighouden met door de mens gemaakte

artefacten. Dit in tegenstelling tot natuurwetenschappen als natuurkunde, scheikunde en biologie waarin ‘de natuurlijke wereld’ het onderwerp van onderzoek vormt.

Na deze globale karakterisering van het onderzoeksveld worden in de volgende paragraaf de begrippen ‘ICT’ en ‘informatica’ nader afgebakend.

2.1 Afbakening ICT- en informaticaonderzoek

Wie een redelijk goed gesorteerde boekhandel binnenstapt, vindt daar vaak een afdeling die ‘informatica’ of ‘ICT’ heet. Op de schappen staan boeken over Word, Excel, Linux en Perl, al dan niet voor ‘dummies’. Dit is een voorbeeld van het alledaagse gebruik van de termen ‘ICT’ en ‘informatica’. Hierin worden de termen gemakkelijk door elkaar gebruikt en verder is hun betekenis niet veel scherper dan ‘iets met computers’.⁶ In de NOAG-ict hebben de termen ‘informatica’ en ‘ICT’ een preciezere betekenis. Ze hebben namelijk betrekking op *wetenschappelijk informatica- en ICT-onderzoek*⁷, als volgt gedefinieerd:

Wetenschappelijk informaticaonderzoek is het onderzoek in de wetenschapsdiscipline informatica dat zich bezighoudt met de concepten, modellen, generieke methoden, technieken en hulpmiddelen voor het geautomatiseerd verwerken (zoeken, verzamelen, analyseren, ordenen, archiveren, synthetiseren, presenteren en verspreiden) van informatie.

Wetenschappelijk ICT-onderzoek is het wetenschappelijke informaticaonderzoek plus al het onverbrekelijk aan informatica gerelateerde wetenschappelijke en technologische onderzoek in telecommunicatie, micro-elektronica en hardware.

Dit betekent dat de NOAG-ict zich welbewust beperkt tot activiteiten die door de wetenschappelijke gemeenschap zelf als legitiem worden beschouwd. Zulke activiteiten kunnen heel goed een experimenteel of engineering karakter hebben, zoals visitatiecommissies van het informaticaonderzoek al tot twee keer toe hebben benadrukt.⁸ Ook toepassingsgericht en toegepast onderzoek kan uitstekend wetenschappelijk te verantwoorden zijn. Maar de grens wordt bereikt wanneer research overgaat in development, dat wil zeggen het markt klaar maken van producten. Dit behoort niet tot de taken van het wetenschapsveld, dat hiervoor overigens ook in het geheel niet is toegerust.⁹

6 Om de titel van het proefschrift van Ruud van Dael te lenen: *Iets met computers. Over beroepsvorming van de informaticus*, verdedigd aan de Katholieke Universiteit Nijmegen op 22 februari 2001.

7 Hierover treft men aanzienlijk minder boeken aan in de boekwinkel.

8 Quality Assessment of Research Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities, VSNU-onderzoeksvisiatie, Utrecht, september 1997. Assessment of Research Quality: Computer Science, Qanu, Utrecht, mei 2004.

9 De koppeling tussen *research* en *development* is overigens wel een uiterst relevante beleidskwestie, die raakt aan de soepele overdracht van kennis in de kennisketen. Zie hierover hoofdstuk 7.

De NOAG-ict beperkt zich tot dat deel van het onderzoek in telecommunicatie, micro-elektronica en hardware (TMH) dat een relatie heeft met het informatica-onderzoek. Hiermee wordt welbewust afgeweken van de bredere definitie die de Europese Unie voor ICT hanteert in haar kaderprogramma's. In de EU-definitie valt het héle TMH-veld onder ICT, inclusief bijvoorbeeld nanotechnologie en zelfs sommige scheikundig onderzoek. Voor een onderzoeksagenda als deze is een dergelijke afbakening minder zinvol. De NOAG-ict wil een breed gedragen visie op de ontwikkeling van het vakgebied geven. Dat kan alleen als het vakgebied niet zó breed wordt dat de onderzoeksgemeenschap zelf er geen samenhang meer in ziet.

Om dezelfde reden wordt in de bovenstaande definities het ICT-onderzoek in andere wetenschapsgebieden niet vermeld. De overgangen zijn uiteraard vloeibaar en de interactie tussen het 'kern' ICT-onderzoek en dat in andere wetenschapsgebieden is belangrijk. Daarom wijdt deze NOAG-ict er een heel hoofdstuk aan (hoofdstuk 4). Die interactie is het meest gediend bij een duidelijke afbakening van posities. Het ICT-onderzoek in andere wetenschapsgebieden wordt hier als volgt gekarakteriseerd:

ICT-onderzoek in andere wetenschapsgebieden is toepassingsgericht onderzoek dat erop gericht is generieke ICT-onderzoeksresultaten bruikbaar te maken en verder te ontwikkelen voor specifieke problemen in de desbetreffende wetenschapsgebieden.

Nu het vakgebied goed afgebakend is, worden in de volgende paragraaf de activiteiten binnen het ICT-onderzoeksveld nader in kaart gebracht.

2.2 Structurering van het ICT-onderzoeksveld¹⁰

Het ICT-onderzoeksveld bestaat uit de volgende vier onderdelen:

- 1 ICT-disciplines
- 2 Technologieën
- 3 Methoden voor ontwerpen en bouwen
- 4 Toepassingsgebieden

De ICT-disciplines vormen de basis voor een groot aantal technologieën en methoden voor ontwerpen en bouwen. Hiermee kan een schier onbeperkt aantal toepassingsgebieden ondersteund worden. Deze toepassingsgebieden dienen tegelijkertijd als inspiratiebron voor nieuwe principes, methoden en technieken binnen het ICT-onderzoek, en zorgen zo weer voor input in de disciplines, technologieën en methoden voor ontwerpen en bouwen.

¹⁰ De nu volgende analyse is onder andere gebaseerd op P.J. Denning, *Great Principles of Computing*, CACM, Vol. 46, No. 11, pp. 15-20, November 2003. <http://cne.gmu.edu/pjd/PUBS/CACMcols/cacmNovo3.pdf>. Zie voor twee andere recente visies op informatica en ICT: J. van Leeuwen, *Interactief, intelligent en nog veel meer. Het veranderende beeld van de informatica*. Dies-rede Universiteit Utrecht 2003. P.M.G. Apers, *Being Smart in Smart Surroundings*. Dies-rede Universiteit Twente 2003.

Figuur 2 geeft een beeld van de onderlinge verhouding tussen de vier onderdelen. Elk ervan wordt in deze paragraaf kort besproken.

Figuur 2 De onderdelen van het ICT-onderzoeksveld



ICT-disciplines

De ICT-disciplines bestuderen de principes van geautomatiseerde informatieverwerking. Dit zijn de plaatsen waar gezocht wordt naar antwoorden op de diepste vragen van het vakgebied. Tabel 1 geeft een ruw overzicht van de ICT-disciplines, gebaseerd op *special interest groups* binnen de ACM¹¹ en *societies* binnen de IEEE¹².

Tabel 1 Overzicht van ICT-disciplines

Algorithms and Computation Theory	Engineering Management	Mobile Systems
Antennas and Propagation	Genetic and Evolutionary	Multimedia
Artificial Intelligence	Computing	Operating Systems
Circuits and Systems	Hypertext, Hypermedia and Web	Programming Languages
Communications	Information Retrieval	Robotics and Automation
Computers	Information Theory	Security, Audit and Control
Computer Architecture	Knowledge Discovery in Data	Signal Processing
Computer Graphics	Lasers and Electro-Optics	Simulation and Modelling
Computer-Human Interaction	Magnetics	Software Engineering
Control Systems	Management of Data	Solid-State Circuits
Design Automation	Management Information Systems	Symbolic and Algebraic
Electronic Commerce	Measurement and Evaluation	Manipulation
Electronic Devices	Microarchitectures	Ultrasonics, Ferroelectrics and
Embedded Systems	Microwave Theory and Techniques	Frequency Control

¹¹ <http://www.acm.org/sigs/guide98.html>.

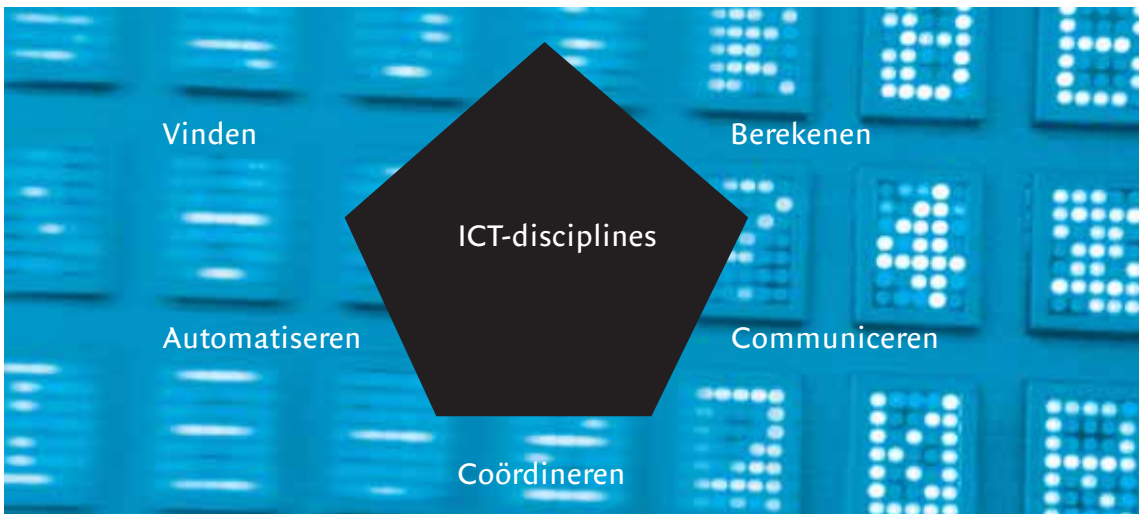
¹² <http://www.ieee.org> > IEEE Societies > Society Listing.

Deze lijst is zeker niet uitputtend en roept direct de vraag op wat de uitgangspunten van en de onderlinge relaties tussen de disciplines zijn. Zijn er bijvoorbeeld gemeenschappelijke principes? Hoe is er structuur aan te brengen in de veelheid aan vraagstukken die in het ICT-onderzoek een rol spelen?

De principes die ten grondslag liggen aan de veelheid van fenomenen die onderzoekers bestuderen, kunnen beschouwd worden als ‘verhalen’ die iets vertellen over de structuur en het gedrag van die fenomenen. Zoals het principe ‘relativiteit’ voor natuurkundigen de titel is van het verhaal dat hun iets vertelt over fenomenen die zij in de natuur waarnemen, zo zijn ‘Turing-machines’ en ‘communicatiekanalen’ de titels van verhalen die ICT-onderzoekers iets vertellen over de fenomenen die zij tegenkomen wanneer zij onderzoek doen naar geautomatiseerde informatieverwerking.

Wie op deze manier de verhalen in de ICT-disciplines probeert te ordenen, heeft genoeg aan vijf categorieën, namelijk *berekenen*, *communiceren*, *coördineren*, *automatiseren* en *vinden*. In iedere ICT-discipline wordt onderzoek gedaan dat in één of meer van deze categorieën valt. De grenzen tussen de categorieën zijn niet scherp te trekken. Ze kunnen daarom het beste beschouwd worden als vijf vensters waardoor we naar de activiteiten in de ICT-disciplines kunnen kijken (figuur 3).

Figuur 3 Vijf vensters op de ICT-disciplines



Tabel 2 geeft een impressie van wat we te zien krijgen wanneer we door de vijf vensters kijken naar de vragen en verhalen in de ICT-disciplines.

Tabel 2 De vijf vensters op de ICT-disciplines in meer detail

Vensters	Vragen	Verhalen
Berekenen	Wat kan berekend worden? Wat zijn de grenzen van het berekenbare?	Algoritme, controlestructuren, Turing-machines, Kolmogorov-complexiteit, zelfreferentie, predikatenlogica, benaderingen, heuristieken, niet-berekenbaarheid, fysische realisaties.
Communiceren	Hoe zijn berichten van het ene punt naar het andere te zenden?	Datatransmissie, Shannon-entropie, codering, kanaalcapaciteit, ruisonderdrukking, filecompressie, cryptografie, error checking, protocollen.
Coördineren	Hoe kunnen verschillende entiteiten samenwerken naar een enkel resultaat?	Mens-mens (acties, workflow), mens-computer (interface, input, output, responstijd); computer-computer (synchronisatie, races, deadlocks, serialisatie, atomaire acties).
Automatiseren	Welke taken kan een computer uitvoeren?	Hoe? Simulatie van cognitieve taken, expertsystemen, Turing-test, machine-leren en -herkennen.
Vinden	Hoe kan informatie worden opgeslagen en teruggevonden?	Opslaghiërarchieën, localiteit van referenties, caching, adresruimtes, naamgeving, sharing, zoeken op naam, zoeken op inhoud.

Technologieën

Wanneer de in disciplines vergaarde wetenschappelijke kennis wordt toegepast in een goed gedefinieerde technische omgeving, spreken we van een technologie: een technologie is een wetenschappelijk gemotiveerde procedure om een maatschappelijk of industrieel doel te realiseren. Met andere woorden, een technologie is het ‘wetenschappelijk verantwoord ontwikkelen van een techniek’ en brengt de resultaten van het onderzoek in de ICT-disciplines een stap dichterbij de toepassing.

Methoden voor ontwerpen en bouwen

Met de karakterisering van de ICT-disciplines en de technologieën hebben we nog geen compleet beeld van het vakgebied. Immers, op basis van de beschreven principes en technieken worden systemen ontworpen en voor gebruikers geschikt gemaakt. In de praktijk hebben ontwerpers richtsnoeren ontdekt die ze in hun werk moeten hanteren om betrouwbare en bruikbare programma’s, systemen en toepassingen te maken. Deze richtsnoeren zijn te beschouwen als de principes

van het ontwerpen. Voorbeelden zijn het gebruik van abstractie, modules, verdeel-en-heers, hiërarchieën en separation of concerns. De ontwerpers laten zich in hun werk bovendien leiden door zorgen over eenvoud, prestatie, betrouwbaarheid, flexibiliteit en veiligheid van een systeem. Dit alles binnen de grenzen die hun worden opgelegd door bijvoorbeeld de beschikbare middelen en tijd.

Het ontwerpen en bouwen van ICT-systemen is een essentieel onderdeel van het ICT-vakgebied. Degenen die zich met het ontwerp en de bouw van ICT-systemen bezighouden, moet beschikken over een aantal basale vaardigheden om hun werk goed te kunnen doen. Er worden hier enkele genoemd:

- *programmeren*: het gebruiken van de juiste programmeertalen om software te bouwen die aan de specificaties van gebruikers voldoet;
- *engineering van systemen*: verstand hebben van de ontwerp- en bouwprincipes om grote hard- en softwaresystemen te maken en te onderhouden;
- *modelleren en valideren*: het bouwen van modellen van toepassingen om hun gedrag te kunnen voorspellen onder wisselende omstandigheden;
- *innoveren*: gevoeligheid hebben voor nieuwe technieken en werkwijzen die meerwaarde kunnen opleveren voor degene in wiens opdracht een systeem ontworpen of gebouwd wordt;
- *toepassen*: samenwerken met applicatie-experts om systemen te bouwen die voor hun toepassingsgebied werken.

Methoden voor ontwerpen en bouwen zijn van belang voor de drie andere onderdelen van het ICT-onderzoeksveld.

Toepassingsgebieden

Het onderzoek in de ICT-disciplines, technologieën en methoden voor ontwerpen en bouwen resulteert in een rijke collectie aan methoden en technieken die in velerlei toepassingsgebieden bruikbaar zijn. In de toepassingsgebieden worden zeer specifieke vragen gesteld die direct uit het desbetreffende gebied voortkomen. Deze vragen kunnen puur wetenschappelijk van aard zijn of meer op engineering gericht. Ook gemengde vraagstellingen komen veelvuldig voor. Het is van groot belang om in te zien dat er terugkoppeling bestaat tussen alle onderdelen in het ICT-onderzoeksveld: problemen in toepassingsgebieden zullen uiteindelijk fundamentele vragen opleveren die vanuit de ICT-disciplines opgelost moeten worden of die tot nieuwe technologieën of methoden voor ontwerpen en bouwen leiden.

Samenvatting

In deze paragraaf is een karakteristiek van het ICT-onderzoeksveld gegeven. Het gebied bestaat uit vier onderdelen, die nauw met elkaar verweven zijn: ICT-disciplines, technologieën, methoden voor ontwerpen en bouwen, en toepassingsgebieden. Tabel 3 bevat centrale vragen voor elk van deze onderdelen en geeft enkele voorbeelden van onderzoeksonderwerpen.

Tabel 3 De onderdelen van het ICT-onderzoeksveld in meer detail

Onderdeel	Centrale vraag	Voorbeelden
Toepassingsgebieden	Hoe werken we met anderen samen om ICT-systemen te maken die voldoen aan de gebiedsspecifieke kenmerken en de requirements van de toepassing?	Domeindatabanken, verkeerssystemen, laboratory on a chip, simulatie van de levende cel, ...
Methoden voor ontwerpen en bouwen	Hoe komen we van specificaties en requirements tot een werkend ICT-systeem en organiseren we onszelf zodanig dat we ICT-systemen kunnen bouwen die werken?	Ontwerpgereedschappen, architectuur, simulatoren, model checking, ...
Technologieën	Hoe ontwerpen we ICT-technieken die voor verschillende toepassingsgebieden bruikbaar zijn?	Databanken, optische netwerken, VLIW computers, object-georiënteerd programmeren, expertsystemen, ...
ICT-discipline	Hoe werkt berekenen, communicatie, coördinatie, automatisering en vinden?	Information Retrieval, Computer Architecture, Software Engineering, Artificial Intelligence, Operating Systems

2.3 Onderzoeksthema's: bruggen tussen ICT-disciplines en technologieën en toepassingsgebieden

De verbinding tussen de ICT-disciplines en technologieën met de toepassingsgebieden wordt gelegd in *onderzoeksthema's*. In de vorige twee NOAG-i's (de onderzoeksagenda's voor de informatica, verschenen in 1997 en 2001) is de thema-aanpak succesvol gebleken.¹³ Thema's identificeren onderzoek dat wetenschappelijk uitdagend en maatschappelijk geïnspireerd is. Ze zijn discipline- en technologieoverstijgend: de bijdragen aan een thema zijn afkomstig uit meerdere ICT-disciplines en technologieën. Op deze manier zorgen de thema's voor de focusering van het onderzoek op een aantal kansrijke gebieden.

Keuze voor negen NOAG-ict-thema's

Na een aantal intensieve discussies heeft het ICT-onderzoeksveld voor de periode 2005-2010 negen thema's gekozen. Voor het eerst zijn het informaticaonderzoek en het aan informatica gerelateerde onderzoek in telecommunicatie, micro-elektronica en hardware daarin geïntegreerd. Belangrijke criteria bij de thema-keuze waren:

- identificatie van bestaande Nederlandse sterktes in het onderzoek;
- goede internationale positionering van de Nederlandse onderzoekers, met name met het oog op het in voorbereiding zijnde zevende kaderprogramma van de Europese Unie;

¹³ Zie bijlage 2 voor de opbrengst van de NOAG-i 2001-2005.

- maatschappelijk interessant onderzoek dat goede kansen biedt op gebruik in toepassingsgebieden.

Meer dan in voorgaande onderzoeksagenda's heeft het onderzoeksveld gekozen voor themanamen waarvan de verwachting is dat ze een breder, in ICT-onderzoek geïnteresseerd publiek zullen aanspreken. De negen thema's worden hieronder kort geïntroduceerd. De inhoud van de NOAG-ict-thema's wordt behandeld in hoofdstuk 3.

- *De computer van de toekomst* richt zich op aspecten van het venster 'berekenen'; voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Algorithms and Computation Theory', 'Genetic and Evolutionary Computing' en 'Symbolic and Algebraic Manipulation'. Themabeschrijving in paragraaf 3.1.
- *De data-explosie* richt zich op de vensters 'vinden' en 'berekenen'; voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Management of Data' en 'Information Retrieval'. Themabeschrijving in paragraaf 3.2.
- *Digitale beleving* valt onder het venster 'communicatie'; voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Multimedia' en 'Signal Processing'. Themabeschrijving in paragraaf 3.3.
- *Digitale veiligheid* valt specifiek onder het ontwerpaspect 'beveiliging' maar is gerelateerd aan alle aspecten van Methoden voor ontwerpen en bouwen en heeft raakvlakken met diverse vensters op de ICT-disciplines. Voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Symbolic and Algebraic Manipulation' en 'Security, Audit and Control'. Themabeschrijving in paragraaf 3.4.
- *De genetwerkte wereld* valt onder de vensters 'coördineren' en 'communiceren'; voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Communications', 'Mobile systems' en 'Microwave Theory and Techniques'. Themabeschrijving in paragraaf 3.5.
- *Intelligente systemen* valt onder de vensters 'automatiseren' en 'vinden'; voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Artificial Intelligence', 'Management Information Systems' en 'Algorithms and Computation Theory'. Themabeschrijving in paragraaf 3.6.
- *Methoden voor ontwerpen en bouwen*: voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Software Engineering' en 'Embedded Systems'. Themabeschrijving in paragraaf 3.7.
- *De onzichtbare computer* richt zich primair op 'Toepassingsdomeinen'; voorbeelden van bijdragende ICT-disciplines: 'Embedded Systems' en 'Communications'. Daarnaast zijn er raakvlakken met diverse vensters zoals 'automatiseren', 'communiceren' en 'vinden'. Themabeschrijving in paragraaf 3.8.
- *Het virtuele laboratorium* richt zich primair op het aspect 'Modelleren' van Methoden voor ontwerpen en bouwen, maakt gebruik van technologieën zoals 'Grid Computing' en 'Virtual Reality'; voorbeeld van bijdragende ICT-discipline: 'Management of Data'. Themabeschrijving in paragraaf 3.9.

Zoals uit de benaming blijkt, hebben de thema's nu meer het karakter van 'grand challenges' gekregen. Om deze reden is ervan afgezien om naast de thema's nog aparte 'grand challenges' te formuleren. Bovendien kan het Nederlandse onderzoek gezien het beperkte volume hooguit bij internationale uitdagingen aansluiten.¹⁴ Het formuleren van eigen 'grand challenges' werkt dan juist versnipperend. Het is effectiever om belangrijke toepassingsgebieden te identificeren en de thema's te gebruiken om het onderzoeksbeleid af te stemmen op combinaties van fundamenteel en toepassingsgericht onderzoek in die gebieden. De keuze van de toepassingsgebieden is in handen van ICTRegie (zie paragraaf 2.4).

Continuïteit NOAG-i en NOAG-ict

Hoewel de brugfunctie tussen disciplines en toepassingsgebieden voor de zeven thema's in de NOAG-i 2001-2005 dezelfde was als voor de nieuwe thema's, waren de namen afkomstig uit het vakgebied zelf:

- Parallel and Distributed Computing (PDC)
- Embedded Systems (ES)
- Software Engineering (SE)
- Multimedia (MM)
- Modelling, Simulation and Visualization (MSV)
- Intelligent Systems (IS)
- Algorithms and Formal Methods (AFM)

Dit heeft goed gewerkt, maar had als mogelijk nadeel dat de thema's vooral vakmatig herkenbaar waren en dat de beeldvorming van het onderzoek in de richting van overheid en maatschappij onvoldoende uit de verf is gekomen. In de NOAG-ict komen sommige thema's herkenbaar terug: 'Intelligente systemen' was ook in beide eerdere onderzoeksagenda's een thema. 'Multimedia' is herkenbaar in het nieuwe thema 'Digitale beleving'. 'Software Engineering' is met name opgenomen in 'Methoden voor ontwerpen en bouwen'. Het thema 'Embedded Systems' valt hier ook in en ook deels in 'De onzichtbare computer'. De andere NOAG-i-thema's, zoals 'Algorithms and Formal Methods', spelen in de nieuwe NOAG-ict in meerdere thema's een rol.

De themakeuze in internationaal perspectief

De Europese Unie is bezig met de voorbereiding voor een nieuw kaderprogramma voor activiteiten op het gebied van onderzoek, technologische ontwikkeling en demonstratie. Het wordt het zevende kaderprogramma op rij (KP7). De voorziene looptijd is 2007-2013. In april 2005 zond de Europese Commissie aan

¹⁴ In internationaal verband zijn interessante 'grand challenges' geformuleerd door bijvoorbeeld de Information Society Technologies Advisory Group (ISTAG), een adviesorgaan van de Europese Commissie. Zie ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istag_draft_report_grand_challenges_wahlster-_06_07_04.pdf. Een ander voorbeeld zijn voorstellen die werden ingediend bij de Engelse Science and Engineering Research Council (SERC) nadat deze een competitie had uitgeschreven voor 'Grand Challenges in Computing Research'. Zie http://www.nesc.ac.uk/esi/events/Grand_Challenges.

het Europees Parlement en de Raad van Ministers een voorstel voor een besluit hierover.¹⁵ Er worden negen thema's voorgesteld, waaronder ICT. Binnen het ICT-thema worden drie groepen van wetenschappelijk en technologisch gerichte activiteiten voorzien. In tabel 4 worden deze vergeleken met de NOAG-ict-thema's.

Tabel 4 De wetenschappelijke / technologische activiteiten in KP7 vergeleken met de NOAG-ict-thema's

Voorstel voor ICT-activiteiten in KP7	Relevante NOAG-ict-thema's
Technologische pijlers van de ICT	
Nano-elektronica, fotonica en geïntegreerde micro/nano-systemen	Niet in NOAG-ict
Alom toegankelijke communicatienetwerken met onbegrensde capaciteit	De genetwerkte wereld
Ingebedde systemen, computer en besturing	De onzichtbare computer Methoden voor ontwerpen en bouwen
Software, grids, veiligheid en betrouwbaarheid	Digitale veiligheid Methoden voor ontwerpen en bouwen Het virtuele laboratorium
Kennissystemen, cognitieve systemen en leersystemen	Intelligente systemen
Simulatie, visualisering, interactie en gemengde realiteit	De data-explosie Digitale beleving
Integratie van technologieën	
Persoonlijke omgevingen	Digitale beleving De genetwerkte wereld De onzichtbare computer
Thuisomgevingen	Digitale beleving De genetwerkte wereld De onzichtbare computer
Robotsystemen	Digitale beleving Intelligente systemen De onzichtbare computer
Intelligente infrastructuren	Digitale veiligheid Methoden voor ontwerpen en bouwen
Technologieën van de toekomst of in opkomst	De Computer van de Toekomst

Zoals uit tabel 4 blijkt zijn alle negen NOAG-ict-thema's in inhoudelijk opzicht uitstekend gepositioneerd om Nederlandse onderzoekers een bijdrage te laten leveren aan de KP7-onderzoeksactiviteiten.¹⁶ Hier liggen dus grote kansen voor het Nederlandse ICT-onderzoeksveld. In hoofdstuk 7 zal de strategie worden uitgestippeld die het mogelijk moet maken de kansen ook daadwerkelijk te benutten.

¹⁵ COM(2005) 119 definitief, Brussel 6.4.2005.

¹⁶ Zoals opgemerkt in paragraaf 2.1 valt onderzoek in de nanotechnologie niet onder de NOAG-ict-definitie van ICT. Ook op dit terrein echter is het Nederlandse onderzoek uitstekend voorbereid op KP7, onder andere door het grote onderzoeksprogramma NanoNed.

2.4 Toepassingsgebieden

In paragraaf 2.2 is de structuur van het ICT-onderzoeksveld in kaart gebracht en in de vorige paragraaf zijn de NOAG-ict-thema's geïntroduceerd die het disciplinaire en technologische onderzoek op een maatschappelijk aansprekende wijze bundelen. In deze paragraaf staan de toepassingsgebieden centraal, de onmisbare pendant van het disciplinaire en technologische onderzoek.

Er is nauwelijks een maatschappelijke sector te noemen waarin ICT geen rol speelt. Vanuit het ICT-onderzoek gezien, zijn al die sectoren even zoveel gebieden waarin de resultaten van het onderzoek toegepast kunnen worden.¹⁷ Uit deze veelheid van toepassingsgebieden moet noodzakelijkerwijs een beperkt aantal gekozen worden waarop de aandacht van de beschikbare onderzoekers zich in eerste instantie richt. De NOAG-ict volgt hierin de keuzes van ICTRegie, dat negen toepassingsgebieden als kansrijk en relevant heeft aangemerkt.¹⁸ Het zijn de vier sleutelgebieden voor innovatie van de Nederlandse economie zoals die door het Innovatieplatform zijn benoemd, en vijf andere maatschappelijk belangrijke toepassingsgebieden uit het actieplan ICT en sectoren en de rijksbrede ICT-agenda.¹⁹ In de themabeschrijvingen (hoofdstuk 3) wordt naar deze negen toepassingsgebieden verwezen.

Het onderzoeksveld moet uiteraard open blijven staan voor nieuwe maatschappelijke ontwikkelingen, terwijl de maatschappij op haar beurt een open oog moet houden voor onderzoeksresultaten die voor haar van belang kunnen zijn. ICTRegie streeft dan ook naar het dynamiseren van innovatieketens rond maatschappelijke en economisch relevante toepassingsgebieden. Dergelijke gebieden kunnen door middel van de systematische inzet van subsidie-instrumenten tot ontwikkeling worden gebracht. Op deze wijze ontstaat een dynamische invulling van de 'Virtuele ICT-OnderzoeksRuimte' (VICTOR), waarop in hoofdstuk 7 nader wordt ingegaan.

High tech-systemen en materialen

Het gaat om de toepassing van hoogwaardige technologische systemen en materialen in combinaties van bedrijvigheid (medische systemen, automotive, vliegtuigonderdelen, gasturbines, sporttechnologie etc.) en kennis (embedded systemen, nanotechnologie, fotonica, materialen, life sciences etc.). Een groot

¹⁷ De term 'toepassingsgebied' suggereert een rechtlijnig proces waarin eerst onderzoek wordt gedaan, waarna de resultaten worden toegepast. Ten onrechte. Onderzoek op toepassingsgebieden is cyclisch, bijna altijd multidisciplinair en vergt nauwe samenwerking met de beoogde afnemers en toekomstige gebruikers van de onderzoeksresultaten. Deze werkwijze is de afgelopen jaren gehanteerd in een aantal NWO-onderzoeksprogramma's, zoals PROGRESS, JACQUARD, Sentinel en CATCH, en is standaard in alle IOP's

¹⁸ *Strategisch Plan 2006*. ICTRegie, concept mei 2005.

¹⁹ *Actieplan ICT en sectoren*. Ministeries van EZ, VWS, OCW, BZK, Justitie en V&W, in ontwikkeling. *Rijksbrede ICT-agenda 'Beter presteren met ICT'*. Minister van Economische Zaken, Minister voor Bestuurlijke Vernieuwing en Koninkrijksrelaties en Staatssecretaris van Cultuur en Media, februari 2004.

deel van dit toepassingsgebied bestaat uit systemen waarin ICT al in hoge mate geïntegreerd is. Volgens het Innovatieplatform zit de onderscheidende kracht van Nederland ‘in het samenbrengen van verschillende disciplines in het maken van complexe onderdelen of microsystemen’.²⁰

Virtuele wereld helpt angst overwinnen

Knikkende knieën en hartkloppingen in situaties waarbij er geen werkelijk gevaar dreigt. Ongeveer vijf procent van de Nederlandse bevolking lijdt gedurende zijn leven voor een bepaalde periode aan een fobie. Een beproefde behandelmethodede is blootstelling aan de factoren die de angst oproepen (exposure).

Charles van der Mast (TUD) onderzoekt het gebruik van virtual reality bij de behandeling van fobieën. ‘Waar een hoogtevreespatiënt voorheen een hoog gebouw op moest om deze exposure te creëren, kunnen nu een computer, een koptelefoon en een 3D-bril dit virtueel verwezenlijken.’ De therapeut leidt de patiënt door een virtuele wereld, die hij kan beïnvloeden. Hij kan de angst die optreedt meten en de exposure herhalen. En het blijkt dat patiënten de virtuele wereld als dusdanig realistisch ervaren, dat ze ook echt genezen.

Uitdaging voor de toekomst ziet Van der Mast in ‘telecare’, waarbij patiënten op afstand (via het internet) worden behandeld. Onderzoeksvragen hierbij zijn: hoe moeten de werelden er uit zien (graphics), welke therapeutische handelingen kan de computer doen (agent technologie) en hoe kan de therapeut effectief communiceren met de computer (mens-machine-interactie). Van der Mast: ‘Naast schaalvergroting – een therapeut kan meerdere patiënten tegelijk behandelen – biedt telecare ook een oplossing voor mensen met de meest voorkomende fobie, pleinvrees. Zij durven vaak hun huis niet uit, met telecare kunnen zij toch behandeld worden.’

Creatieve industrie

Dit gaat om contentproductie en nieuwe media, en dan vooral het creatieve deel van deze industrie. Voor ICT-onderzoekstoepassingen zijn bijvoorbeeld entertainment, games (zowel de computerspellen als ‘serious games’) en ‘social software’ interessant. Ook de cultureel erfgoedsector (musea, archieven, bibliotheken etc.) kan van ICT-onderzoek profiteren voor nieuwe manieren om collecties toegankelijk te maken. In paragraaf 4.1 wordt hier nader op ingegaan.

Water

Onder deze noemer zijn waterbouw, waterbeheer, waterzuivering, waterbehandeling en het maritieme cluster bijeengebracht. Belangrijke betrokken sectoren zijn transport en logistiek, scheepsontwerp en -bouw, offshorewerktuigen, baggeren en berg- en sleepdiensten. Voor een aantal sectoren kan automatisering belang-

²⁰ Voorstellen Sleutelgebiedenaanpak. Innovatieplatform, Den Haag, 4 oktober 2004.

rijke toegevoegde waarde leveren, zoals voor de overslag en distributie (transport en logistiek). Daarnaast kunnen de nieuwe mogelijkheden van ICT waterbeheer in het polderrijke en natte Nederland (verder) ondersteunen. Hetzelfde geldt voor waterzuivering.

Bloemen en levensmiddelen

Dat Nederland traditioneel sterk is in dit toepassingsgebied staat buiten kijf. Ook de innovativiteit is groot, evenals de contacten tussen bedrijfsleven en universiteiten. Nederland is sterk in zaadveredeling, sierteelt en (delen van de) voedingsindustrie (food & nutrition) met bedrijven als Unilever en Heineken. Typische aanknopingspunten voor innovatie met ICT zijn duurzaamheid en efficiëntie van productie (energie en ruimte) en logistiek, maar ook automatisering van de productie, bijvoorbeeld in kassen en akkerbouw. Met ICT is het in principe mogelijk elke bloem of elk levensmiddel afzonderlijk te volgen en te verzorgen.

Onderwijs

ICT kan als instrument nieuwe methoden voor onderwijs ondersteunen, het zogenaamde 'e-learning'. Het kan hierbij zowel gaan over de vorm als de manier van aanbieden van leerstof.

Mobiliteit

Dit toepassingsgebied heeft betrekking op transport, logistiek, verkeer en bereikbaarheid. Bij verkeer kan ICT-onderzoek nieuwe toepassingen op het gebied van individuele vervoermiddelen (auto, trein, vliegtuig, etc.) opleveren, alsmede voor de verkeersregulering en -handhaving. Daarnaast zal een project als het rekeningrijden of de kilometerheffing in de variant gebaseerd op hoogwaardige technologie nog een aanzienlijke hoeveelheid ICT-onderzoek vereisen. In paragraaf 4.5 wordt hier nader op ingegaan.

Veiligheid

De nationale en openbare veiligheid zijn de afgelopen tijd zeer in de aandacht geweest en de verwachting is dat dat voorlopig zo zal blijven. ICT-onderzoek kan toepassingen leveren die bijdragen aan de veiligheid, bijvoorbeeld gezichtsherkenning in straatcamera's, gevoelige sensoren voor gevaarlijke stoffen, opslag en analyse van internetverkeer, etc. Dit nog afgezien van de hoogwaardige technische hulpmiddelen die door inlichtingen- en veiligheidsdiensten gebruikt kunnen worden. Daarnaast is er de wedloop tussen degenen die misbruik maken van computers en internet en de bestrijders daarvan. Dit is een van de hoofdonderwerpen van het NOAG-ict-thema 'De digitale veiligheid'. Zie verder ook paragraaf 4.3.

Zorg

De zorg is onderwerp geweest van een verkennende studie van het ICT Forum.²¹ Hieruit zijn vijf interessegebieden naar voren gekomen: 1) smart health surroundings 2) zorg op maat 3) kennismanagement 4) automatische registratie 5) beelddiagnostiek en beeldgestuurde behandeling. Onder meer betrouwbaarheid, beveiliging, veiligheid en gebruiksgemak zijn van uiterste belang voor toepassingen in de zorg en deze aspecten zijn voor ICT nog niet volledig begrepen. In paragraaf 4.5.1 wordt hier nader op ingegaan.

Financiële dienstverlening en handel

Dit toepassingsgebied is zich al in verregaande mate aan het automatiseren en loopt daarbij op tegen talloze problemen op het gebied van software engineering en beveiliging. De toekomstige mogelijkheden van ICT-toepassingen zijn op dit gebied dan ook nog lang niet uitgeput.

De keuze van toepassingsgebieden in internationaal perspectief

Het voorstel voor het zevende kaderprogramma (zie paragraaf 2.3) voorziet naast de drie groepen van wetenschappelijk en technologisch gerichte activiteiten in een groep toepassingsgerichte activiteiten. In tabel 5 worden de Nederlandse en Europese keuzes met elkaar vergeleken.

Tabel 5 Het ICT-toepassingsonderzoek in KP7 vergeleken met de toepassingsgebieden van ICTRegie

Voorstel voor ICT-activiteiten in KP7	Relevante toepassingsgebieden ICTRegie
ICT als antwoord op maatschappelijke uitdagingen	Zorg Mobiliteit Water
ICT ten behoeve van inhoud, creativiteit en persoonlijke ontplooiing	Creatieve industrie Onderwijs
ICT ter ondersteuning van bedrijfsleven en industrie	High tech-systemen en materialen Bloemen en levensmiddelen Financiële dienstverlening en handel
ICT ter ondersteuning van vertrouwen en betrouwbaarheid	Veiligheid

Uit tabel 5 blijkt dat Nederland ook wat betreft de gekozen toepassingsgebieden goed gepositioneerd is voor deelname aan KP7.

21 Nu Zorgen voor Morgen. ICT-Forum, Den Haag, november 2004.

3 Negen onderzoeksthema's

3.0 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de negen onderzoeksthema's centraal die in het vorige hoofdstuk zijn geïntroduceerd. De thema's verbinden ICT-disciplines en technologieën met toepassingsdomeinen. Zij beschrijven op een discipline- en technologieoverstijgende wijze voor de komende vijf jaar de onderzoeksuitdagingen van het wetenschappelijke ICT-onderzoek. In de paragrafen 3.1 tot en met 3.9 worden de negen thema's behandeld. Bij elk thema komen de volgende aspecten aan de orde:

- *Themabeschrijving*
Schetst in grote lijnen het onderzoeksgebied en de belangrijke onderwerpen binnen het thema.
- *Onderzoeksuitdagingen*
Er wordt onderscheid gemaakt tussen drie termijnen waarop het onderzoek tot resultaten kan leiden: de lange termijn (vijf tot tien jaar), de middellange termijn (drie tot vijf jaar) en de korte termijn (binnen drie jaar). De uitdagingen op korte termijn worden ook wel 'laaghangend fruit' genoemd. Het betreft onderzoek waarvan de vooruitzichten op haalbare en tastbare resultaten goed zijn.
- *Maatschappelijke toepassingen*
Eén of meer toepassingen of toepassingsgebieden waarvoor het onderzoek van belang is.
- *ICT-disciplines*
De thema's vormen een brug tussen de wetenschappelijke disciplines en maatschappelijke toepassingen. Er is echter geen één-op-één-afbeelding van disciplines op toepassingen: er zijn steeds meerdere ICT-disciplines waarvan het onderzoek bijdraagt aan een thema. Een lijst van ICT-disciplines is te vinden in hoofdstuk 2 (tabel 1).
- *Sleutelreferenties*
Brede overzichtsartikelen of belangrijke en bekende publicaties ('klassiekers') met een heldere uiteenzetting van de problematiek van het thema.

Themaboom

Tijdens de discussies over de thema's is een zogenoemde themaboom opgebouwd. Deze is opgenomen in bijlage 3. De thema's zijn de hoofdtakken, de zijtakken representeren relevante onderwerpen. De boom is geen één-op-één-afbeelding van de beschrijvingen in de volgende paragrafen; boom en beschrijvingen vullen elkaar aan.

Research choices should come from the subject

To stimulate research in ICT in the Netherlands is a challenging and responsible task for NWO. In order to see how one can influence the research process, let us compare the subject with that of chemistry 200 years ago. Chemistry is based on physics as fundamental science, but it is a subject worth to be pursued on its own. Basically it deals with substances and natural processes, their analysis and synthesis. Dalton had just proposed his atomic model as the basis of the subject. The resulting research, both fundamental and technological, was going to have its impact on about everything. From nutrition, medication, materials and energy sources to the understanding of natural processes, including life itself. Some people got very rich in the early days just by exploiting an improved way to treat leather. Much later the subject turned out to be an indispensable foundation for biology.

In the second half of the 20th century ICT has made an excellent start and has the potential of being the basis of even more dramatic personal and societal changes. Again the topic is based on fundamental subjects, mathematics and electrical engineering, but is worth to be pursued for its own sake. The basic goal is the analysis and synthesis of intelligent tools (or even intelligent processes themselves), all based on some form of computing, like computers, mobile phones and robots. In this way human potential increases dramatically. One particular point of interest is that it is non-trivial to say what is a successful and reliable tool. Specifying and verifying has become an art of such complexity that one needs methods from mathematics and logic and even aid from other computers used as auxiliary tools.

The list of themes in the NOAG-ict 2005-2010 consists of respectable items. But in the light of the comparison with chemistry it seems worthwhile to consider it as indicative rather than prescriptive. If one would have chosen 200 years ago for chemistry the themes 'leather', 'food' and 'medicine', then one could have missed essential steps towards our present day knowledge. Leather tanning was lucrative but too limited and food and medicine were too complex in view of the available knowledge. The research agenda should only be made from within the discipline. Quality should be obtained by supporting researchers who have shown recently that they are capable to do so, checked by peers, national and international.

On the other hand, I do think that scientists and NWO have a responsibility towards society that pays us. Let us suppose that we are in favour of health food. Then it is not the case that chemists should study only healthy nutrition but all products including the unhealthy and the toxic ones. The responsibility consists of informing the legislative power about what could be allowed on the market. In the same way the role of computer scientists is to research all possibilities, the good and the bad and then to inform the public. If one is only concerned with the good and lucrative possibilities, then this is not research but development. A final point to emphasise is that the path from initial research to a finished product in almost all cases is longer than the active time of an elected politician. Improving society by treasuring science is possible, but is a long term endeavour (at present more than 20 years because of the neglected state of education in the Netherlands).

Prof. dr. Henk Barendregt

Hoogleraar Grondslagen van de wiskunde en informatica Radboud Universiteit Nijmegen

Onderzoeksexpertise

Het IPN zal de Nederlandse ICT-onderzoeksexpertise op de negen thema's en in de ICT-disciplines ontsluiten door middel van een database die via de website www.informaticaplatform.nl raadpleegbaar is.

NOAG-ict-thema's

- zijn wetenschappelijk uitdagend en geïnspireerd door maatschappelijke problemen;
- vormen een brug tussen disciplines en technologieën aan de ene kant en toepassingsgebieden aan de andere;
- zijn meestal discipline- en technologie overstijgend;
- dragen bij aan één of meer toepassingsgebieden;
- brengen structuur en focus aan in het onderzoeksveld;
- plaatsen het Nederlandse ICT-onderzoek in een goede uitgangspositie voor deelname aan internationale competities, zoals KP7;
- verdienen een impuls.

3.1 De computer van de toekomst

Themabeschrijving

Het inwendige van een computer bestaat uit onderdelen die voorspelbaar gedrag vertonen en stap voor stap een reeks taken uitvoeren. Hierin zou wel eens verandering kunnen komen, want elektronische componenten met dimensies van enkele nanometers zullen minder voorspelbaar gedrag vertonen dan we gewend zijn. Ook bio- en neurocomputing vragen om een nieuwe benadering van fout-tolerantie in het systeem. Het gedrag van deze anders-opererende computers kan worden gekanaliseerd in het circuitontwerp, gebruik makende van een functionele beschrijving van de toekomstige computer. Maar de nieuwe technologie wordt pas maximaal benut wanneer de systeemarchitectuur wordt aangepast op de mogelijkheden en beperkingen van de nieuwe computer.

De computerarchitect van de toekomst zal afstand moeten doen van traditionele opvattingen over programma's, gegevensopslag en -verwerking. Er zijn doorbraken nodig op elk niveau, van het laagste (individuele processor- en opslagconcepten) tot het hoogste (collectieve systeemconcepten), om de grenzen van de fysisch mogelijke reken capaciteit te bereiken. Het 'rekenen' moet zich richten op niet-eindigende gegevensstromen en niet-uniforme verwerking. Communicatie en interactie worden belangrijker dan berekening. Processen zullen gebaseerd zijn op algoritmische mechanismen in plaats van vaste programma's. Ze zullen in spelvormen communiceren in plaats van centraal geregisseerd. Met de toemende flexibele en adaptieve infrastructuur voor communicatie is ook mobiliteit van processen in toenemende mate een optie. Processen zullen gaan 'reizen' naar een plek waar de processingwensen vervuld kunnen worden, zonder dat de gebruiker er iets van merkt. De globale computer van de toekomst gebruikt de gehele communicatie(web)infrastructuur als zelfregulerend, computationeel en informatiemedium. Het is de vraag welke creatieve vormen van algoritmieken en programmering hiervoor nodig zijn.

Onderzoeksuitdagingen

Grote uitdagingen op de lange termijn

De grote uitdaging is om niet-klassieke computers te ontwikkelen en om de complexiteit van de wereld om ons heen te beheersen door hun inbedding in reële en virtuele systemen. Is massaal parallelisme realiseerbaar? Hoe zal de quantumcomputer eruit zien? Welke computervormen zijn mogelijk op basis van biomoleculaire processen? Kunnen zelforganiserende en -lerende systemen tot betrouwbare computers leiden?

Kansrijke onderzoeksrichtingen in de komende 5 jaar

Aan de basis van de computer van de toekomst liggen de uitdagingen in het ontwerp van nieuwe processingconcepten, bijvoorbeeld op grond van nog niet benutte fysische of biologische principes, bijvoorbeeld quantumcomputing, biomoleculaire computing of andere vormen van 'natural computing'. Bovenop deze basis moeten we inzicht krijgen in het computationele gedrag van 'ensembles' van processing elementen en het vertalen ervan naar werkbare systemen. De huidige netwerkconcepten maken plaats voor gridgebaseerde concepten en free networks. Dit alles vraagt om een nieuwe berekenbaarheidstheorie.

Mogelijke resultaten op korte termijn

Verwacht mag worden dat in de komende jaren de vele principes van 'natural computing' beter begrepen kunnen worden, bijvoorbeeld de mogelijkheden van evolutie en zelfregulering.

Daarnaast zullen nieuwe concepten geïmplementeerd worden, zoals optische computers en chemical abstract machines. Op het gebied van rekenkracht en flexibiliteit zijn zogenaamde networks-on-chips van vele, vaak verschillende processoren veelbelovend.

Maatschappelijke toepassingen

In de computer van de toekomst zullen trends als inbedding, flexibilisering, complexiteitsbeheersing en rekenkracht centraal staan. Deze computers zullen een impact hebben waarvan we ons nu nog nauwelijks een voorstelling kunnen maken.

ICT-disciplines

De computer van de toekomst vereist inbreng vanuit vele disciplines, o.a.

- Artificial Intelligence
- Communications
- Computers
- Genetic and Evolutionary Computing
- Information Theory

Andere (deel)disciplines die nodig zijn om de principes binnen dit thema te ont-rafelen: quantumcomputing, quantumcommunicatie, molecular computing, neurocomputing, optical computing, ad hoc en sensor-based computing, networked information structures, market-based computing, algorithmic mechanism design, selfconfigurable computing en evolving interactive systems.

Sleutelreferenties

- T. Berry and G. Boudol. *The Chemical Abstract Machine*. in: TCS 96, 1992, 217-248.
- H. Buhrman, I. Newman, H. Röhrig, R. de Wolf. *Robust polynomials and quantum algorithms*, in: Lecture Notes in Computer Science 3404, 2005, 593-604.
- A. Ehrenfeucht, T. Harju, I. Petre, D.M. Prescott, and G. Rozenberg. *Computation in Living Cells*, Springer-Verlag, Berlin, 2004.
- C.H. Papadimitriou. *Algorithms, games and the Internet*, in: Proc. 33rd Annual ACM Symposium on Theory of Computing (STOC 2001), ACM Press, 2001, 749-753.

3.2 De data-explosie

Themabeschrijving

In ons privéleven explodeert het aantal omvangrijke digitale bestanden door de massale overgang op digitale fotografie en door digitale opslag van audio en video. In de kenniseconomie komt het erop aan de stortvloed aan digitale informatie snel te ordenen en inzichtelijk te maken, vaak via effectieve en gebruiksvriendelijke zoekmachines. Vergelijkbare ontwikkelingen kunnen worden waargenomen in de wetenschap. In bijvoorbeeld de astronomie, natuurkunde en bioinformatica zijn effectief beheer en goede ontsluiting van experimentele onderzoeksgegevens een sleutel voor wetenschappelijk succes. Zo produceren initiatieven rond ‘the living cell’ binnen een paar jaar zoveel ruwe informatie, dat deze alleen nog via een 3D digitale ‘data’ scope kan worden benaderd. Deze uitvinding zal voor de biologie-onderzoeker net zo belangrijk zijn als de eerste lenzen ontwikkeld door Hans en Zacharias Janssen in 1590.

Het terrein van dit thema is zó uitgestrekt, dat een goede focus noodzakelijk is voor het realiseren van samenhang en wetenschappelijke verdieping. De voorbeelden maken duidelijk dat het niet alleen aan de ICT is om oplossingen te vinden. Zij zal dit moeten doen in een constante dialoog met, toetsing via, en stimulering van de andere wetenschaps- en toepassingsgebieden, zoals de gezondheidszorg, veiligheid, logistiek en cultureel erfgoed.

Een goede afbakening van doelstellingen en verwachtingen voor dit thema wordt verkregen door uit te gaan van het proces van datavergaring tot dataverdeling. Het thema ‘De data-explosie’ wordt hierbij ingeperkt tot aan de ene kant generieke technieken en hulpmiddelen (search engines, semantic web, informatie-

presentatie) en aan de andere die fasen van informatieverwerking waarin de te beheren data al in digitale vorm beschikbaar zijn of komen (uit sensorobservaties, simulatie, patroonherkenning of digitalisering). De primaire vraag is niet welke data nodig zijn, waar deze ontstaan, en hoe deze gerelateerd zijn aan concrete (bedrijfs)toepassingen, maar hoe de data-explosie met effectieve methoden en technieken langs goede banen is te leiden. Hierbij kan o.a. gedacht worden aan:

- methoden om de ruwe data te vervangen door gevalideerde samenvattingen in modellen;
- data via geschikt gekozen indexstructuren opslaan in een meerlaags archief;
- het kunnen omgaan met databestanden uit de astronomie en bio-informatica;
- semi-automatische semantische verrijking van tekst.

Onderzoeksuitdagingen

Uitdagingen op lange termijn

De centrale vragen voor de lange termijn zijn: Hoe realiseren we een zelfbeschrijvende, zelforganiserende schaalbare infrastructuur voor betrouwbaar beheer van informatie? Welke generieke algoritmische, theoretische en engineering hulpmiddelen zijn voor de verrijking en ontsluiting hiervan bruikbaar?

Een dergelijke, abstracte lange-termijnvisie laat zich eenvoudig vertalen naar een specifiek toepassingsdomein en vormt daarmee een inspiratiebron en ijkpunt voor concrete invulling in projecten. Een illustratief voorbeeld is: 'hoe realiseren we een gezondheidsdossier voor een ieder, dat in de latere levensfase kan bijdragen aan de kwaliteit van leven?'. Een gezondheidsdossier kan zo ver gaan als het bijhouden van de sportieve activiteiten, de metabolische activiteiten, de slaapritmes, eetgewoontes, beweging, etc. Met een horizon van 80 jaar voorwaar een grootse uitdaging om zowel de juiste informatie te verzamelen, te beheren, en voor gezondheidswerkers om deze massa te kunnen analyseren.

Uitdagingen op korte en middellange termijn

Binnen het algemene kader zijn voor de korte en middellange termijn de volgende onderzoeksaspecten te beschouwen.

De data-explosie-uitdagingen gaan de functionaliteit en capaciteit van de inmiddels 30 jaar oude technologie voor databasemanagement verre te boven. Een nieuwe generatie is noodzakelijk en al in ontwikkeling. Voor de middellange termijn zijn oplossingen te voorzien op het terrein van o.a. data lineage, het in staat zijn de oorsprong, transformaties en aggregaties van informatie te kunnen achterhalen. Op korte termijn vereist de data-explosie een versnelde penetratie van moderne databasetechnologie in o.a. sensornetwerken voor het gecontroleerd vergaren en valideren van de primaire informatie aan de bron.

Datamining is bij uitstek het veld waar de informatie op een wiskundig controleerbare en efficiënte wijze wordt verwerkt tot nuttige informatie. Op middellange

termijn is te verwachten dat er vorderingen gemaakt kunnen worden bij het terugdringen van de hoeveelheid data door gevalideerde modellen te gebruiken om data te representeren. Op korte termijn liggen er uitdagingen op het terrein van verbetering van de algoritmieken en de integratie met domeinkennis.

Bij het ontsluiten van tekstuele informatie speelt information retrieval een centrale rol. Naast technologische verbeteringen is het voor het ontsluiten van grote hoeveelheden tekstuele informatie van belang om gericht toegang te geven in reactie op zoekvragen: er moet gezocht worden naar relevante *antwoorden*, niet slechts naar relevante *documenten*. Dit vereist toepasbare, robuuste en schaalbare algoritmen voor taalverwerking. Op korte termijn liggen er uitdagingen voor vraagexpressie en het genereren van samenvattingen van zoekresultaten.

Helaas valt niet alles te vangen in modellen, of kan men het zich niet permitteren dat waardevolle informatie verloren gaat. Er ontstaat zo een sterke druk op de datamanagementtechnieken, variërend van efficiënte datastructuren, opslag en distributie tot querytalen en inbedding in applicaties. De vastlegging en benutting van metagegevens, handmatig toegevoegd of met behulp van datamining verkregen, zal een belangrijk hulpmiddel worden bij het realiseren van efficiënte toegang en beheer. De korte-termijnuitdagingen zijn met name de verankering van domeinkennis in datamodellen en ondersteunende technieken die voor de beoogde levensduur (bijvoorbeeld tientallen jaren) bruikbaar blijven. Standaardisatie van gegevensverzamelingen op basis van taal en vorm is noodzakelijk, zonder dat dit afbreuk mag doen aan de bruikbaarheid. Voorbeelden hiervan zijn XML en RDF als voertalen.

De laatste stap in het beheersen van de data-explosie is gericht op de interactie met de gebruikers. Op middellange termijn is te voorzien dat information retrieval en informatievisualisatie de samenhang tussen datamanagement en datamining kunnen benutten voor een verbeterde toegang en duidelijker inzicht. Aangevuld met gepersonificeerde presentaties en samenvattingen zou dit de digitale ervaringen voor grote groepen gebruikers kunnen verbeteren. Op korte termijn is resultaat te boeken door het beter benutten van de visualisatietechnieken voor de presentatie van informatie in een database en het genereren van tekstuele samenvattingen over grote databestanden.

De onderzoeksvragen binnen het thema 'De data-explosie' worden verder gekenmerkt door een sterk experimenteel karakter. De methoden en technieken dienen kwantitatief onderbouwd te worden met gecontroleerde experimenten. Hierbij is het voor de positionering van belang aan te sluiten bij internationale evaluatiecriteria, zoals TREC voor information retrieval en XMark voor databaseverwerking.

Maatschappelijke toepassingen

Het proces van databeheer, -exploratie en -verrijking is een rode draad in veel wetenschappelijke, maatschappelijke en economische processen. Het speelt een rol bij alle toepassingsgebieden waar grote aantallen eenheden gevolgd worden, zoals logistiek, distributie en mobiliteit, maar ook de productie en landbouw. Het raakt daarmee dus aan de toepassingsgebieden ‘Bloemen en levensmiddelen’, ‘Mobiliteit’, ‘Financiële dienstverlening en handel’ en in mindere mate ‘Water’. Een speciaal geval is de ‘Zorg’, waar meerdimensionale diagnostieken enorme datahoeveelheden in een patiëntendossier opleveren.

ICT-disciplines

Een efficiënte (authenticatie, autorisatie en accounting) infrastructuur voor uitwisseling van informatie en computer supported cooperative work en middleware software wordt als gegeven aangenomen (zie de thema’s ‘Digitale veiligheid’ en het ‘Het virtuele laboratorium’). Deze meer technische disciplines dienen vanuit de toepassingsgebieden ondersteund te worden met domeinkennis over het ontwerp en beheer van grootschalige informatiesystemen, de organisatorische consequenties, de modeltheoretische beperkingen voor het toepassen van de technologie, en evaluatietechnieken. Software engineering, intelligente algoritmen, natuurlijke-taalverwerking, netwerken en embedded systems zullen een belangrijke aanvullende rol vervullen.

- Algorithms and Computation Theory
- Computer-Human Interaction
- Computer Graphics
- Hypermedia, Hypertext and Web
- Information Retrieval
- Knowledge Discovery in Data
- Management of Data
- Simulation and Modelling

Sleutelreferenties

- *The Lowell Database Research Self Assessment*: in: Communications of the ACM, Volume 48, Issue 5 (May 2005), 111-118: <http://research.microsoft.com/ffgray/lowell/LowellDatabaseResearchSelfAssessment.pdf>
- J. Vitter. *External memory algorithms and data structures: dealing with massive data*, in: ACM Computing Surveys 33, 2001, 209-271.
- I.H. Witten, A. Moffat, and T.C. Bell. *Managing Gigabytes: Compressing and Indexing Documents and Images*. Morgan Kaufmann Publishing, San Francisco, 1999.

3-3 Digitale beleving

Beeld, taal en geluid

Themabeschrijving

In 2010 wordt vrijwel alle beeld-, taal- en geluidsinformatie standaard digitaal opgenomen, digitaal verspreid en digitaal bewaard. Dit thema gaat om het effectief maken van deze informatie: het inzicht wat en hoe te analyseren, wat en hoe op te slaan, te communiceren en te organiseren. Het raakt aan de kern van de menselijke kennis, informatie en communicatie. De nadruk ligt niet alleen op cognitie maar ook op methodologie, bewerking en systemen. In de interactie van mens en systeem wordt niet het systeem maar de mens als uitgangspunt genomen.

Het raakvlak met de explosie van de hoeveelheid digitale informatie (de data-explosie), die nog maar net is begonnen, maakt dit thema extra interessant.

Onderzoeksuitdagingen

De grote uitdaging die voor ons ligt – na de computer als codemachine, de computer als de alfanumerieke rekenkracht en de computer als communicator – is de begrijpende computer die beeld, taal en geluid doorgrondt, bewaart, ordent en interactief aanbiedt, terwijl hij leert van gebruikers.

Digitale informatie is nu nog gefragmenteerd, verspreid en slecht toegankelijk. Om hierin verbetering te kunnen brengen moeten manieren gevonden worden om kennis uit beeld-, taal- en geluidsdata te kunnen abstraheren en te ordenen in multimedia-informatiesystemen. Hoe kunnen kennis en informatie effectief gevisualiseerd worden en hoe kunnen persoonlijke beeld-, taal- en geluidservaringen het beste opgeslagen worden? Hierin speelt mee hoe computer en mens optimaal kunnen interageren. In de toekomst zullen gezamenlijke, virtuele ervaringen worden beleefd in een *augmented of virtual reality* op afstand over het internet. De grenzen van de natuurgetrouwheid van de weergave van synthetische werelden en taal zullen worden opgezocht. De psychologische en biologische eigenschappen (voorkomen, beweging, gedrag) van mensen in digitale werelden zullen beter worden gesimuleerd. Beeld, taal en geluid zullen worden samengebracht in multimodale en synchrone interactie, rekening houdend met context en ervaring.

Concrete uitdagingen

Taal- en spraaktechnologie is zo volwassen geworden dat ze met succes in allerlei soorten mens-machine-dialogen kan worden ingezet. Echter, er is nog een aanzienlijke hoeveelheid onderzoek vereist, want geautomatiseerde dialogen gaan toch nog (te) vaak mis wanneer opdrachten onduidelijk zijn of wanneer er door imperfecte herkenning miscommunicatie optreedt. Hier kunnen zogenaamde reasoning systemen uitkomst bieden, die gezien kunnen worden als een verschuiving van herkennen naar begrijpen. Applicaties op het gebied van 'Digitale beleving' moeten een duidelijke begripscomponent hebben willen ze succesvol

kunnen worden toegepast. De nieuwste ontwikkelingen op softwaregebied bij bedrijven in zowel taal (Q-go, Emailco, Human Inference, Polderland) als spraak-technologie (DutchEar, TeleCats) wijzen duidelijk in deze richting.

Digitale beleving wordt pas werkelijk een beleving, en niet slechts een vorm van informatie, wanneer emotie een rol speelt. Een belangrijk deel van die emotie zit ongetwijfeld in de content (beelden, video, muziek of spraak), maar ook in de dialoog tussen gebruiker en computer zal emotie een duidelijke plaats moeten krijgen, met name in spraak (zowel die van de gebruiker als de gesynthetiseerde spraak van de computer). Zowel detectie als synthese van emotie wordt steeds meer gezien als noodzakelijk voor dialogen met een hoog ‘ervaringsgehalte’. Het gaat er niet alleen om wát maar ook hóé iets gezegd wordt. Ook verrijking van de communicatie door het betrekken van andere communicatiemodaliteiten zoals gebaren, gezichtsuitdrukkingen en poses is belangrijk. Hiervan getuigen ook grote Europese IST-projecten als AMI²² en het Network of Excellence HUMAINE²³ en de inzet van het bedrijfsleven op dit gebied.

Er zijn ook raakvlakken met andere NOAG-ict-thema’s. Beeld-, taal- en geluidsinformatie vormen een belangrijk deel van ‘de data-explosie’. Er is dus samenwerking nodig tussen analyse- en informatiesystemen. Een ander raakvlak is er met het thema ‘Methoden voor ontwerpen en bouwen’. De input- en outputkanalen van systemen moeten ontworpen worden voor multimedia, rekening houdend met het tijdsgebonden en platformafhankelijke karakter. Ook is er een raakvlak met breedband in ‘De genetwerkte wereld’. Video is een veeleisende informatiesoort met 2 tot 3 Mbyte per seconde per kanaal, zonder haperen, dus bij duizend of meer kanalen zijn slimme netwerken vereist. Een ander raakvlak is met grids in het thema ‘Het virtuele laboratorium’. De hoofdmoot van het dataverkeer is beeld, taal of geluid, die een grote verwerkingscapaciteit vergt. Het thema ‘Digitale veiligheid’ houdt zich bezig met het eigendom en de veiligheid van de data.

Maatschappelijke toepassingen

De toepassingen zijn zowel fundamenteel als toegepast, in de maatschappij en in andere wetenschapsgebieden. In 2010 zal multimedia-informatie zijn doorgedrongen tot in de uithoeken van de maatschappij. Ziekenhuizen gebruiken *e-patient records* en medische *audits*. Chirurgen bedienen een computer met spraakinformatie. Interactie via taal en spraak maakt het mogelijk om (semi-) geautomatiseerde systemen toe te passen die voor iedereen, ook ouderen en/of gehandicapten, hanteerbaar zijn (‘Zorg’). Het kadaster wijzigt kaarten in het veld in plaats van ten burele. De openbare veiligheid wordt bewaakt door intensief gebruik van sensorische (en tekstuele), digitale informatie (‘Veiligheid’). Cultuur zal een belangrijke e-cultuurpoot krijgen. Digitale media beheersen

²² <http://www.amiproject.org>.

²³ <http://emotion-research.net>.

broad en *narrowcasting* ('Creatieve industrie'). In het midden- en kleinbedrijf zullen multi-mediadocumenten hun intrede doen: makelaars en fysiotherapeuten maken videopresentaties. 'Onderwijs' bestaat uit multimedia- en videocomponenten. Spelletjes worden steeds meer een geheel digitale belevenis ('Creatieve industrie'). Andere wetenschapsgebieden gebruiken in 2010 allemaal multimedia-gereedschap: zoekmachines voor tekstanalyse, beeldbewerking voor gedragsanalyse of geluid voor vergelijkende studies. Elke sector van de maatschappij krijgt te maken met informatie en kennis in multimediavorm of door multimediacommunicatie tussen computer en mens.

ICT-disciplines

- Computer-Human Interaction
- Information Retrieval
- Multimedia
- Signal Processing
- Visualisatie

Sleutelreferenties

- C. Manning and H. Schuetze. *Foundations of statistical natural language processing*, MIT Press, Boston, 2001.
- D.A. Forsyth and J. Ponce. *Computer Vision: a modern approach*, Prentice Hall, New Jersey, 2003.
- R. Duda, P. Hart, and D. Stork. *Pattern Classification*, John Wiley and Sons, New York, 2001.
- C. van Rijsbergen. *Information retrieval*, Butterworths, London, 1979.
- L. Rabiner and B. Hwang Juang. *Fundamentals of speech recognition*, Prentice Hall, New Jersey, 2002.

3.4 Digitale veiligheid

Themabeschrijving

In vrijwel alle aspecten van het dagelijks leven spelen computers en netwerken een prominente rol. Het is belangrijk dat de veiligheid hiervan gegarandeerd is, ook als er per ongeluk of bij toeval bijzondere situaties optreden. Misbruik van systemen door kwaadwillenden (variërend van hackers tot terroristen) is zelfs mogelijk als een systeem volgens specificaties functioneert. Voorbeelden van misbruik zijn het buiten bedrijf stellen van systemen, het stelen van informatie en het schenden van privacy.

Het thema 'Digitale veiligheid' houdt zich bezig met maatregelen die misbruik van computers en netwerken en de daarin opgeslagen informatie voorkómen of in ieder geval vermijden, eventuele misbruikers opsporen, en schade herstellen.

Er bestaat een principiële spanning tussen enerzijds de eisen die aan moderne ICT-toepassingen gesteld worden, zoals openheid, verbindingsgraad en flexibiliteit, en anderzijds beveiliging en betrouwbaarheid. Het aantal apparaten dat toegankelijk is via allerlei netwerken, neemt voortdurend toe. Daarnaast wordt steeds vaker software ingezet om hardware te besturen, omdat hiermee de flexibiliteit vergroot kan worden. Door de toenemende complexiteit die hiermee gepaard gaat, groeit de kwetsbaarheid van de systemen. Het onderzoek in dit thema richt zich op aspecten van deze kwetsbaarheid, zoals betrouwbaarheid van data en privacy, integriteit van data, authenticatie en cryptografie. Ook richt het onderzoek zich op communicatie waarbij beide partijen weten dat ze van elkaar op aan kunnen (non-repudiation) en die vastgelegd kan worden (auditability). Van oorsprong is digitale veiligheid vooral een technische aangelegenheid, met een disciplinaire aanpak vanuit de wiskunde, elektrotechniek en informatica. In de moderne benadering spelen ook niet-technische disciplines zoals recht en de sociale wetenschappen een belangrijke rol. Daarnaast is de moderne benadering veel meer integratiegericht dan vroeger, omdat digitale veiligheid overal in de informatiemaatschappij is terug te vinden.

Onderzoeksuitdagingen

Uitdagingen op lange termijn

De uitdagingen op lange termijn zijn: (1) secure information management, (2) hoe te komen van veiligheid naar vertrouwen, (3) integrale certificatie en (4) secure systems engineering.

De eerste uitdaging is secure information management. Beveiliging van data en informatie in de digitale wereld is van cruciaal belang. Belangrijke deelonderwerpen zijn onder andere digital rights management, privacy en secure identity management.

De tweede uitdaging is het vinden van manieren om te komen van veiligheid naar vertrouwen en hoe dat vertrouwen te meten en te beheersen, en zo te komen tot een methode voor 'trust management'. Digitale veiligheid is geen absoluut concept. Wat de een veilig vindt, is voor de ander onveilig. Het verschil in benadering wordt veroorzaakt door de mate waarin verschillende partijen vertrouwen (trust) hebben in elkaar en/of het systeem.

Zelfs een goed ontworpen systeem, gebaseerd op een wetenschappelijk onderbouwd begrip van vertrouwen kan niet zomaar worden gebruikt. De derde uitdaging is het bieden van garanties dat de ontwerpers werkelijk overal aan hebben gedacht. Daartoe zijn nieuwe methoden en technieken nodig waarmee een systeem integraal kan worden gecertificeerd.

De vierde uitdaging is te komen tot een nieuw vakgebied 'secure systems engineering'. Dit vakgebied helpt security engineers in het ontwerpen en bouwen van veilige systemen.

Uitdagingen op korte en middellange termijn

De uitdagingen op korte termijn zijn te rangschikken onder (tenminste) drie woorden: confidentialiteit (hoe blijven gegevens vertrouwelijk), integriteit (hoe wordt voorkomen dat gegevens niet door ongeautoriseerden veranderd worden) en beschikbaarheid (hoe wordt gezorgd dat gegevens continu beschikbaar blijven).

Bij confidentialiteit is het reguleren van toegang tot gevoelige gegevens belangrijk. Vooral on-line is het lastig om vast te stellen of iemand ook diegene is voor wie hij/zij zich uitgeeft. Misbruik moet onmogelijk zijn. Voorbeelden van gebieden waar dit speelt zijn het biometrisch paspoort, elektronisch stemmen en de OV-chipkaart.

Als iemands identiteit vaststaat, wordt de volgende stap wat die persoon mag gaan doen. Bijvoorbeeld, wanneer een klant een elektronische winkel bezoekt, mag hij/zij wel het assortiment zien maar niet wijzigen. Dit heeft te maken met integriteit.

Een ander voorbeeld van integriteit in gegevens heeft te maken met fouten in programmatuur. Er zijn twee soorten: gewone programmeerfouten of kwaadaardige, bewust gemaakte fouten. Hoe moet een systeem ontworpen worden, zodat het altijd 'correct' functioneert, ook wanneer iemand het bewust onderuit probeert te halen? Dit gebied heet secure software.

Bij beschikbaarheid moet een systeem (bijvoorbeeld webservices of webservers) altijd beschikbaar zijn (met uitzondering van gepland onderhoud) en moet het beschermd worden tegen aanvallen. Legitieme requests aan een server moeten onderscheiden worden van de niet-legitieme. Hierdoor kunnen grootschalige aanvallen op websites voorkomen worden.

Voorbeelden van andere soorten uitdagingen zijn securityprotocollen en hoe te garanderen dat ze veilig zijn. Deze protocollen zijn makkelijk in een paar regels in abstracte taal te beschrijven, maar de implementatie in computercode bestaat vaak uit 1000 of meer regels. Hoe is te garanderen dat het protocol nog veilig is, want naarmate meer details (lees: regels code) toegevoegd worden, heeft een aanvaller meer mogelijkheden om het protocol aan te vallen.

Andere gebieden waar digitale veiligheid spelen zijn digital rights management (hoe toegang tot muziek of video te beheren) of bescherming van databases. Beschrijvingen van infrastructuur en beveiliging daarvan is nodig om te voorkomen dat hackers heel internet platleggen of dat ze specifieke bedrijven aanvallen.

Op forensisch gebied liggen geheel andere uitdagingen: hoe is te traceren wat mensen op internet doen (internetproviders worden geacht verkeersgegevens van hun klanten op te slaan)? Daar hoort natuurlijk ook de vraag bij of dat gewenst is.

Hierbij is te zien dat digitale veiligheid niet alleen een technische vraag is, maar ook een maatschappelijke. Het tot in detail kunnen traceren van mensen ligt gevoelig en waarborgen voor anonimiteit zijn noodzakelijk.

Maatschappelijke toepassingen

Veiligheid speelt een steeds grotere rol bij zowel bestaande als bij nieuwe ICT-toepassingen. Voor de burger gaat het bijvoorbeeld om digitale identificatie en privacybescherming voor e-commerce ('Financiële dienstverlening en handel'), e-government en e-learning ('Onderwijs'). Voor toepassingen van ICT bij de noodhulpdiensten en in de (thuis)zorg geldt dat ICT zeer grote mogelijkheden biedt, mits de privacy van de betrokkenen beschermd wordt en de systemen veilig en beveiligd zijn ('Zorg'). Openbare en nationale veiligheid is een actueel onderwerp, waarvoor onderzoek in dit thema van grote toegevoegde waarde is. Bij een systeem als rekeningrijden of kilometerheffing zal de privacy van de gebruikers een belangrijk onderwerp zijn ('Mobiliteit').

ICT-disciplines

- Communications
- Electronic Commerce
- Embedded Systems
- Management of Data
- Operating Systems
- Security, Audit and Control
- Software Engineering

'Digitale veiligheid' heeft een duidelijke relatie met het thema 'Methoden voor ontwerpen en bouwen'.

Sleutelreferentie

- R. J. Anderson. *Security Engineering: A guide to building dependable distributed systems*, John Wiley & Sons Inc, New York, 2001

3-5 De genetwerkte wereld

Themabeschrijving

Een netwerk is het medium bij uitstek voor communicatie. Naast de computer kan het internet als de grootste realisatie van de informatierevolutie worden gezien. De structuur, bouw en eigenschappen van de vele soorten communicatienetwerken die er in de toekomst gaan komen, vormen het centrale onderwerp van dit thema.

Er is veel aan het veranderen op netwerkgebied, gestimuleerd door de enorme opkomst van draadloze telefonie en het internet, maar ook dankzij de hoge vlucht die de Micro- en Opto-elektronica, de Telecommunicatie en de Microsysteemtechnologie hebben genomen. Deze disciplines verschaffen de basistechnologie. Ook de Informatica heeft een doorslaggevende invloed gehad op het onderzoek naar netwerken en hoe ze gerealiseerd kunnen worden.

Er zijn vele manieren om de ‘genetwerkte wereld’ te benaderen. De meest populaire is het OSI-lagenmodel. In iedere OSI-laag zijn er belangrijke ontwikkelingen:

In de *fysieke laag* en de *data link laag* gaat het om hogere frequenties en bandbreedten, hogere afhandelingsnelheden, volledig optisch en ultrasnel schakelen, en multihopnetwerken van intelligente sensoren en actuatoren. Tevens is er de wens om intelligentie in te bouwen in ieder mogelijk device. Dit moet zo compact mogelijk, zodat de apparaten zo weinig mogelijk energie verbruiken. Verder is er de wens om de draadloze en de accessomgeving zo efficiënt mogelijk uit te baten, gebruikmakend van alle beschikbare dimensies (space-time-frequency-code) in de volle breedte. Deze omgevingen moeten functioneren als één naadloos, ad hoc-continuüm, dat ook nog ‘context aware’ is en op een ‘cognitieve manier’ met de omgevingsinformatie omspringt.

De technologie voor het ontwikkelen van de transport-hardware en de bijbehorende software voor ‘De genetwerkte wereld’ is de breedbandtelecommunicatietechnologie. Hierbinnen zijn drie hoofdgebieden te onderscheiden:

Optische communicatietechnologie

De transmissiecapaciteit van licht als informatiedrager kan voor het komende decennium als vrijwel onbegrensd worden beschouwd. Met de groei van het dataverkeer ontstaat er echter een bottleneck in de routers, waar de datapakketten elektronisch geschakeld worden. Om ook in de toekomst de groei van het dataverkeer op te kunnen vangen zullen in deze routers de datapakketten in het optische domein moeten worden geschakeld, zonder tussenkomst van (veel langzamere) elektronica. Ultrasnel optisch schakelen (Terabit/s) in combinatie met massief optisch parallelisme, dat mogelijk wordt gemaakt door het gebruik van golflengte als extra dimensie, vormt daarom een belangrijk onderzoeksgebied binnen dit thema.

Draadloze communicatietechnologie

Alle apparatuur zal in de toekomst draadloos verbonden zijn met het netwerk. De draadloze communicatie zal verschuiven naar veel hogere frequenties (40 en 60 GHz of nog hoger), waardoor een veel groter aantal gebruikers parallel gebruik kan maken van deze kanalen. Basisbandbewerking van de zeer breedbandige signalen alsmede de netwerktheoretische aspecten van deze netten vormen een belangrijk onderdeel van dit thema. Een tweede belangrijk onderwerp is de ontwikkeling van slimme antennes, die de gebruikers kunnen volgen en daardoor met veel minder zend- en ontvangvermogen toe kunnen.

Integratietechnologie

Analoog aan de ontwikkeling binnen de micro-elektronica zullen ook binnen de breedbandige draadloze en optische communicatie de kostprijzen en het energieverbruik continu verlaagd moeten worden, zodat aan de toenemende vraag naar bandbreedte en functionaliteit kan worden voldaan. Het omvat zowel optische als micro-elektronische integratietechnologie, alsmede de integratie van deze beide in een nieuwe technologie.

In de *netwerklaag*, de *transportlaag* en de *sessielaag* willen we zowel naar veel kleiner als naar veel groter. We willen alles wat ook maar enigszins met een beetje intelligentie kan worden uitgerust ook laten communiceren, met elkaar en met gebruikers, om zodoende een omgeving van ambient intelligence en peer-to-peer-netwerken te creëren. Maar ook het internet kenmerkt zich door nieuwe manieren om met distributed intelligence om te gaan: distributed agent technology, methoden voor netwerkbeheer, het begrijpen van het internet als totaal-object met zijn statistische eigenschappen, optimalisering van verkeer, verlenen van de nodige Quality of Service, het gebruik van het internet als de grootst mogelijke gedistribueerde computer (grids).

Op de hogere lagen (de *presentatie- en de applicatielaag*) spelen zeer grote uitdagingen. Het beveiligen van het netwerk en de uitgewisselde berichten, het verschuiven van ontwerpbeslissingen naar runtime, het ontwikkelen van open systeemarchitecturen, het overbruggen van de kloof tussen de bedrijfsprocessen en de ICT-systemen, de ontwikkeling van nieuwe services en businessmodellen. Op deze laag worden de winnaars bepaald: dat zijn met name zij die erin slagen snel en effectief nieuwe toepassingen te ontwikkelen en ze betrouwbaar op het net te brengen en te houden.

Een andere dimensie volgt de opeenvolgende generaties van communicatievoorzieningen. Van 2G (het mobiele GSM-netwerk) over 3G (UMTS – waar spraak, beeld en data keurig geïntegreerd zijn) naar het opkomende 4G (wherever, whenever, whatever communication) dat erin moet slagen de internetwereld en de draadloze wereld te verenigen in een naadloos allesomvattend maar ook volledig gedistribueerd systeem.

Onderzoeksuitdagingen

De ontwikkeling van de genetwerkte wereld gebeurt tegen de achtergrond van een microtechnologie, die nog zeker een decennium exponentieel toenemende prestaties zal bereiken, hoogfrequente low-powertechnologie en volledig optische schakeltechnologie in Terabit/s. De integratie van alle niveaus van telecommunicatie (de directe omgeving van de persoon, de draadloze huisomgeving, de access media, de communicatie in de lokale omgeving, het achterliggende netwerk, het internet) levert een groot aantal vragen op:

Middellange termijn

- De ontwikkeling van een hiërarchie van communicatieprotocollen voor ambient intelligence in de (draadloze) gebruikersomgeving die zorg dragen zowel voor het ad hoc-karakter van die omgeving als voor de borging van veiligheid en Quality of Service.
- Het uitbuiten van de enorme toename in operating frequency die de moderne elektronica toelaat, met name de ontwikkeling van een compleet functionele draadloze omgeving op 60 GHz.
- Het ontwikkelen van ultrasnelle optische processoren om de dreigende speed-bottleneck in elektronische routers op te heffen.
- Het ontwikkelen van een breedbandige access technology, dat is de wijze waarop de lokale omgeving toegang krijgt tot het achterliggende netwerk, draadloos en bedraad.
- De ontwikkeling van het ‘PAN’ = Personal Area Network. Dit is een communicatienetwerk dat tot op het niveau van de lichaamsfuncties van een gebruiker doordringt, met belangrijke uitdagingen voor een betere quality of life, bijvoorbeeld in de bejaardenzorg.
- De realisatie van het ‘Personal Network’, de projectie van de persoon op het internet, waardoor zijn persoonlijke omgeving reikt tot in alle uithoeken van de wereld.
- Allerhande nieuwe soorten netwerken, zoals overlay-netwerken, peer-to-peer-netwerken, ad hoc-netwerken, personal area-netwerken, instrumentatienetwerken.
- Het introduceren van optische technologie voor kortere verbindingen, om te beginnen bij de eindgebruiker (access networks), maar ook binnen apparaten, zoals PC’s, op Printed Circuit Boards (PCB’s) en uiteindelijk op elektronische IC’s, bijvoorbeeld voor het verzorgen van breedbandige communicatie tussen onderdelen van embedded systems.
- Het ontwikkelen van intelligente low-powertechnologie en cognitieve radio-technologie die het mogelijk maakt om breedbandige draadloze verbindingen te realiseren met minimaal energieverbruik (onder meer smart antennas en software radio).
- De realisatie van een ‘Services Network’, waarin diensten op een uniforme en intelligente manier kunnen worden gebruikt en beheerd. Hiertoe behoren afspraken voor het representeren en registreren van eigenschappen van diensten, alsmede technische oplossingen voor het vinden, combineren en vervangen van diensten.
- De realisatie van een infrastructuur en een coherente verzameling technologieoplossingen voor het real-time gebruiken van contextuele informatie ten behoeve van het aanbieden van situationele diensten (vaak aangeduid met de term ‘context-aware services’).

Tien gezichtsbepalende problemen voor het informaticaonderzoek

De term ‘gezichtsbepalende probleemstelling’ gebruik ik als Nederlandstalige vorm voor de zogenaamde ‘grand challenge’. Het is daarbij van groot belang dat je kunt zien of een probleem is opgelost. Dat was zo evident bij de fameuze ‘man on the moon’. Het voorspellen van de maatschappelijke rol van ICT is altijd ondoenlijk geweest omdat de autonome ontwikkeling van de technologie zo grillig is. Wetenschappelijk onderzoek heeft dan ook geen belang of baat bij theoretische of toegepaste futurologie.

De ‘problemen’ in de ICT zijn steeds positieve uitdagingen, ook spam, virussen en spyware. Vertrouwen in de spin-off van langdurig volgehouden intrinsiek probleemgestuurd onderzoek is de werkelijke maatschappelijke basis van de wetenschap.

Hier is mijn lijst van tien gezichtsbepalende informaticaproblemen anno 2005.

Probleem 1: Formaliseer en controleer per computer een bewijs van het door Wiles aangetoonde vermoeden van Fermat. Deze vraagstelling bouwt voort op een lange en sterke Nederlandse traditie.

Probleem 2: Ontwerp en bouw een computer die sterk Go speelt. Anno 2005 is schaken versus Go precies het contrast tussen wat een computer wel kan en wat hij, in vergelijking met mensen, niet kan.

Probleem 3: Ontwikkel quantum-computing op een overigens klassieke chip. De gewone chip is al een quantum-computer omdat de transistor op een quantumeffect berust. Tomasulo ontwikkelde in 1967 een strategie voor parallel rekenen op instructieniveau voor de IBM 360. Conform Deutsch kunnen essentieel meer actieparen of tupels gelijktijdig worden uitgevoerd via quantumsuperpositie en interferentie. In een superscalaire pipeline zouden zulke paren kunnen worden aangewezen en naar een aparte interferometer gestuurd. Dit levert misschien een echte versnelling op.

Probleem 4: Ga uit van een communicatieprotocol dat enkele in de ruimte verdeelde componenten van een stilstaand systeem verbindt. Neem aan dat het protocol een gegeven specificatie correct implementeert. Als men het functionerende protocol nu vanaf een eenparig bewegend punt waarneemt dan neem ik aan dat het nog steeds correct werkt. De theorie van dit idee vergt protocolbeschrijvingen en -specificaties waarop men Lorentztransformaties kan uitvoeren en verificaties die onder Lorentztransformatie correct blijven. Het probleem is ten eerste om zulke theorie te ontwikkelen door generalisatie van een (klassieke) procesalgebra waarin de acties in tijd en ruimte plaatsvinden. Het probleem is ten tweede om compatibiliteit te bereiken met algemene relativiteit. Ten derde wil men beide generalisaties uitvoeren vanuit een hybride procesalgebra. Dit drietal vragen laat zich vanzelfsprekend ook in het kader van andere procesformalismen stellen. Het moet dan blijken vanuit welke van de bestaande formalismen men tot hanteerbare antwoorden op deze vragen komt.

Probleem 5: Integreer algebraïsch, logisch en functioneel programmeren tot een paradigma dat de imperatieve talen werkelijk kan verslaan. Dit is een klassiek en door velen opgegeven doel, maar het krijgt nieuwe kansen omdat voor het imperatieve paradigma bij toenemende systeemcomplexiteit en concurrency de fameuze von Neumann bottleneck een globale beperking wordt.

Probleem 6: Maak een overzichtelijke theorie van microprocessoren die ontwerpers in staat stelt optimale multi-pipelined architecturen te bepalen. Concurrency op de chip is sowieso de trend en de theorie daarvoor ontbreekt op dit moment. Maurer's computers (1967) zijn hier een praktisch uitgangspunt en Jesshope's microthreads een optie.

Probleem 7: Ontwerp een systematiek voor patentering van computersoftware die het volgende oplevert:

- de 'Intellectual Property Rights' van zeer omvangrijke onderzoeksinvesteringen in software regelen. Dit naast en in combinatie met een scala van, misschien nog voor dit doel te formuleren open source licenties en vormen van copyright die men toepast voor niet-gepatenteerde componenten; het werk van Plotkin kan hier een basis vormen;
- het oorspronkelijke doel van patenten: snelle kennisdisseminatie in combinatie met in de tijd begrensde rechten op mogelijkheden om riskante onderzoeksinvesteringen terug te verdienen;
- volstrekte duidelijkheid omtrent status en omvang van de 'prior art';
- ondersteuning van het software-ontwikkelproces dat maximale toegang biedt tot in patenten en in 'prior art' vastgelegde kennis.

Probleem 8: Geef een overtuigende theorie van computervirussen en soortgelijke krachtige vormen van artificial life. De sterke start door Cohen in 1984 heeft anno 2005 opmerkelijk weinig follow-up gehad.

Probleem 9: Herontwerp de theoretische informatica vanuit het extra gegeven dat elke computer eindig is. Laat de Turingmachine voor wat hij is omdat de ingebouwde oneindigheidsaannamen weliswaar zeer fraaie theorie opleveren, maar ook onvoldoende overeenkomst met 'de feiten'. Ontwikkel bovendien een paradigma om de klassieke inzichten uit de logica van de berekenbaarheid om te zetten in doorslaggevende analyses en prognoses over wat in een begrensde wereld wel en niet mogelijk is.

Probleem 10: Herontwerp de gehele discipline ICT vanuit kennis, inzicht, overzicht en sociale competenties, te beginnen met systeem- en netwerkbeheer. Doorbreek daarmee de aanpak vanuit zogenaamde computervaardigheden. Doordenk de vakbeoefening van de informaticus zodanig dat men weer life-long loopbaanperspectieven ziet. Herontwerp bovendien de mens-machine-interactie zodanig dat op korte termijn RSI-achtige problemen geen bedreiging voor de ICT-beroepsgroep meer kunnen vormen.

Prof. dr. Jan Bergstra

Hoogleraar informatica Universiteit van Amsterdam en Universiteit Utrecht

Meer weten? Kijk op www.informaticaplatform.nl/noagict

Lange termijn

- De vereniging van connect technology met packet technology. Er blijven belangrijke consistentieproblemen liggen die de realisatie van 4G als integrator van technologieën bemoeilijkt.
- Waar liggen verdere fundamentele grenzen, met name voor het verkleinen van de afmetingen, de vermogensdissipatie en de bruikbare bandbreedte in een variëteit van toepassingen (zowel elektronisch, draadloos als fotonisch)?
- Integratietechnologie, geschikte structuren voor een breed scala en vereiste functionaliteiten met gebruik van een beperkt aantal componenten.

Maatschappelijke toepassingen

Vele toepassingsgebieden zullen rechtstreeks profiteren van de komende vierde generatie van geïntegreerde voorzieningen, ieder op zijn manier. Zorg op maat en smart health surroundings zullen profiteren van de ontwikkelingen in dit thema ('Zorg'). Toepassingen in 'Mobiliteit' worden mogelijk met de nieuwe, draadloze netwerktechnologie en services daarop. Toepassingen in 'Bloemen en levensmiddelen' zullen resultaten uit dit thema gebruiken. Het toepassen van netwerken, van klein tot groot, zal in de toekomst alleen nog maar verder toenemen, zodat ook de andere toepassingsgebieden ervan kunnen profiteren.

ICT-disciplines**Basistechnologie**

- Antennas and Propagation
- Circuits and Systems
- Communications
- Computer Architecture
- Lasers and Electro-Optics
- Magnetics
- Microwave Theory and Techniques
- Signal Processing
- Solid State Circuits

De netwerklagen

- Circuits and Systems
- Communications
- Information Theory

De toepassingslagen

- Algorithms and Computation Theory
- Computer-Human Interaction
- Electronic Commerce
- Simulation and Modelling
- Software Engineering

Sleutelreferenties

- G. L. Stüber. *Principles of Mobile Communications*, 2nd edition, Kluwer 2001.
- G. Keiser. *Optical Fibre Communications*, McGrawHill, 2000.
- A.S. Tanenbaum. *Computer Networks*, 4th edition, Prentice Hall, 2002.
- Th. M. Cover and J.A. Thomas. *Elements of Information Theory*, Wiley, 1991.

3.6 Intelligente systemen

Themabeschrijving

Het feit dat de maatschappij en de systemen die haar ondersteunen voortdurend complexer worden, vereist dat deze systemen ‘intelligenter’ worden, dat wil zeggen flexibeler, robuuster, adaptiever, meer autonoom, zodat de systemen zelf op adequate wijze kunnen omgaan met (onverwachte) veranderende omstandigheden, en de gebruiker meer aan de systemen zelf kan overlaten. De technieken die gebruikt worden bij het ontwerpen van deze ‘intelligente systemen’, komen voor een groot deel uit het deelgebied van de informatica dat men kunstmatige of artificiële intelligentie (AI) noemt. Dit is het wetenschapsgebied waarin men tracht computersystemen dingen te laten doen die, als ze door mensen gedaan worden, ‘intelligent’ worden genoemd. In de hieronder te noemen subthema’s wordt aangegeven welke aspecten en deelgebieden van de AI hierbij een rol spelen.

Het doel van onderzoek in dit thema is om systemen te voorzien van ‘intelligentie’. Hoewel hier op natuurlijke wijze een relatie is met de cognitiewetenschap, wordt deze vraag meestal vertaald naar het technische probleem van het construeren van complexe systemen die een grote mate van flexibiliteit en adaptiviteit vertonen. Hierbinnen is een aantal onderwerpen te benoemen: kunstmatige intelligentie, multi-agentsystemen en robotica, heuristische algoritmen, computationele logica, redeneersystemen, semantiek en biologisch geïnspireerde technieken.

Kunstmatige intelligentie

De kunstmatige intelligentie is ongeveer even oud als mainstream computer science. Ze heeft zich over de jaren heen ontwikkeld in een groot aantal subdisciplines, zoals heuristisch zoeken, kennisrepresentatie en redeneermethoden, logica voor AI, planning, problem solving, spellen, kennissystemen, beslissingsondersteuning, machine learning, perceptie, patroonherkenning, natuurlijke taalverwerking, robotica.

Multi-agentsystemen en robotica

Het wordt in toenemende mate onderkend dat voor de uitvoering van complexe, intelligente vereisende taken een gedistribueerde aanpak van groot belang is, zeker als de omgeving waarin deze taken moeten worden verricht dynamisch is.

Dan zijn globale optimalisatiemethoden zoals bekend uit de operations research niet meer bruikbaar, en moet men kijken naar meer lokale optimalisatiemethoden, uitgevoerd door individuele agenten. Zo ontstond het onderzoeksgebied ‘gedistribueerde AI’ ofwel ‘multi-agentsystemen’. Hierbij is het van primair belang hoe agenten die zelf in meer of mindere mate autonoom opereren ter verrichting van een taak, met elkaar kunnen worden gecoördineerd. Voor deze coördinatie zijn bijvoorbeeld communicatie en synchronisatie cruciaal. Doorgaans vindt communicatie plaats op een abstracter niveau dan in klassieke gedistribueerde computersystemen, zodat de zogenaamde agentcommunicatie een belangrijk subthema is geworden. Dit geldt ook voor agentmigratie: agentmigratie is meer dan low-level codemigratie. Nieuwe services zijn nodig om agenten te kunnen vinden of traceren. Nieuwe technologie is nodig bijvoorbeeld om identiteit van agenten te kunnen waarborgen. Multi-agentsystemen vereisen ook nieuwe ontwikkelmethoden. Voor een aantal van deze systemen is het verder noodzakelijk dat er rekening wordt gehouden met de interface tussen agenten en gebruikers. Vaak wordt daarbij de notie van een multi-agentsysteem dusdanig opgerekt dat deze ook menselijke gebruikers omvat, met alle gevolgen van dien.

Het agentparadigma heeft ook invloed op de robotica. Zo is er de trend waarbij robots met grotere autonomie en doelgericht moeten opereren in een omgeving waarin zich mogelijk ook andere robots bevinden. Zij moeten hiervoor dus cognitieve, agent-achtige eigenschappen hebben. Maar omdat robots nu eenmaal in een fysieke wereld gesitueerd zijn, is het essentieel om dit cognitieve aspect adequaat te integreren met perceptie.

Heuristische algoritmen

Omdat AI-problemen doorgaans geen praktisch berekenbare optimale oplossing hebben (intractability), worden vaak heuristische algoritmen gebruikt om (suboptimale) oplossingen te vinden. Deze maken gebruik van vuistregels die aangeven hoe veelbelovend een bepaalde toestand in de zoekruimte is. De meest veelbelovende toestand wordt door het algoritme nader geëxploreerd. De heuristische kennis wordt vaak weergegeven met behulp van een evaluatiefunctie, die met een getal weergeeft hoe veelbelovend de toestand is.

Zelflerende systemen

Zelflerende systemen zijn systemen die zich aanpassen en zo leren op grond van observaties van hun omgeving. Die omgeving wordt doorgaans beïnvloed door het eigen gedrag, zodat feedback mogelijk is. Dit leren kan supervised of unsupervised geschieden. In het eerste geval leert het systeem doordat de omgeving de correcte uitkomst bij gegeven input geeft. In het unsupervised geval krijgt het systeem geen enkele informatie over de correctheid van zijn uitkomsten. Ook zijn er tussengevallen, zoals in reinforcement learning, waarbij het systeem partiële informatie (een evaluatie) krijgt over het resultaat van zijn actie, maar niet wat de correcte actie zou zijn geweest.

Computationale logica

Computationale logica betreft het terrein van computationele methoden en technieken in de logica, zoals automatische redeneermethoden. Hierbij valt te denken aan theoreem provers en proof assistants voor diverse logica's, en in het bijzonder aan logica's en logische formalismen die gebruikt worden voor de verificatie van softwaresystemen. Momenteel zijn ook modelcheckers volop in de belangstelling waarmee bepaalde systeemeigenschappen automatisch kunnen worden nagegaan aan de hand van een berekeningsmodel van het systeem. Ook vallen onder het terrein van de computationele logica programmeermethoden (-technieken, -talen, -paradigma's) die gebaseerd zijn op logica en logische technieken, zoals (varianten van) het zogenaamde logisch programmeren, en (executeerbare) logica's ter specificatie en implementatie van intelligente systemen, zoals agent-systemen en (regelgebaseerde) kennissystemen (expert systems).

Redeneersystemen

Behalve de hierboven genoemde op (klassieke) logica gebaseerde systemen zijn er ook redeneersystemen gebaseerd op niet-monotone logica (bijvoorbeeld defaultlogica), fuzzy logic en waarschijnlijkheidsrekening (zoals belief networks) voor het redeneren met onzekerheid.

Semantiek

Het gebied van de semantiek behelst de betekenis van symbolen. Hoewel de semantiek aldus betrekking heeft op elk symboolverwerkend systeem, is dit a fortiori het geval bij intelligente systemen, waar vaak een relatie moet worden gelegd tussen symbolen zoals deze door het systeem gebezigd of gemanipuleerd worden, en objecten in de echte wereld. Het is veelal van groot belang om de rol van de symbolentaal zelf en deze relatie met de objecten precies te begrijpen en formeel te beschrijven. Voor robotische systemen is dit bekend als het symbol grounding problem, maar ook doen zich vergelijkbare problemen voor bij systemen die opereren in een virtuele wereld zoals cyberspace (het web) en in virtual reality-omgevingen. Gebieden waarin de semantiek een grote rol speelt zijn onder meer het semantic web en heterogene multi-agentsystemen, waarin de agents niet allemaal dezelfde taal spreken (ontologie gebruiken).

Biologisch geïnspireerde technieken

Voor het construeren van intelligente systemen worden steeds meer concepten en technieken gebruikt die geïnspireerd zijn door biologische processen. Hierbij speelt symbolische kennisrepresentatie vaak geen of een ondergeschikte rol. Zo zijn er de artificiële neurale netwerken (ANN's) die afgeleid zijn van de werking van de hersenen en gebruikt worden voor de implementatie van (supervised en unsupervised) leermechanismen. Verder zijn er de zogenaamde evolutionaire of genetische methoden, die geïnspireerd zijn door evolutionaire processen in de natuur. Hierbij worden door middel van de principes van 'survival of the fittest', selectie, mutatie en recombinitie populaties van kandidaatoplossingen voor een bepaald probleem gegenereerd, veranderd en verbeterd.

Functionaliteit gegarandeerd

De Personal Digital Assistant (PDA) is een handzaam apparaatje dat een voortdurend groeiende functionaliteit biedt. Alles zit er in: agenda, telefoon, e-mail, internet, navigatie, audio en video. Kunnen we eindeloos doorgaan met het toevoegen van functionaliteit aan steeds kleinere en goedkopere apparaatjes?

Volgens Henk Corporaal (TU/e) is dit mogelijk door het ontwerptraject vanuit een nieuwe denkwijze te benaderen. Traditioneel gezien bestaat dit traject uit twee afzonderlijke delen: het ontwerpen van het processing platform waarop de software moet draaien en de applicatiesoftware zelf. Corporaal: ‘Het kan dan gebeuren dat de testfase fouten aan het licht brengt en er aanpassingen nodig zijn in het oorspronkelijke ontwerp. Dit is te voorkomen door de hard- en software als één systeem op hoog niveau te beschrijven, te modelleren en te testen.’

Uitdaging van de toekomst is een multi-processor platform waarop meerdere applicaties tegelijk betrouwbaar, met hoge kwaliteit en zo laag mogelijke energiekosten kunnen draaien. Dit vereist een architectuur die garanties kan afgeven aan applicaties, en het vereist een nieuw en voorspelbaar ontwerptraject dat kan omgaan met de applicatiedynamiek van morgen. Corporaal: ‘Een PDA is alleen handig als een telefoongesprek ook gegarandeerd doorkomt als je net een video bekijkt’.

Onderzoeksuitdagingen

Uitdagingen op lange termijn

De grote uitdagingen op de lange termijn van intelligente systemen zijn de samenwerking tussen deze slimmer, adaptiever en autonomer wordende systemen en de mensen die ze gebruiken. Allereerst zal moeten worden opgelost of en hoe diverse systemen met hun bijbehorende meer of minder intelligente technieken (o.a. symbolisch, subsymbolisch) kunnen worden gekoppeld en geïntegreerd. Echter, we kunnen slimmere systemen maken en die integreren met bestaande systemen en infrastructuur, maar uiteindelijk moeten deze systemen meerwaarde opleveren voor de mensen die ze gebruiken. Dit betekent dat de organisatie waarin die systemen worden gebruikt, zich zal moeten aanpassen aan het gebruik van dit soort systemen. Andersom zullen intelligente systemen zich van hun (sociale) omgeving bewust moeten zijn om de oplossingen die ze vinden goed in te kunnen bedden. Belangrijk thema wordt dus (kunstmatige) sociale intelligentie met communicatie en coördinatie als belangrijke sleutelwoorden.

Uitdagingen op middellange termijn

De theorie en methodologie om intelligente systemen te bouwen zal verder uitgewerkt moeten worden om te zien waar de intelligentie van een systeem gestopt moet worden. Koppelen van ontologieën uit verschillende domeinen zal een zeer belangrijk aandachtspunt worden. Goed gefundeerde theorie en implementatie op basis hiervan die ook praktisch (bij bedrijven) realiseerbaar is zal een grote sprong voorwaarts betekenen in de intelligente combinatie van allerlei ‘slimme’ systemen.

Uitdagingen op korte termijn

Korte-termijnresultaten kunnen bereikt worden op het gebied van de koppeling van agents aan bestaande toepassingen zodat deze intelligent kunnen worden gemaakt. De agents kunnen met de toepassingen samenwerken, maar ook met andere agents om zodoende zeer flexibel en intelligent systemen te koppelen. Het duidelijkst is de koppeling van agents aan webservices. Hierdoor zal het mogelijk zijn om webservices on-the-fly te koppelen (in plaats van statisch zoals nu gebeurt). Een andere resultaat op korte termijn is het ontsluiten van grote bibliotheken van formele kennis, waarbij de opgeslagen kennis, door middel van extractie en rendering, toegankelijk wordt voor de gebruiker.

Maatschappelijke toepassingen

Er zijn legio toepassingen van dit soort systemen, bijvoorbeeld multi-robot-systemen ('High tech-systemen en materialen'), e-commerce-systemen voor veilingen en prijsonderhandelingen, de ondersteuning van menselijke organisaties ('Financiële dienstverlening en handel'), allerlei verkeersregelingsystemen (voor wegverkeer, trein en luchtvaart), logistieke systemen voor vervoer en transport ('Mobiliteit'), het gebruik van agents in gaming en visualisatietechnieken, intelligent speelgoed voor kinderen ('Creatieve industrie'), gedistribueerde systemen die de omgeving waarnemen en zelf terugkoppeling geven of de bewaking waarschuwen bij ongewenst gedrag ('Veiligheid'), 'companions' die ouderen min of meer zelfstandig monitoren ('Zorg'), ambient intelligence of home intelligence, rampenbestrijding (inzet van robots en sensorsuites bij rampen en het creëren van de situation awareness voor commando- en regelkamers).

ICT-disciplines

- Algorithms and Computation Theory
- Artificial Intelligence
- Information Theory
- Knowledge Discovery in Data
- Programming Languages
- Robotics and Automation
- Security, Audit and Control

Sleutelreferenties

- S. Russell & P. Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, 1995.
- M.J. Wooldridge. *An Introduction to MultiAgent Systems*, Wiley, Chichester, 2002.
- R. Brachman and Z. Lemnios. *DARPA's New Cognitive Systems Vision*: <http://www.cra.org/CRN/articles/novo2/darpa.html>.
- A. Robinson and A. Voronkov, eds. *Handbook of Automated Reasoning*, volumes I and II, North-Holland/Elsevier, 2001.

3.7 Methoden voor ontwerpen en bouwen

Themabeschrijving

Computer Aided Design (CAD, zoals we methoden voor ontwerpen en bouwen kortweg zullen noemen) is een autonome ICT-discipline die zich richt op de ontwerpkunder in het algemeen en het ontwerpen van ICT-systemen in het bijzonder. Ontwerpen staat centraal in de ingenieurspraktijk van veel vakgebieden: vliegtuigbouw, civiele techniek, bouwkunde, procestecnologie, werktuigbouw, infrastructuuren en niet in de laatste plaats in de ICT-gebieden softwareontwerp, communicatiesystemen en micro-elektronica. De ontwerpactiviteiten in al deze gebieden hebben diverse aspecten met elkaar gemeen: (1) de ICT-methodologie, (2) optimaliseringstechnieken en (3) de mens-machine-interactie. Grote verschillen bestaan tussen ontwerpen gericht op vorm (bouwkunde en in mindere mate civiele techniek) en gericht op functie (ICT, werktuigbouw, civiele techniek). In het eerste geval speelt geometrie een vooraanstaande rol, in het tweede geval het toetsbare gedrag, via simulatie of bewijsvoering (formele verificatie).

De moderne ontwerpkunder heeft de ambitie om steeds complexere en meer intelligente systemen te ontwerpen. Dit streven wordt enerzijds gedreven door de snel toenemende technische mogelijkheden (bijvoorbeeld de micro-elektronica waar momenteel een ware revolutie aan de gang is: van micro- naar nanotechnologie), en anderzijds door de snel krachtiger wordende hulpmiddelen voor validatie (model checking), simulatie en visualisatie, in grote mate dankzij de ICT zelf.

Deze ontwikkelingen plaatsen CAD voor grote uitdagingen: het inzicht groeit niet even snel als de techniek. De rekenbehoefte houdt geen gelijke tred met de toename in reken capaciteit. Deze paradox is eenvoudig te verklaren: verdubbeling in systeemcomplexiteit vereist meer dan verdubbeling in rekenkracht om de eigenschappen van het systeem bij te houden. Een aantal netelige complexiteitsproblemen is, ondanks veel vooruitgang, nog niet fundamenteel opgelost. Hierdoor zijn de meeste systemen die we tegenwoordig ontwerpen niet meer bewijsbaar correct – hoe durven mensen nog zonder angstgevoelens in een vliegtuig te stappen! Ontwerpmethodologie wordt hierdoor van cruciaal belang: de centrale uitdaging is om de complexiteit te verslaan.

Inzoomend op het ontwerpen van ICT-systemen hebben we te maken met een gelaagd model van ontwerpabstracties, waarbij op iedere laag een relevant abstractieparadigma geldt waarbinnen ontworpen wordt:

- *Systeemiaag*: software, communicatiesysteem, servicemanagementplatform
- *Architectuur*: architectuur, hardware/software partitionering, protocollen, communicatie- en controle-infrastructuur
- *Circuit*: elektrisch gedrag en elektromagnetische interacties
- *Fysieke laag*: chip (layout, realisatie), fysieke communicatievoorzieningen

In het verleden was het streven om de verschillende ontwerpplagen onafhankelijk van goede interfaces te voorzien, zodat zij onafhankelijk van elkaar ontwikkeld

konden worden. In het licht van de vele nieuwe ontwikkelingen in de ICT is deze gelaagde aanpak moeilijk vol te houden en ziet het gebied zich geconfronteerd met nieuwe ontwerp vraagstukken waarin diverse lagen op een doordringende manier met elkaar verbonden raken. Voorbeelden zijn sensornetwerken, ad hoc-netwerken, grid computing en integratie van legacy software.

Onderzoeksuitdagingen

Op alle genoemde abstractielagen spelen vergelijkbare fundamentele onderzoeksuitdagingen.

Modelgedreven ontwerp

Er zijn expressieve modelleringsformalismen nodig om de essentiële aspecten van complexe systemen op de verschillende abstractieniveaus voldoende compact te kunnen representeren en met behulp van CAD-gereedschap effectief te kunnen construeren, manipuleren en onderhouden. De modellen zijn niet alleen uitgangspunt voor het feitelijke ontwerpproces, maar vormen ook de basis voor de analyse en validatie van de ontwerp stappen door middel van wiskundige analyse, simulatie en testen. Naast hun formele inhoud, zijn ook de syntax en de mogelijkheden tot een intuïtieve, informele interpretatie van modellen van groot belang voor de effectiviteit van het ontwerpen.

Quality-by-design

Om de kosten van het verifiëren van de systeemeigenschappen achteraf te reduceren, is het van belang te zoeken naar ontwerpmethoden die de gewenste eigenschappen zoveel mogelijk via constructie garanderen. Dit betekent dat niet-functionele systeemeigenschappen zo vroeg mogelijk in het ontwerptraject moeten worden gemodelleerd en meegenomen. Dit betreft met name generieke aspecten als prestatie, betrouwbaarheid, veiligheid, energiezuinigheid en dergelijke. Deze eigenschappen kunnen niet achteraf in een ontwerp worden afgedwongen, maar zijn afhankelijk van keuzes tijdens het hele ontwerptraject.

Generieke oplossingen en hergebruik

Voor de snelle en betrouwbare implementatie en realisatie van systemen is beschikbaarheid van bouwstenen met bewezen en gegarandeerde eigenschappen noodzakelijk. Voor hergebruik is het noodzakelijk dat deze bouwstenen voor toepassingen in verschillende contexten geschikt gemaakt kunnen worden. Met name voor software is het werken op basis van bouwstenen een relatief nieuwe ontwikkeling. De ontwikkeling van adapteerbare softwarecomponenten die bij compositie voorspelbare systeemeigenschappen induceren, zowel functioneel als niet-functioneel, is een belangrijk terrein van onderzoek. De juiste specificatie van systeem- en componentgedrag en van interfaces speelt hierbij een grote rol. Dit leidt tot vele nieuwe onderzoeksvragen rond technieken als specificatie en compositie van componenten, codegeneratie, generic programming en aspect-georiënteerd programmeren. Een bijzonder geval van hergebruik betreft het

integreeren van bestaande (legacy) software in nieuwe systemen. Technieken op het gebied van analyse en transformatie van broncode komen door deze systeem-benadering in een nieuw licht te staan.

Ontwerpomgevingen

In alle gebieden van de CAD bestaat een grote behoefte aan krachtige (op software gebaseerde) geïntegreerde ontwerpomgevingen voor modelleren, simuleren, analyseren, verfijnen, code genereren, testen en visualiseren. Voor veel van deze functionaliteiten is de schaalbaarheid (beheersing van de complexiteit) een groot obstakel dat nieuwe, creatieve oplossingen vergt. Een ontwerpomgeving moet integrale ondersteuning bieden die geoptimaliseerd is voor een specifieke klasse van ontwerptaken. Waar mogelijk moet deze echter gebaseerd zijn op de ontwikkeling of het hergebruik van generieke, goed gefundeerde tools.

Maatschappelijke toepassingen

Elk proces, systeem, dienst of infrastructuur moet ontworpen en daarna gebouwd worden. De kwaliteit van een ontwerp is in grote mate afhankelijk van de intelligentie van de ontwerpende partij. Ondanks het vertrek van veel industriële capaciteit naar het Verre Oosten, blijft het bedenken en ontwerpen van systemen een vooraanstaande Europese activiteit. Dit is mede te danken aan de uitstekende wetenschappelijke en intellectuele infrastructuur die hier bestaat. Nederland kent een bijzonder actief bedrijfsleven op het gebied van de ontwerp-kunde, in diverse gebieden: software engineering, embedded systemen, micro-elektronica, werktuigbouwkunde, civiele techniek, architectuur, transportsystemen en telecommunicatie. De problemen die in dit thema worden onderzocht zijn van direct belang voor deze sectoren van het bedrijfsleven.

Tevens wachten belangrijke maatschappelijke problemen op een ontwerp-kundige benadering, zoals grote apparaten, bijvoorbeeld MRI-scanners, wafer steppers en printers ('High tech-systemen en materialen'), verkeersbegeleidingssystemen ('Mobiliteit'), het huis van de toekomst ('Zorg'), de 4G-telecommunicatie-infrastructuur, en de automatisering van diensten ('Financiële dienstverlening en handel').

ICT-disciplines

- Algorithms and Computation Theory
- Circuits and Systems
- Design Automation
- Embedded Systems
- Engineering Management
- Measurement and Evaluation
- Programming Languages
- Simulation and Modelling
- Software Engineering

NOAG-ict beperkt het veld van ICT meer dan nodig is

De NOAG-ict legt de visie vast van een groot aantal deelnemers in het ICT-veld. Hierdoor (en door de Nederlandse consensuscultuur) heeft het resultaat de neiging om naar het midden op te schuiven. Deze bijdrage is een persoonlijke visie, die dus ongeneerd alle hoeken van het vakgebied kan aangeven die naar de mening van de schrijver te weinig aan de orde komen.

Het valt op dat met name de stukken over de onzichtbare computer zich volledig richten op het maken van kleine draagbare apparaatjes: consumentenelektronica en yuppenspeelgoed. Maar er gaat nog zoveel mis met het ontwerpen en bouwen van grote systemen zoals Mobimiles, het Document Management Systeem van NWO, het Elektronisch Patiënten Dossier, de Phileas bus in Eindhoven en het C2000 communicatiesysteem voor hulpdiensten.

De huidige middelen en methoden voor het ontwerpen van werkende systemen met veel software kennen in de praktijk grote problemen:

- 1 Grote teams worden niet ondersteund.
- 2 Concurrent Engineering wordt niet ondersteund.
- 3 Multidisciplinair ontwerp wordt niet ondersteund.
- 4 Hergebruik van software of subsystemen wordt niet ondersteund.

Dit zijn problemen die tien jaar geleden al bestonden en die over tien jaar helaas nog steeds niet zullen zijn opgelost. Het is dus aan te bevelen naast consumentenproducten ook te denken aan toepassingen voor auto's, medische apparatuur, defensie en de grote machinebouw. Die industrie zoekt middelen en methoden voor efficiënte multi-site multi-disciplinaire systeemontwikkeling en systeemintegratie. Denk aan Océ of ASML die met zijn MKB-toeleveranciers samen een nieuw product wil ontwikkelen.

Samenwerking met andere vakgebieden houdt in dat ieder vakgebied de volgende vragen moet stellen aan de anderen:

- 1 Hoe kunnen wij helpen om jullie problemen op te lossen. Dit is de insteek in deze NOAG-ict.
- 2 Wat kunnen we samen meer doen dan ieder apart, dus nieuwe dingen verzinnen waar ICT een component in is.

Over de antwoorden op vraag 2 moet met veel creativiteit worden nagedacht. Het is hierbij van belang dat informatici zich wensen in te leven in de manier van werken van de elektronici, mechanici en wiskundigen.

Informatica is software produceren, waaronder verstaan wordt dat ook code geschreven moet worden. Een zoektocht naar de woorden 'coderen' en 'programmeren' in dit document levert nauwelijks hits op. Het lijkt er dus op dat de informaticawetenschappers hier geen aandacht meer aan willen besteden. Daar is blijkbaar geen eer meer aan te behalen, maar de beste computertaal aller tijden en de beste ontwikkelomgeving zijn toch hopelijk nog niet uitgevonden?

Public Outreach is de industrie duidelijk maken waar nieuwe kansen liggen en samen met die industrie zoeken naar toepassingen van wetenschappelijk onderzoek. In mijn belevingswereld is wetenschappelijk onderzoek pas af als het gebruikt wordt in de praktijk en dat gaat een stuk verder dan het archiveren van een proefschrift. Een deel van het budget zou ingezet kunnen worden aan het bouwen van demonstrators en het onderhouden van gebouwde tools. Misschien is hier een taak weggelegd voor lectoraten op HBO's, in samenwerking met het midden- en kleinbedrijf. Dit kan al starten tijdens het wetenschappelijk onderzoek zelf, want de kruisbestuiving kan niet vroeg genoeg beginnen. Vijf procent van het budget is aan de lage kant.

Een grote vraag is hoe de NOAG-ict omgaat met fundamenteel onderzoek op het gebied van informatica in Nederland teneinde over vijftien jaar sneller en beter systemen te kunnen bouwen. De kaders die gesteld zijn in deze NOAG-ict moeten misschien juist overschreden worden om grote doorbraken te kunnen forceren. Het is aan te bevelen om minstens tien procent van het budget te besteden aan echt fundamenteel onderzoek. Geef bijvoorbeeld één of twee uitmuntende hoogleraren voldoende financiële middelen om hun werk te kunnen doen zonder de normale administratieve rompslomp, rapportages en verantwoordingen. De visie zou kunnen zijn dat over vijftien jaar software zal worden gemaakt door domeindeskundigen en niet meer door informatici: dus wat moet er gebeuren in het vakgebied om dit mogelijk te maken.

Ir. Wim Hendriksen

Lector Embedded Systems Hogeschool Arnhem en Nijmegen, coördinator DevLab

Sleutelreferenties

- E.M. Clark, O. Grumberg, and D.A. Peled. *Model Checking*, MIT Press, Boston, 2001.
- Th.H. Cormen, Ch.E. Leiserson, and R.L. Rivest. *An Introduction to Algorithms*, MIT Press, Boston, 1998.
- J.L. Hennessy and D.A. Patterson. *Computer Architecture: a Quantitative Approach*, Morgan Kauffman, 1996.
- W.J. Kolarik. *Creating Quality*, McGraw Hill, New York, 1995.
- G. De Micheli. *Synthesis and Optimization of Digital Circuits*, McGraw Hill, New York, 1994.
- F. Nielson, H. Riis Nielson, and C. Hankin. *Principles of Program Analysis*, Springer-Verlag, 1999.
- J.C. van Vliet. *Software Engineering, Principles and Practice*, Wiley, Chichester, 2000.

3.8 De onzichtbare computer

Themabeschrijving

De onzichtbare computer is een visie op de toekomst van de informatiemaatschappij waarin technologie naar de achtergrond van ons leven verdwijnt en opgaat in onze (fysieke) omgeving. Hiermee kan onze leefomgeving intelligent reageren en anticiperen op onze wensen en behoeften. Dit wordt wel ambient intelligence genoemd.

De onzichtbare computer is een thema waarvan de grondbeginselen zo'n 15 jaar geleden zijn bedacht door Marc Weiser van Xerox PARC, onder de naam ubiquitous computing. Weiser: 'Our highest ideal is to make a computer so embedded, so fitting, so natural, that we use it without even thinking about it'. Hij noemde ubiquitous computing de derde generatie van computers (na de mainframe en de PC). Computers zullen naar de achtergrond verdwijnen. Het klassieke beeld van wat een computer is, zal moeten worden verlaten. Ubiquitous computing strekt zich uit over het hele scala van informatie-, data- en signaalverwerking. Dalende kosten en miniaturisatie maken het mogelijk om bewerkingskracht (en daarmee tot op zekere hoogte intelligentie) in te bouwen in allerlei alledaagse voorwerpen variërend van kleding tot koelkasten. De opbloei van een breed spectrum van embedded devices (van piepkleine tot in de hand draagbare toestellen) zal ervoor zorgen dat deze apparaten in de toekomst overal zullen opduiken. Via (draadloze) netwerktechnologie kunnen deze apparaten ook onderling communiceren. De combinatie van gedistribueerd en embedded wordt bijzonder belangrijk.

Ambient intelligence bouwt voort op ubiquitous computing en voegt er nog twee aspecten aan toe. Ten eerste wordt intelligentie een integraal onderdeel van het netwerk. Met andere woorden: de apparaten die de gebruiker hanteert, zijn een-

voudig en draadloos verbonden met een netwerk waarin al het rekenwerk plaatsvindt. Ten tweede spelen nieuwe interactieconcepten een centrale rol. Het is zeer belangrijk gebruikers de mogelijkheid te bieden op een natuurlijke wijze om te gaan met omgevingen waarin de elektronica volledig is geïntegreerd. Het systeem moet in staat zijn zichzelf te configureren, installeren, diagnosticeren en onderhouden. Het moet zich kunnen aanpassen aan de gebruiker of aan (drastische) veranderingen in de omgeving en zich intuïtief laten aansturen. Het ontwerpen van dergelijke systemen en toepassingen is een disciplineoverschrijdende uitdaging: microtechnologie, embedded systemen, draadloze communicatie, ad hoc gedistribueerde toepassingen, privacy, interactieve systemen, taaltechnologie, enz.

Ambient intelligence is voor een aantal bedrijven richtinggevend bij de ontwikkeling van nieuwe producten en services, met name in de consumentenelektronica. Daarnaast is ambient intelligence op voorspraak van ISTAG (IST Advisory Group) een van de leidende thema's in het Europese kaderprogramma voor onderzoek.

Onderzoeksuitdagingen

Lange termijn

De grote uitdaging van de onzichtbare computer ligt ongetwijfeld in het multidisciplinaire karakter (elektronica, software, mechanica en vele disciplines daarbinnen) en in het ontwerp van het hele systeem, dat gelijktijdig vele (vaak tegenstrijdige) eisen stelt, veelal specifiek voor het domein waarin het moet functioneren. Daarnaast vormen de vereiste eigenschappen netwerkintelligentie en intuïtieve interactie uitdagende onderzoeksrichtingen waarbinnen vele aspecten te onderscheiden zijn.

Minimale resources: de onzichtbare computer zal vaak volledig geïntegreerd zijn in zijn omgeving. Dit leidt tot strenge eisen aan de grootte, de beschikbare capaciteit en het energieverbruik. De basis hiervoor dient te worden gelegd door hardwaretechnologie die er nu nog niet is. Er ligt een niet-triviale taak voor ICT-onderzoekers om deze ideeën te vertalen in werkbare realiteit. Daarnaast moet de software om kunnen gaan met beperkte hardware resources (geheugen, processorcracht, bandbreedte, energie).

Dependability: het systeem moet zo betrouwbaar en robuust zijn dat men zich ervan afhankelijk kan maken. Tevens moet het systeem inherent veilig functioneren en beveiligd zijn tegen misbruik. Vaak betekent dit ook dat het systeem altijd tijdig moet reageren.

Gedistribueerd systeem: het systeem werkt gedistribueerd, gebruik makend van andere apparaten in zijn omgeving. Een toepassing kan zich verspreiden over verschillende apparaten of dynamisch zijn functionaliteit uitbreiden door gebruik te maken van de mogelijkheden op een ander apparaat. Schaalbaarheid en betrouwbaarheid zijn hierbij essentieel. Het zou hierbij ondersteund kunnen worden door een uniform programmeermodel voor gedistribueerde systemen.

Diversiteit: de systemen dienen in staat te zijn diverse toepassingen ten dienste van verschillende gebruikers te ondersteunen, met potentieel conflicterende belangen. Gebruikers, toepassingen en apparaten dienen te wedijveren voor de schaarse resources. De semantiek speelt hiernaast een essentiële rol: het is niet vanzelfsprekend dat computers die ‘elkaar tegen komen’ elkaar kunnen begrijpen en dus gezamenlijk iets nuttigs kunnen doen.

Onzekerheid, dynamiek, en evolutie: onderzoekers zullen zich moeten richten op een dynamische en inconsistente wereld, die voortdurend zal veranderen en die te maken heeft met gebruikers met verschillende wensen en inzichten. Er zullen veelvuldig fouten optreden, veroorzaakt door bijvoorbeeld onbetrouwbare communicatie of door de beperkte resources. Door de schaalgrootte zullen deze fouten inherent aanwezig zijn. De systemen moeten dusdanig ontworpen worden, dat ze in zo’n onzekere en veranderende wereld efficiënt en effectief kunnen blijven werken, en zich kunnen aanpassen aan de verschillende en veranderende omgevingen.

Interactie: zodra de computer meer op de achtergrond komt, wordt begrijpbaarheid een fundamentele uitdaging met twee perspectieven: hoe kunnen systemen de wensen van de gebruikers achterhalen, en hoe kunnen gebruikers de verrijkte omgeving begrijpen als ze zijn opgebouwd uit een dynamische en spontane samenvoeging van diensten. Een natuurlijke interactie tussen gebruikers en de systemen is essentieel. De interfaces van de systemen zijn hierbij van groot belang.

Privacy: een alom aanwezige alles controlerende omgeving is onwenselijk. Het is voor de acceptatie van dergelijke systemen dan ook essentieel dat de privacy van de gebruikers kan worden gewaarborgd, terwijl tevens de gewenste functionaliteit kan worden gegeven.

Middellange termijn

De technologie heeft zich de laatste jaren dusdanig ontwikkeld, dat het nu mogelijk is geworden om een goede start te maken met de realisatie van de visie op de onzichtbare computer. Hierbij kan voortgebouwd worden op methoden ontwikkeld voor embedded systemen. Echter, waar onzichtbare computers in een hen volstrekt onbekende omgeving moeten kunnen werken, geldt dat niet voor embedded systemen. Die werken vaak in een zeer specifieke context en zijn daarvoor geoptimaliseerd. In de hele wereld zijn al diverse onderzoeksgroepen bezig met het thema, en er worden goede resultaten bereikt binnen sommige, vaak specifieke toepassingen. Onderzoek dat zich richt op concrete doelstellingen, waarvan het belang en de maatschappelijke aanvaardbaarheid nu al goed kan worden afgeschat, zou nu uitgevoerd kunnen worden. Gedacht kan worden aan toepassingen in de industriële sector (industrie, transport en logistiek, winkels), maar ook in sectoren waarin omgevingsintelligentie actueel en urgent begint te worden, zoals de gezondheidszorg, beveiliging en milieu.

Er is een brede waaier aan onderzoeksrichtingen van belang, o.a. microtechnologie (IC's met ultralaag vermogen, geïntegreerde en slimme antennes, driedimensionale integratie, hogedichtheids-energieopslag). Maar ook ontwerp: efficiënte computerarchitecturen, ontwerp op systeemniveau (system level design), gecombineerd ontwerp van hardware en software (hardware/software codesign) en vertrouwenswaardigheid van systemen (dependability, dit is de combinatie van betrouwbaarheid, robuustheid, veiligheid en beveiliging).

Daarnaast zijn talloze onderzoeksrichtingen van belang die raken aan de andere thema's, zoals:

- Alternatieve energiebronnen
- Draadloze communicatie (De genetwerkte wereld)
- Ad hoc-netwerken (De genetwerkte wereld)
- Gedistribueerde systemen en hun ontwerp (Methoden voor ontwerpen en bouwen)
- Privacy (Digitale veiligheid)
- Gebruikersinterfaces (Digitale beleving)
- Taaltechnologie (Digitale beleving)
- Augmented reality (Digitale beleving)
- Software radiotechniek (De genetwerkte wereld)

De integratie van deze diversiteit aan onderzoeksrichtingen is essentieel om een effectieve kruisbestuiving mogelijk te maken en de onzichtbare computer werkelijkheid te laten worden. De resultaten van het onderzoek in dit thema zijn relevant voor andere thema's, en omgekeerd leunt de realisatie van de onzichtbare computer zwaar op basistechnologieën die binnen andere thema's worden ontwikkeld.

Korte termijn

Op korte termijn kan een aantal toepassingen worden bestudeerd die gebruik maken van de reeds bestaande technologie en methodiek, om hierdoor een beter begrip te krijgen van de mogelijkheden van de systemen en de wensen van de gebruikers. Met name zullen onderzoekers zich op korte termijn moeten bekwaamen in een of meer toepassingsgebieden.

Maatschappelijke toepassingen

De toepassingen van de onzichtbare computer zijn heel uiteenlopend. Gegeven dat verreweg het grootste deel van de apparatuur embedded en intelligent zal zijn, kan de impact op ons leven van de toepassing in ubiquitous computing en ambient intelligence fenomenaal zijn. De onzichtbare computers behoren uiteraard tot de 'High tech-systemen', maar zullen allerlei informatie over ons en onze omgeving verzamelen ten behoeve van zorg op maat en *smart health surroundings* ('Zorg'), landbouw op maat ('Bloemen en levensmiddelen'), voertuigen ('Mobiliteit'), 'Onderwijs' en 'Veiligheid'.

ICT-diciplines

Door het multidisciplinaire karakter zijn er veel relevante disciplines aan te wijzen. Belangrijke zijn:

- Antennas and Propagation
- Circuits and Systems
- Computer Architecture
- Computer-Human Interaction
- Computers
- Data communication
- Embedded Systems
- Mobile Systems
- Operating Systems
- Software engineering

Sleutelreferenties

- M. Weiser. *The Computer for the Twenty-First Century*, in: *Scientific American*, September 1991, 94-10.
- E. Aarts and S. Marzano, eds. *The New Everyday, Views on Ambient Intelligence*, 010 Publishers, Rotterdam, 2003.
- *Embedded, Everywhere: A Research Agenda for Networked Systems of Embedded Computers*, CSTB Publications, 2002.

3.9 Het virtuele laboratorium

Themabeschrijving

Dit thema betreft het e-science (enhanced of electronic science) onderzoek. Het doel van dit onderzoek is om ten behoeve van wetenschappelijk (primair experimenteel) onderzoek gebruik te maken van twee ontwikkelingen.

- 1 Netwerkdatabeslag en computercapaciteit groeien met grote snelheid.
- 2 In de wetenschappelijke wereld neemt het oplossend vermogen en de automatisering van meetinstrumenten voortdurend toe, evenals automatisering van experimentele opstellingen.

In het thema 'Het virtuele laboratorium' gaat het om multidisciplinaire samenwerking tussen ICT-onderzoekers en andere onderzoekers om de grote dataverzamelingen die door moderne experimenten worden gegenereerd, te manipuleren en te interpreteren. De interactie met de data staat centraal.

Er zijn grofweg twee soorten toepassingen bij het onderzoek naar virtuele laboratoria. De eerste is om de computer als instrument voor ontwerpstudies te gebruiken voordat tot de werkelijke realisatie wordt overgegaan. Daarbij moet worden gedacht aan ontwerpstudies in de engineering- en experimentele wetenschappen,

maar ook aan parameterstudies bij onderzoek naar (theoretische) modelvorming. Bij de tweede soort toepassing wordt de computer als integraal deel van een experimentele opstelling gebruikt. Dit kan variëren van de reeds genoemde ontwerpstudies tot het vergaren, verwerken (pre- en post processen), analyseren en interpreteren van de data, gevolgd door het bijstellen van het model.

Een voorbeeld van de eerste toepassingsmethode is het maken van abstracte modellen voor embedded systemen en het simuleren van deze modellen om een beter inzicht te krijgen in het gedrag. Een voorbeeld van de tweede toepassingsmethode is een virtueel laboratorium voor waarnemingen gedaan in de röntgen-astronomie waarbij een zogenaamd *Virtual Observatory* wordt opgezet.²⁴ Groepen van over de hele wereld werken samen met het doel data en software uit te wisselen om een beter inzicht in het gedrag van röntgensterren te verkrijgen.

In het onderzoek worden alle aanwezige resources virtueel beschikbaar gemaakt. Dit geldt niet alleen voor resources zoals opslag, rekenkracht en netwerkcapaciteit, maar ook voor de aan het experiment gekoppelde resources als apparatuur en dataverzamelingen. Door generiek toepasbare methoden en technieken te gebruiken, wordt hergebruik mogelijk. Door het virtueel maken wordt gedeeld gebruik (sharing) mogelijk, bijvoorbeeld via gridmethoden en -technieken.

Grid computing ('computing uit het stopcontact') kan worden gezien als een combinatie van distributed and high performance en high throughput computing. Het is ontstaan in gemeenschappen als de hoge energiefysica en de astronomie, waarin de groepen wereldwijd verspreid zijn en toch als eenheid werken aan grote, rekenintensieve problemen en zeer grote datasets.

Gedistribueerde systemen kenmerken zich door autonomie en samenwerking van de vaak heterogene computers met hun verschillende functies die er via allerlei manieren mee verbonden zijn. De samenwerking ziet men in het streven naar een gemeenschappelijk doel van het systeem. Onderwerpen in dit onderzoeksveld zijn datamanagement en -analyse, data-acquisitie en -verwerking, en autonome configuratie, compositie en coördinatie van gedistribueerde systemen. De eerder genoemde ICT-onderzoekskwesties hebben voor grote gedistribueerde systemen hun eigen karakter, denk aan resource management, robuustheid en systeem-architectuur.

Onderzoeksuitdagingen

De realisatie van virtuele laboratoria is een groot informatica- en computational science-probleem, waarvoor nog veel onderzoek noodzakelijk is om tot gebruikersvriendelijke systemen te komen. De complexiteit wordt mede veroorzaakt door het feit dat vaak zeer veel uiteenlopende methoden en technieken, zoals high performance en distributed computersystemen, databases, web en kunst-

24 Zie ook paragraaf 4.2.

matige intelligentie (agententechnologie), met elkaar gecombineerd dienen te worden. Het realiseren van virtuele laboratoria is in principe een probleem van systeembouw en -engineering, maar daarnaast blijken verschillende problemen nog zeer veel nieuw onderzoek te vereisen, zoals de dynamiek van workflows, hoe inhoud te representeren, dynamisch modelleren, etc. Hergebruik van (software)componenten is een van de uitdagende problemen. Verder blijkt dat de multidisciplinaire samenwerking met de verschillende toepassingsdomeinen, bijvoorbeeld de levenswetenschappen, tal van nieuwe problemen genereert die de komende vijf tot tien jaar niet opgelost zullen zijn.

Bij grid computing is de uitdagende onderzoeksvraag op welke manier informatie, die via web of grid voor de mens toegankelijk is gemaakt, verder geautomatiseerd kan worden door deze ook voor de computer interpreteerbaar te maken (semantisch web en grid). Zelfregulerende systemen moeten de complexiteit van het management, de besturing en de analyse van grootschalige systemen gaan reduceren. Deze systemen gaan zichzelf configureren, gaan zelf hun prestaties optimaliseren en herstellen zichzelf van fouten. Bovendien passen ze zich aan aan de veranderlijke omgeving.

Een stap verder is de introductie van autonomie in de coördinatie en de compositie van softwarecomponenten en webservices. Systemen zullen zelf kennis gaan verzamelen en daar betekenis aan geven. De complexiteit van deze managementfunctionaliteit en de benodigde schaalbaarheid vraagt om intelligentie in deze systemen. Dit is een raakvlak met het thema 'Intelligente systemen'.

Een verstoord mozaïek

Wie wel eens in Ravenna is geweest, is onder de indruk geraakt van de prachtige mozaïeken die hier te vinden zijn. Arie van Deursen (CWI en TUD) vergelijkt softwareontwikkeling met het maken van zo'n mozaïek. Zoals een mozaïek-kunstenaar rijen steentjes legt, zo schrijft een programmeur regels code. Deze code heeft een structuur, evenals een mozaïek, dat is opgebouwd uit bijvoorbeeld gekleurde vlakken of lijnen. Van Deursen: 'Software moet niet alleen gemaakt, maar vooral ook veranderd kunnen worden. Vergelijk het met het verplaatsen van mozaïeksteentjes. Dit kan de structuur van het mozaïek verstoren. Zo kan ook het aanpassen van softwarecode leiden tot het verbreken van de structuur.'

Doordat software vaak omvangrijk is, jaarlijks groeit en er tegelijkertijd meerdere programmeurs aan werken, wordt hij steeds complexer en ondoorzichtiger. Van Deursen ziet een oplossing in aspectgeoriënteerd programmeren. Hierbij worden onderdelen die veel op elkaar lijken en die overal verspreid in het programma zitten, samengevat en buiten het eigenlijke programma gezet. Bestaande systemen kunnen zo beter begrepen en eenvoudiger aangepast worden.

Van Deursen: 'Als we elke regel code van een willekeurig groot bedrijf vergelijken met een rijtje mozaïeksteentjes, dan staan we voor een jaarlijks groeiend mozaïek ter grootte van tien voetbalvelden waar honderden mensen continue veranderingen in aanbrengen. De uitdaging is: hoe is hierin een goede structuur te houden?'

Maatschappelijke toepassingen

Uiteindelijk (in vijf tot tien jaar) zal een gebruiker die niet specifiek computerdeskundige is, de beschikking kunnen krijgen over een computer-experimentatie-omgeving die de mogelijkheid biedt modelmatige computer-simulatie-experimenten te combineren met modelmatige en fenomenologische (data)gedreven ‘real life’-experimenten. Deze computerondersteunde omgeving maakt experimenteren in verschillende wetenschapsgebieden mogelijk en stimuleert de creativiteit van de onderzoeker. Toepassingsgebieden als ‘Zorg’, ‘High tech-systemen en materialen’ en ‘Onderwijs’ kunnen hiervan profiteren.

Naast virtuele laboratoria zullen er ook virtuele bedrijven en andere organisaties komen. Virtuele netwerken zullen gebruikers in staat stellen apparaten op willekeurige posities te clusteren in een persoonlijk netwerk, waarmee bijvoorbeeld een videopresentatie die op een home-server staat moeiteloos kilometers verderop vertoond kan worden bij een klant.

Daarnaast kunnen de komende vijf jaar allerlei computerserviceproducten ontstaan (zogenaamde utility computing) die gebaseerd zijn op resultaten van onderzoek naar e-science, virtuele laboratoria en grid computing, op dezelfde manier als dat bij het web is gebeurd. Deze computerserviceproducten zullen een zeer brede toepassing kennen.

ICT-disciplines

Grid-onderzoek, high performance en high throughput computing, en aan e-science verwante onderwerpen zoals dynamische workflow- en modellering-methoden zijn onderwerpen die tot de kern van dit thema behoren. Daarnaast bestaat er een aantal nauw aan dit onderzoek verwante gebieden zoals semantische modellen, database en informatiemanagement die vooral in andere thema’s aan de orde zijn.

- Algorithms and Computation Theory
- Artificial intelligence
- Communications
- Computer Graphics
- Computers
- Data Communication
- Hypertext, Hypermedia and Web
- Information Theory
- Management of Data
- Simulation and Modelling

Sleutelreferentie

- I. Foster and C. Kesselmann, eds. *The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure*, Morgan Kaufman Publishers, Los Altos, juli 1998.

NOAG-ict-thema's als bruggen tussen vraag en aanbod

In de NOAG-ict beschrijft de wetenschappelijke ICT-wereld de positie en de ambities van het Nederlandse ICT-onderzoek. In het algemeen zijn er twee soorten onderzoek: het willen weten waarom, zoals de vraag waarom de hemel blauw is, en het willen kunnen maken van dingen, zoals de vraag hoe we een voertuig kunnen maken dat op zonne-energie 100 km per uur haalt. Het eerste soort onderzoek doen we vooral om de wereld waarin we leven beter te leren begrijpen. Het merendeel van het ICT-onderzoek behoort tot het tweede soort onderzoek. ICT-ers doen dat onderzoek omdat met de door hen ontwikkelde inzichten betere computers, computersystemen en computerprogramma's kunnen worden gemaakt.

De volgende vraag is dan natuurlijk waarom ICT-onderzoekers nou een NOAG-ict schrijven, een stuk dat in negen thema's de kracht van onderzoekend ICT-Nederland beschrijft? In mijn ogen doen de ICT-ers dat vooral om aan degenen die computers bouwen of programmeren te laten weten wat voor soort inspiratie ze uit de Nederlandse onderzoekswereld mogen verwachten. Wat zijn de terreinen waarop aan nieuwe ideeën wordt gewerkt? Welke mogelijke doorbraken zien we? Het stuk is dus extern gericht. En niet alleen op Nederland, maar op de wereld, want de meeste ideeën zijn net zo goed elders toepasbaar. In dat verband lijkt het mij nuttig om ook een Engelstalige versie te maken.

De NOAG-ict beschrijft dus het kennisaanbod, niet op het niveau van individuele resultaten, maar op thematisch niveau. De tegenhanger van kennisaanbod is kennisvraag, de behoefte aan kennis. Helaas is bij ICT de behoefte minder duidelijk dan het aanbod. Bij bedrijven die computerhardware maken lukt dat nog wel een beetje, maar vooral van bedrijven die computersoftware maken is weinig bekend over hun behoefte aan onderzoeksresultaten. Dat hangt natuurlijk samen met de behoeften van hun klanten, maar als die bedrijven hun zaken goed voor elkaar hebben, dan kennen ze hun klanten wel.

Het wordt interessant als we in de toekomst meer zicht gaan krijgen op de kennisvraag. Dan zal er natuurlijk een gat blijken te zitten tussen de thema's van de NOAG-ict en de thema's van de vraagkant. Maar dan zullen we ook zien welke thema's potentie vertonen en waar bruggen kunnen worden gebouwd. Dan beginnen we overbruggende thema's te ontdekken, gemeenschappelijke thema's waar vraag en aanbod elkaar kunnen ontmoeten.

Die overbruggende thema's kunnen de fundamenteën worden voor een proces van open innovatie, innovatie waarbij verschillende bedrijven en onderzoeksinstituten gezamenlijk werken aan de overbruggende thema's van het ICT-onderzoek. Met de NOAG-ict hebben de onderzoekers hun kant van de brug alvast stevig in de steigers gezet.

Prof. dr. Martin Rem
Directeur Nationaal Regieorgaan ICT-onderzoek en -innovatie

4 Samenwerking met andere wetenschapsgebieden

4.0 Inleiding

Voor vele onderzoeksgebieden kan ICT-onderzoek mogelijkheden bieden die voorheen onbereikbaar waren. Digitale informatie- en communicatiesystemen zijn inmiddels veel meer dan een hulpmiddel. Dit hoofdstuk is gericht op de interactie tussen generieke ICT-oplossingen en specifieke problemen in andere wetenschapsgebieden. Enerzijds kan ICT-onderzoek toegevoegde waarde hebben voor een ander vakgebied. Anderzijds kunnen de domeinspecifieke eisen van dat vakgebied ook tot nieuwe ICT-kennis leiden. Er is dus sprake van wederzijdse versterking.²⁵

Dit hoofdstuk gaat over samenwerking in digitalisering en informatisering. Bijna elke meting is digitaal geworden en vrijwel alle onderzoekers worstelen met de vraag hoe de enorme hoeveelheden data zó te verwerken dat nieuwe informatie en wetenschappelijke kennis ontstaan. Dit is bij uitstek het werkterrein van ICT-onderzoekers.

Digitalisering & Informatisering is ook een van de negen thema's in *Thema's met Talent*, de strategienota 2002-2005 van NWO. Alle negen thema's hebben betrekking op een breed geformuleerd en aansprekend terrein van wetenschap dat concreet uitzicht biedt op belangrijke nieuwe wetenschappelijke inzichten of technologische doorbraken in de komende jaren. Voor Digitalisering & Informatisering is gekozen, omdat elke wetenschappelijke discipline en elke maatschappelijke vraag er wel iets mee te maken heeft. Het is als elektriciteit: men staat er niet dagelijks bij stil, maar niemand kan zonder en dus is het zeer belangrijk te blijven investeren in de kwaliteit van de voorzieningen op dat gebied.

E-science

E-science is het bedrijven van wetenschap, verrijkt met gebruikmaking van alle mogelijkheden die ICT kan bieden. Internationaal (bijvoorbeeld in Groot-Brittannië en de Verenigde Staten, maar ook in Azië) wordt er op grote schaal ingezet op e-science. Deze inzet richt zich vaak op het creëren van een e-science infrastructuur met behulp van gridtechnologie. Voordat echter van deze infrastructuur optimaal gebruik gemaakt kan worden, moeten nog veel uitdagende ICT-vragen worden beantwoord. Binnen Digitalisering & Informatisering bestaat

²⁵ Zie hoofdstuk 2.

dan ook speciale aandacht voor het onderzoek naar de computerinfrastructuur die nodig is voor gedistribueerd wetenschappelijk onderzoek ‘op afstand’.²⁶

Keuzes voor samenwerkingsgebieden

In principe kan er vanuit iedere wetenschapsdiscipline met ICT-onderzoekers worden samengewerkt. De capaciteit van het ICT-veld is echter beperkt. Het is daarom nodig om keuzes te maken. Uitgangspunt is om binnen elk wetenschapsdomein (α , β , γ en Leven) minstens één gezamenlijk onderzoeksprogramma te hebben.

De specifieke keuze binnen elk domein is gebaseerd op factoren als:

- maatschappelijke relevantie van het gebied;
- toegevoegde waarde ervan voor het ICT-onderzoek;
- bestaande nationale expertise en de internationale kansen;
- vraag vanuit opdrachtgevers;
- mogelijkheden tot valorisatie;
- uitstraling van het gebied naar een breder publiek.

In de afgelopen jaren is een aantal samenwerkingsprogramma’s gestart. Deze zullen de komende jaren nog doorlopen. Waar mogelijk zullen ze versterkt worden:

Tabel 6 Bestaande samenwerkingsgebieden voor ICT-onderzoek

Domein	Samenwerkingsgebied	Onderwerp
α	Cultureel Erfgoed	Het toegankelijk maken van de omvangrijke digitale cultureel erfgoedcollecties in Nederland.
β	Astronomie	Het (online) omgaan met en verwerken van de sterk groeiende hoeveelheden data in astronomieonderzoek.
γ	Veiligheid: Politie en Justitie	Onderzoek naar de mogelijkheden van informatietechnologie voor rechtshandhaving en geschillenbeslechting.
Leven	Bioinformatica	Opslag, organisatie en analyse van biologische data, waarbij genomics een grote rol spelen.

Het moeten maken van keuzes betekent vanzelfsprekend ook dat bepaalde dingen niet kunnen worden gedaan. De maatschappelijke en wetenschappelijke ontwikkelingen gaan echter snel. Een nu nog onbekend onderwerp kan in korte tijd hoogst relevant worden. Dit vraagt om een flexibele omgang met de samenwerkingsgebieden. Het ICT-onderzoeksveld blijft open staan voor nieuwe initiatieven tot samenwerking. Zo zijn er recentelijk verkenningen uitgevoerd op

²⁶ Zie ook paragraaf 3.9 en hoofdstuk 5.

de veelbelovende gebieden ‘Zorg’, ‘Verkeer & Vervoer’ en ‘Stedelijke Ruimte’. Ze worden daarom, naast de hierboven genoemde gebieden, in paragraaf 4.5 kort behandeld.

4.1 Cultureel erfgoed en ICT

Wat houdt het gebied in?

Het collectieve geheugen van Nederland is opgeslagen in ons cultureel erfgoed. De omvang van het Nederlands cultureel erfgoed is enorm: Nederland kent tenminste 80 grote collecties die samen miljoenen objecten bevatten. De economische waarde van het erfgoed wordt geschat op 22 miljard euro. Cultureel erfgoed speelt een rol in veel en uiteenlopende aspecten van het maatschappelijk leven: toerisme, onderwijs, onderzoek, vrije tijd, etc.

Waarom dit gebied?

Musea, archieven, bibliotheken en andere cultuurinstellingen beheren ons erfgoed. Naast de traditionele beheersfunctie leggen meer en meer musea en instellingen zich toe op digitalisering van collecties. Digitalisering biedt ongekende mogelijkheden voor wetenschappers en geïnteresseerden uit het algemene publiek. Zij kunnen vanuit huis of werkkamer materiaal uit de collecties van bijvoorbeeld het Rijksmuseum of de Koninklijke Bibliotheek inzien zonder zich te hoeven bekommeren om openingstijden of de reistijd tussen beide instellingen. Digitale collecties maken het ook mogelijk om nieuwe verbanden te leggen tussen informatie die uit heel verschillende bronnen afkomstig is.

Cultureel erfgoedinstellingen doen grote investeringen in het digitaliseren van collecties. Zij stuiten echter op problemen bij het toegankelijk maken en presenteren van de data. Nieuwe oplossingen om gedigitaliseerde collecties te ontsluiten zijn daarom noodzakelijk, zodat de interactie tussen gebruikers en bronnen verbeterd en vergemakkelijkt kan worden.

Onderzoeksuitdagingen

De omvang van het Nederlandse digitale erfgoed is enorm en groeit elke dag. De grote uitdaging is tools te maken die deze groeiende hoeveelheid data geautomatiseerd kunnen ontsluiten, te zorgen voor semantische interoperabiliteit tussen de gedistribueerde en heterogene digitale collecties, en nieuwe verbanden tussen verschillende collecties zichtbaar te maken door middel van (semi-)automatische kennisverrijking. Ook het (semi-)automatisch genereren van een op de gebruiker afgestemde presentatie is een formidabele opgave waarvoor het onderzoek zich geplaatst ziet.

In 2004 startte NWO het nationale onderzoeksprogramma CATCH (Continuous Access To Cultural Heritage). Het is de bedoeling binnen CATCH methoden en technieken te ontwikkelen waarmee collectiebeheerders hun digitale collecties beter toegankelijk kunnen maken. In dit programma werken informaticaonderzoekers nauw samen met de cultureel erfgoedbeheerders. Onderzoekers zullen het grootste deel van hun onderzoek zelfs binnen een cultureel erfgoedinstelling uitvoeren ter bevordering van een optimale kennisoverdracht tussen de betrokken partijen. Er wordt samengewerkt met het e-Culture-project van het Bsik-onderzoeksprogramma MultimediaN, dat zich richt op het gebruik van beeld, geluid en taal, en mogelijke multimediale toepassingen.

Relevante NOAG-ict-thema's

- De data-explosie
- Digitale beleving
- De genetwerkte wereld
- Intelligente systemen
- Methoden voor ontwerpen en bouwen

Sleutelreferenties

- M.M. van Dantzig. *Pictology. An analytical method for attribution and evaluation of pictures*. Edited by the Van Dantzig Foundation. Brill, 1973.
- E. Lanzi, H. Besser, J. Davis, P. Harpring, C.L. Sundt, H.R. Tibbo, and S. Warren, Eds. *Introduction to Vocabularies: Enhancing Access to Cultural Heritage Information (Introduction to Series)*. J. Paul Getty Trust Publications, 1999.
- F. Mintzer, G.W. Braudaway, F.P. Giordano, J.C. Lee, K.A. Magerlein, S. D'Auria, A. Ribah, G. Shapir, F. Schiattarella, J. Tolva, and A. Zelenkov. *Populating the Hermitage's Museum New Web Site*, in: *Communications of the ACM*, Vol. 44, No. 8, 2001, 52-60.

4.2 Astronomie en ICT

Wat houdt het gebied in?

Een van de grootste uitdagingen voor de astronomie op dit moment is de verwerking van de groeiende datastromen. Als gevolg van betere instrumentatie verdubbelt de hoeveelheid gemeten data per jaar. Het gaat al over datasets in de orde grootte van petabytes. ICT is hard nodig om met al die data om te kunnen gaan, ze te kunnen analyseren en te visualiseren. Om te blijven zorgen voor snelle vooruitgang is samenwerking tussen astronomen en ICT-onderzoekers dus cruciaal.

Waarom dit gebied?

Astronomie is vanuit de aard van het onderzoek van oudsher sterk interdisciplinair georiënteerd. Er wordt volop gebruik gemaakt van inzichten uit de natuurkunde, wiskunde, chemie én de informatica. De interactie tussen astronomie en informatica kan beide wetenschapsgebieden naar een hoger niveau tillen. De astronomie maakt gebruik van informaticatechnieken om het maximale uit haar data te halen, de informatica wordt uitgedaagd en gestimuleerd door de ingewikkelde vraagstukken waar de astronomie haar voor stelt. Al lange tijd heeft Nederland een zeer sterke internationale positie in astronomie en astrofysica. Astronomie is bovendien een zeer aansprekend vakgebied. Via ontdekkingen in de astronomie kan een breder publiek kennismaken met de spannende mogelijkheden die ICT biedt.

Onderzoeksuitdagingen

Uitdagende onderzoeksvragen op het raakvlak van informatica en astronomie liggen onder andere op het gebied van het reduceren van de enorme hoeveelheden gemeten data tot handelbare formaten, de opslag van de data, het gebruik van gedistribueerde systemen en grids, visualisatie en datamining. Men kan dan bijvoorbeeld denken aan vraagstukken als: hoe kan bepaald worden welk gedeelte van de data in de enorme datastromen bewaard moet worden en welk gedeelte kan worden weggegooid? Hoe kan ervoor worden gezorgd dat alle astronomen overal ter wereld toegang krijgen tot de data waarin ze zijn geïnteresseerd? Hoe vindt een astronoom tussen deze data juist datgene wat voor hem/haar relevant is? Hoe kunnen al die data zichtbaar en begrijpelijk voor menselijke interpretatie worden gemaakt? En hoe kan waardevolle kennis van de onderzoeker worden gecombineerd met geavanceerde geautomatiseerde methoden? Een recente ontwikkeling in de astronomie waarin verschillende ICT-uitdagingen samenkomen is het *Virtual Observatory*.²⁷ Het lange-termijntoekomstbeeld hiervan is een 'World Wide Telescope'²⁸ (Szalay & Gray, 2001), die toegankelijk is voor iedereen, op iedere mogelijke manier, overal ter aarde.

Een andere belangrijke ontwikkeling is de bouw van LOFAR (LOW Frequency ARray), de grootste radiotelescoop ter wereld, die waarnemingen doet in de lage frequenties (10 tot 250 MHz). LOFAR bestaat uit ruim 25.000 kleine antennes. LOFAR gaat enorme hoeveelheden data opleveren. De snelle verwerking daarvan tot informatie die voor het wetenschappelijke astronomieonderzoek bruikbaar is, is een grote ICT-uitdaging.²⁸

Het NWO-programma STARE ('STAR E-science') heeft als doel de samenwerking tussen astronomen en informatici een extra impuls te geven. In dit programma

²⁷ Zie ook paragraaf 3.9.

²⁸ Zie ook de hoofdstukken 5 en 6.

zal toponderzoek met meerwaarde voor beide wetenschapsdisciplines een plaats krijgen. Onderzoeksuitdagingen zoals hierboven beschreven staan centraal binnen STARE.

Relevante NOAG-ict-thema's

- De data-explosie
- Methoden voor ontwerpen en bouwen
- Het virtuele laboratorium

Sleutelreferenties

- A. Szalay, J. Gray. *The world-wide telescope*, in: *Science*, Vol. 293, 2037-2040, 2001.
- G. Allen, Th. Dramlitsch, I. Foster, N. Karonis, M. Ripeanu, E. Seidel, and B. Toonen. *Supporting Efficient Execution in Heterogeneous Distributed Computing Environments with Cactus and Globus*, in: *Proceedings Supercomputing*, 2001.
- R. L. Grossman, C. Kamath, P. Kegelmeyer, V. Kumar, and R. R. Namburu, eds. *Data Mining for Scientific and Engineering Applications*, Kluwer Academic Publishers, 2001.

4-3 Veiligheid: rechtshandhaving en geschillenbeslechting en ICT

Wat houdt het gebied in?

Centraal staat onderzoek naar de mogelijkheden die ICT biedt voor de dagelijkse praktijk binnen de rechtshandhaving en geschillenbeslechting. Het terrein betreft de strafrechtketen (van opsporing van strafbare feiten door politie en Openbaar Ministerie tot berechting door de rechter) en de rechtspraak in brede zin, inclusief de beslechting van civiele en bestuursrechtelijke geschillen.

Waarom dit gebied?

De maatschappelijke en politieke belangstelling voor de terreinen veiligheid, criminaliteitsbestrijding, rechtshandhaving en rechtspraak is sterk toegenomen door een aantal nationale en internationale ontwikkelingen (terrorisme, internationale criminaliteit, organisatiefraude, etc.). Bovendien is de efficiëntie en effectiviteit van het recht van groot belang voor het functioneren van de economie. Snelheid, rechtseenheid maar ook de behoefte om digitaal te procederen zijn door toenemende eisen uit de samenleving zeer belangrijke onderwerpen geworden.

Politie en justitie kunnen als kennisorganisaties beter gebruik maken van de nieuwste inzichten op ICT-gebied, bijvoorbeeld kennis- en informatiesystemen, beeldverwerking, patroonherkenning en user-interfaces. Ook de gebruikersvrien-

delijke toegang tot (multimediale) gegevensbestanden en het ontsluiten van digitale dossiers en jurisprudentie is voor verbetering vatbaar. De werkdruk binnen de organisaties dwingt tot innovatie op dit terrein. Politie, Openbaar Ministerie en rechtspraak staan voor de taak het groeiende volume aan zaken en de toenemende bewerkelijkheid ervan op te vangen. De toepassing van informatiesystemen op dit terrein verschilt van andere gebieden door de dwingende noodzaak tot robuuste geautomatiseerde verwerking van tekst en de hoge eisen die door de wet gesteld worden aan de veiligheid en het gebruik van de systemen.

Onderzoeksuitdagingen

De toenemende inzet van de informatietechnologie op het terrein van rechtshandhaving en geschillenbeslechting zal leiden tot een verdeling van verantwoordelijkheid en initiatief tussen mens en systeem. Zo heeft bijvoorbeeld de invoering van workflowsystemen of van kennisgebaseerde beslissingsondersteuning consequenties voor een gebruiker. Het is daarom van belang dat dergelijke informatiesystemen transparant zijn en het vermogen hebben zich aan te passen aan de specifieke behoeften van een gebruiker in bijzondere contexten. De hiervoor benodigde technologie wordt traditioneel bepaald door de Nederlandstalige en Nederlandse juridische context. Rechtshandhaving vindt echter in toenemende mate ook plaats op Europees niveau en in internationaal verband. Daarenboven worden hoge eisen gesteld aan de veiligheid van systemen en spelen ethische vragen over het gebruik van ICT op dit terrein een zeer belangrijke rol. Zo kan het met behulp van ICT combineren en abstraheren van openbare informatie consequenties hebben die de privacy schenden.

Uitdagingen op het gebied van rechtshandhaving en geschillenbeslechting en ICT liggen in de volgende onderwerpen:

- ICT ter ondersteuning van werkprocessen binnen politie en rechtspraak
 - Informatisering van werkprocessen (elektronisch berichtenverkeer, elektronische dossiers en workflowsystemen). Dit staat pas in de kinderschoenen en roept veel vragen op, maar heeft grote potentie voor vergroting van effectiviteit en doelmatigheid. Hierbij speelt ook de informatiebeveiliging een grote rol.
 - Informatie-, kennis- en expertsystemen: (Intelligente) systemen ter ondersteuning van de rechtspraak, vooral voor de vergroting van de rechtseenheid. Zij zijn ook van belang voor politie, andere opsporingdiensten en het Openbaar Ministerie om vormfouten en niet-ontvankelijkheid te voorkomen. Bovendien kunnen toegankelijke informatiesystemen de burgers inzicht verschaffen in hun rechtspositie en daarmee het beroep op de rechter verminderen. Hierbij gaat het vooral om privaatrecht (handels- en familiegeschillen) en bestuursrecht.
 - Kennisontsluiting en -verdeling: het naar boven halen van impliciete informatie uit ruwe gegevens en het genereren van nieuwe kennis uit bestaande gegevens. Er is behoefte aan gereedschappen die de effi-

ciëntie van de procedures en de toegang tot de jurisprudentie kunnen verbeteren. Dit is vooral van belang voor de opsporing en berechting van strafbare feiten, maar is ook breder van toepassing in de rechtspraak. Naast datamining gaat het om spraak-, beeld- en handschriftherkenning ter vergroting van de betrouwbaarheid van bewijsmiddelen.

- (Maatschappelijke) veiligheid
 - Methoden en technieken op het gebied van kennisveredeling ter detectie van incidenten op het gebied van openbare orde en veiligheid in de openbare fysieke en virtuele wereld. Hiervoor is onderzoek nodig op het raakvlak van informatica (intelligente perceptiesystemen), psychologie (modelleren en voorspellen van individueel gedrag, mens-machine-interactie), sociologie (modelleren en voorspellen van groepsgedrag) en recht (privacy, toegangsrecht, authenticatie, betrouwbaarheid en toelaatbaarheid).
 - Fraudebestrijding: detectie en preventie van onregelmatigheden met behulp van ICT.
 - Opsporing: methoden en technieken ter ondersteuning van het opsporingsproces.

In 2004 is in het kader van het NWO-onderzoeksprogramma ToKeN (Toegankelijkheid en kennisontsluiting in Nederland) een subsidieronde gehouden speciaal gericht op het toepassingsgebied Politie & Justitie. De Raad voor de rechtspraak heeft zowel inhoudelijk (door de formulering van de onderzoeksvraagstukken) als financieel bijgedragen aan deze subsidieronde.

Relevante NOAG-ict-thema's

- De data-explosie
- Digitale veiligheid
- De genetwerkte wereld
- Intelligente systemen
- Methoden voor ontwerpen en bouwen

Sleutelreferenties

- R.E. Susskind. *Transforming the Law. Essays on Technology, Justice, and the Legal Marketplace*, Oxford University Press, 2001.
- R. Widdison. *Electronic Paths to Justice*, in: *The Journal of Information, Law & Technology*, 2003 (2).
- H. Franken e.a. *Zeven essays over informatietechnologie en recht*, Sdu Uitgevers, Den Haag, 2003.
- *Kennis van criminaliteit*, AWT-advies nr. 52, Den Haag, juni 2003.

Computer science, informatics and natural computing

The spectacular progress in Information and Communication Technology (ICT) is very much supported by the evolution of computer science which designs and develops the instruments needed for this progress: computers, computer networks, software methodologies, etc. Since ICT has such a tremendous impact on our everyday life, so does computer science.

However, there is much more to computer science than ICT: it is the science of information processing, and as such it is a fundamental science for other scientific disciplines. On the one hand, the only common denominator for research done in all so diverse areas of computer science is thinking about various aspects of information processing. Therefore, the frequently used (mostly in Europe) term 'Informatics' is much better than 'Computer Science' – the latter stipulates that a specific instrument, viz., computer, is the main research topic of our discipline.

On the other hand, one of the important developments of the last century for a number of other scientific disciplines is the adoption of Information and Information Processing as their central notions and thinking habits – biology and physics are beautiful examples here. For these scientific disciplines informatics provides not only instruments but also a way of thinking.

I am convinced that one of the grand challenges of informatics is to understand the world around us in terms of information processing. Each time progress is made in achieving this goal, both the world around us and informatics benefits.

Since nature is a dominating part of the world around us, one way to understand this world in terms of information processing is to study computing taking place in nature. Natural Computing is concerned with this type of computing as well as with its main benefit for informatics, viz., human-designed computing inspired by nature. Research in natural computing is genuinely interdisciplinary and therefore natural computing forms a bridge between informatics and natural sciences. It has already contributed enormously to human-designed computing: consider, e.g., all the advances made through neural networks, evolutionary algorithms, quantum computing and molecular computing. Most importantly, this research has led already to a deeper and broader understanding of the nature of computation.

In summary: the attractiveness and beauty of informatics as a science is that while it is a fundamental science for a number of scientific disciplines, it is also the main force behind the development of ICT, and through this development it influences and revolutionizes our everyday life. Natural computing is an important vehicle of progress for both of these facets of informatics. Let's propagate then and develop the science of informatics (and present it to 'the outside world') this way. Both informatics (viewed as above) and natural computing have great future!

Prof. dr. Grzegorz Rozenberg
Hoogleraar informatica Universiteit Leiden

4.4 Bioinformatica

Wat houdt het gebied in?

De ontrafeling van het menselijke genoom in februari 2001 werd als mijlpaal in de geschiedenis van het wetenschappelijk onderzoek aangeduid en onder andere vergeleken met de landing op de maan. De bioinformatica heeft een grote bijdrage geleverd aan deze indrukwekkende prestatie. Met de ontrafeling van het genoom is de weg geopend naar veel meer functioneel onderzoek, gericht op het verkrijgen van inzicht in de processen die ten grondslag liggen aan het functioneren van levende systemen. De nieuwe wetenschappelijke en technologische mogelijkheden openen de weg naar onderzoek betreffende complexe biologische processen (binnen de levende cel, interacties tussen cellen, wanneer zij een organisme vormen en reacties tussen cellen van een organisme en omgevingsfactoren). De levenswetenschappen staan voor een grote uitdaging: de genen en hun functie moeten onderzocht worden om uiteindelijk het samenspel van de genen te begrijpen. Op basis daarvan kan bijvoorbeeld de ontwikkeling van nieuwe medicijnen bevorderd worden. Deze vraagstukken zijn nog veel complexer dan het samenvoegen van de DNA-sequentie. Ook aan het onderzoek naar deze vraagstukken zal de bioinformatica een belangrijke bijdrage leveren.

Waarom dit gebied?

Aanvankelijk richtte de bioinformatica zich vooral op de opslag, de organisatie en de analyse van data vanuit het genomics-onderzoek. Door de toenemende mogelijkheden van computers (snelheid, database- en internettechnologie) en de enorme hoeveelheden data die binnen de levenswetenschappen worden gegenereerd, is het gebied nu breder gericht op de levenswetenschappen als geheel. Binnen de huidige levenswetenschappen speelt de informatica een sleutelrol.

Interdisciplinair onderzoek op het gebied van de levenswetenschappen wordt geïnspireerd door fundamentele vragen over leven vanuit de biologie en de vele mogelijke toepassingen ten behoeve van gezondheid, milieu en economie. De maatschappelijke relevantie van dit onderzoek is vooral gelegen in de gezondheidszorg, onder meer het voorkómen en bestrijden van ziekten en het tegengaan van ongewenste gevolgen van veroudering en van omgevingsfactoren. Relevante vraagstukken op dit gebied zijn: voeding, modellen van ziekteprocessen, infectieziekten, ontwikkeling van nieuwe medicijnen, biotechnologie en neurowetenschappen.

Onderzoeksuitdagingen

Als gevolg van de technologische en wetenschappelijke ontwikkelingen in de fysica, chemie, biologie, de medische en de computationele wetenschappen kunnen meer en meer biologische systemen worden ontrafeld en komt een groei-

end aantal complexe biologische problemen binnen het bereik van ontsluiting, modelvorming, simulatie en visualisatie. Om die ontwikkelingen aan te laten sluiten bij levenswetenschappelijke vraagstukken, is het essentieel dat de problemen aangepakt worden vanuit een multi- of interdisciplinaire invalshoek.

Onderzoeksuitdagingen binnen de bioinformatica zijn aan de ene kant wetenschappelijk en aan de andere kant toepassingsgericht. Wetenschappelijk is het nu zaak de beschikbare data niet alleen efficiënt op te slaan, maar er door verwerking ook relevante biologische informatie uit af te leiden. Dit maakt compleet nieuwe benaderingen en inzichten mogelijk. Daarnaast spelen de modellering van complexe biologische interacties en de ontwikkeling van efficiënte algoritmen voor de grote hoeveelheden data (toegang en opslag) alsmede de analyse en de visualisering ervan een rol. Specifiek voor de bioinformatica zijn er de volgende uitdagingen:

- *Ontwikkeling van efficiënte algoritmen en software engineering*
Naast instrumenten om de grote hoeveelheden data te managen, te analyseren en uit te wisselen zijn middelen nodig om kennis en data over de biologische niveaus heen te integreren. Het ontdekken van informatie en kennis binnen de massa van biologische data vraagt om nieuwe algoritmische benaderingen die de complexiteit van leven op alle biologische niveaus reflecteren.
- *Systeembioïlogie*
Om levensprocessen werkelijk goed te begrijpen is het noodzakelijk biologische systemen als geheel beschouwen. Het gaat om de accumulatie van informatie op elk biologisch niveau, de integratie van deze informatie, en het ontwerp van mathematische modellen die in staat zijn eigenschappen van biologische systemen te onthullen en te voorspellen. De uitdaging waar de levenswetenschappen nu voor staan - samengebond in de term Systeembioïlogie - is om die kennis en inzichten experimenteel en modelmatig te integreren tot beschrijvingen op systeemniveau door het verbinden van (de kennis en inzichten op) de onderliggende niveaus.
- *Neuroinformatica*
De neuroinformatica kan worden gezien als een systeembioïlogische aanpak binnen de neurowetenschappen. Naast de ontwikkeling van computationele modellen van de werking van de hersenen richt de neuroinformatica zich op databasetechnologieën en de ontwikkeling van analytisch gereedschap.

Daarnaast zijn er de uitdagingen waarmee ieder datarijk wetenschapsgebied geconfronteerd wordt:

- Databases
- Datamining, patroonherkenning, kennisontsluiting
- Grid computing
- Modellering, simulatie en visualisatie

Bij NWO zijn in de afgelopen jaren drie onderzoeksprogramma's gestart op het raakvlak van levenswetenschappen en informatica: *Bio-moleculaire Informatica*

(BMI), *Computational Life Sciences* (CLS) en *Van Molecuul tot Cel* (MtC). Deze sluiten goed bij elkaar aan en beogen antwoorden te geven op biologische onderzoeksvragen. BMI is gericht op datamining, vanuit het perspectief van genomics. MtC concentreert zich op het bestuderen van specifiek intracellulaire fenomenen en kent een experimentele component. CLS biedt het kader voor funderend exact wetenschappelijk onderzoek op het gebied van modelleren, simuleren en visualiseren van complexe problemen in de levenswetenschappen. De NWO-gebieden ALW, CW, EW en ZonMw en het Nationaal Regieorgaan Genomics (NROG) zullen in een platform *Systeembio* aandacht gaan besteden aan de systeembenadering van levensprocessen, met als mogelijke onderdelen een vervolg op het programma CLS en aandacht voor de Neuroinformatica.

Ook hoogst relevant voor de bioinformatica is het Bsik-onderzoeksprogramma BioRange.

Relevante NOAG-ICT-thema's

- De computer van de toekomst
- De data-explosie
- Methoden voor ontwerpen en bouwen
- Het virtuele laboratorium

Communicerende apparaten

Een patiënt op de intensive care ligt verbonden aan allerlei apparaten: een hartslagmeter, een bloeddrukmeter, beademingsapparatuur. Deze medische informatie wordt weergegeven op een monitor en doorgegeven aan de arts en de verpleegpost. Zij kunnen de toestand van de patiënt continu beoordelen en worden direct op de hoogte gebracht van veranderingen die ingrijpen vereisen. Een procedure die staat of valt met succesvolle communicatie tussen al deze apparaten.

Judi Romijn (TU/e) maakt zich hard voor het verbeteren van deze communicatie en steekt de industrie een helpende hand toe. Op basis van de gewenste communicatiescenario's maakt zij protocollen: hoog-niveau beschrijvingen van wat ieder apparaat moet uitvoeren. Met formele methoden kan worden vastgesteld of er iets fout kan gaan en of het protocol moet worden veranderd. De definitieve versie komt in een standaard en als alle apparaten zich aan deze standaard houden, kunnen zij met elkaar communiceren. Romijn: 'Vaak zitten protocollen in standaards vol fouten. Wij streven naar volledige correctheid: wat in de standaard staat, moet kloppen.' Helaas staan fabrikanten niet te popelen om gebruik te maken van deze expertise. Het liefst willen ze zo snel mogelijk hun product op de markt brengen. Romijn: 'Ons doel is ervoor te zorgen dat de wetenschap al vanaf het allereerste begin van het ontwikkeltraject mee kan praten.'

Sleutelreferenties

- J. Cohen. *Bioinformatics: An Introduction for Computer Scientists*, in: ACM Computing Surveys, 36(2), 122-158, 2004.
- D. Krane, M. Raymer. *Fundamental Concepts of Bioinformatics*, Benjamin Cummings, San Francisco, 2003.
- A.M. Lesk. *Introduction to Bioinformatics*, Oxford University, New York, 2002.

4.5 Samenwerking in ontwikkeling

Het aantal toepassingsgebieden waarmee vanuit ICT-onderzoek samengewerkt kan worden, is schier onbegrensd. In de voorgaande paragrafen is een aantal bestaande samenwerkingsrelaties toegelicht. Wanneer er mogelijkheden voor bestaan, zullen ICT-onderzoekers graag met experts uit die gebieden samenwerken. In deze paragraaf worden drie voorbeelden gegeven van recente ontwikkelingen.

4.5.1 Zorg en ICT

Wat houdt het gebied in?

De gezondheidszorg is sterk in beweging. Door de vergrijzing zullen de zorgvraag, het aantal chronisch zieken en de zorguitgaven sterk stijgen. Tegelijkertijd ontwikkelen burgers zich tot kritische zorgconsumenten, die maatwerkoplossingen voor hun gezondheidsproblemen eisen. De roep om de patiënt centraal te stellen klinkt steeds luider. Ook is er een explosie van medische kennis en technologie. De meeste professionals zijn niet in staat de ontwikkelingen in hun vak bij te houden, laat staan dat zij de samenhang van ontwikkelingen in diverse medische disciplines kunnen doorgronden. Verder dreigt een tekort aan medisch personeel.

Deze trends stellen de gezondheidszorg voor een grote uitdaging. Bij het uitblijven van ICT-innovatie zullen de kwaliteit, betaalbaarheid en toegankelijkheid van de zorg in het geding komen. Oplossingen worden gezocht in een verschuiving van cure naar preventie, van cure naar care, in het introduceren van vraagsturing, in multidisciplinaire samenwerking en in transmurale samenwerking in zorgketens en zorgnetwerken. Bij deze ontwikkelingen zijn diverse partijen betrokken, waaronder de zorgafnemers, -professionals, -bestuurders en -verzekeraars.

Waarom dit gebied?

ICT-innovaties spelen een sleutelrol in alle hiervoor genoemde oplossingsrichtingen en bieden de kans om (ook als de vergrijzing over 35 jaar haar hoogtepunt bereikt) de kwaliteit, betaalbaarheid en toegankelijkheid van de zorg te garanderen. De technologie die noodzakelijk is om genoemde oplossingen te implementeren is niet altijd voorhanden. Wetenschappelijke doorbraken zijn dus vereist. De gezondheidszorg krijgt bovendien meer belangstelling van het ICT-bedrijfsleven.

Er bestaan veelbelovende regionale initiatieven, waar de gezondheidszorg en het ICT-bedrijfsleven de handen ineen slaan om de toepassing van ICT in de zorg op een hoger plan te tillen. Daardoor ontstaat een goede basis voor de valorisatie van de resultaten van het ICT-onderzoek. Ook in Europa krijgt ICT in de zorg veel belangstelling, getuige bijvoorbeeld de plaats die 'ICT in de zorg'-projecten in het Europese kaderprogramma hebben veroverd.

Onderzoeksuitdagingen

Onder leiding van het ICT-Forum heeft het zorgveld in 2004 zijn onderzoeksvraag gearticuleerd.²⁹ Het zorgveld benoemde de volgende thema's voor ICT-onderzoek:

- *Kennis en informatie voor de zorgprofessional*
Kennismanagement: Over enkele jaren zullen zorgverleners beschikken over een Elektronisch Patiënten Dossier, waardoor zij onafhankelijk van tijd en plaats inzicht krijgen in de medische historie en in de specifieke situatie van patiënten. De uitdaging is om dit inzicht te koppelen aan de zich snel ontwikkelende medische kennis, zodat de behandeling optimaal op de patiënt wordt toegesneden en medische fouten worden voorkomen. Uitdagingen liggen op het terrein intelligente systemen, draadloze netwerken, sensoren en actuatoren.
- *Beelddiagnostiek en beeldgestuurde behandeling*
De ambitie is om een full body scan te kunnen maken, gekoppeld aan een volautomatische diagnose. Uitdagingen voor het ICT-onderzoek liggen in beeldacquisitie, patroonherkenning en beeldverwerking, visualisatie, real-time 3D-beeldverwerking en presentatie, en intelligente systemen.
- *Logistieke sturing van zorgketens en zorgnetwerken*
Zorg op maat: De uitdaging is om door toepassing van intelligente systemen de inzet van mensen en middelen zo te coördineren dat deze optimaal op de zorgvraag van de patiënt is afgestemd. Uitdagingen liggen in het ontwikkelen van adaptieve logistieke systemen, de aansluiting van die systemen op de zorgprocessen, de implementatie van deze systemen in transmurale zorgnetwerken, telematica, context awareness, beveiligingsprotocollen en software engineering.

ICTRegie onderzoekt de mogelijkheden voor een onderzoeksprogramma ICT in de zorg, dat de gehele kennisketen van fundamenteel onderzoek tot en met toegepast onderzoek afdekt. Het programma zal in opdracht van ICTRegie worden ontwikkeld door NWO EW, STW, ZonMw, en SenterNovem.

Het Bsic-consortium Freeband Communication heeft als belangrijkste toepassingsdomein de zorg gekozen. De Freeband-projecten ontwikkelen communicatieconcepten en –services voor de zorg.

Relevante NOAG-ict thema's

- Data-explosie
- Digitale beleving
- Digitale veiligheid
- De genetwerkte wereld
- Intelligente systemen
- Methoden voor ontwerpen en bouwen
- De onzichtbare computer

Sleutelreferenties

- European Commission. *eHealth in 2010: Realising a Knowledge-based Approach to Healthcare in the EU, Challenges for the Ambient Care System*, Directorate-General Joint Research Centre / Institute for Prospective Technological Studies, april 2004.
- ICT-Forum. *Nu zorgen voor morgen, ICT-onderzoek en gezondheidszorg*, november 2004.
- Ministerie van Economische Zaken. *ICT in de Nederlandse Zorg, Visie 2000-2005*, mei 2001.

4.5.2 Verkeer & vervoer en ICT**Wat houdt het gebied in?**

Verkeer en vervoer vormen een cruciaal onderdeel van het dagelijks leven. We gaan naar ons werk, doen boodschappen, bezoeken vrienden of gaan op vakantie. Daarnaast zijn verkeer en vervoer essentiële randvoorwaarden voor onze economie. Een goede bereikbaarheid en tijdige levering van goederen is van belang voor zowel het dienstverlenend als het producerend bedrijfsleven.

Waarom dit gebied?

De afgelopen decennia hebben een snelle groei van het verkeer en vervoer te zien gegeven. Ook voor de komende decennia wordt verdere groei verwacht, vooral in het goederenvervoer. Nieuwe infrastructuur wordt echter nog maar in zeer beperkte mate aangelegd. Daardoor wordt ook de keerzijde van de groei zichtbaar: files, verkeersonveiligheid, onbetrouwbaarheid, geluidsoverlast en een slechte luchtkwaliteit. Berekeningen laten zien dat de maatschappelijke kosten van files en verkeersonveiligheid in Nederland zo'n 10 miljard euro per jaar bedragen. Er bestaat daarom grote zorg over de gevolgen die de verkeer- en vervoersproblematiek uiteindelijk kan gaan hebben op ons dagelijks leven en de economie.

Onderzoeksuitdagingen

ICT wordt in toenemende mate gezien als een middel om verkeersproblemen te verlichten. Door de invloed van ICT op logistieke processen en activiteitenpatronen (denk aan telewerken) kunnen verkeers- en vervoerspatronen ingrijpend veranderen. Daarnaast kan ICT worden toegepast voor het sturen en geleiden van verkeers- en vervoersstromen (denk aan verkeersmanagement). Maar ook het vervoermiddel zelf wordt steeds meer uitgerust met ICT-gebaseerde systemen. Het onderzoek naar bijvoorbeeld ICT-toepassingen in de auto (denk aan verkeers-

informatie of automatisch afstand houden) om de verkeersveiligheid te verbeteren is vooral op Europese schaal enorm in omvang toegenomen. Verder biedt ICT de mogelijkheid tot de ontwikkeling van totaal nieuwe vervoerssystemen zoals people movers. De gebruiker staat in al deze toepassingen centraal. De gebruiker zal via ICT beschikken over de meest actuele verkeers- en reisinformatie: er ontstaat een transparant verkeers- en vervoerssysteem waarin de gebruiker optimaal keuzes kan maken. Communicatie tussen gebruikers, voertuigen, bedrijven en wegbeheerders zal leiden tot coöperatieve systemen met perspectieven op veiliger, vlotter en schoner verkeer en vervoer.

De corresponderende onderzoeksuitdagingen liggen op het gebied van communicatietechnologie (bijvoorbeeld ad hoc-netwerken), sensoren en beeldverwerking, regelalgoritmes, voorspellingstechnieken, gegevensbeheer, mens-machine-interactie en de modellering van verkeers- en vervoerssystemen.

In 2004 is het Bsic-onderzoeksprogramma TRANSUMO gestart. Binnen de clusters verkeersmanagement en goederenvervoer wordt gewerkt aan de ontwikkeling van ICT-gebaseerde instrumenten om te komen tot duurzame mobiliteit.

In Europees kader starten als onderdeel van het zesde kaderprogramma in 2006 onderzoeksprojecten op het gebied van coöperatieve systemen, als opmaat voor grootschalige toepassing in het zevende kaderprogramma. In Nederland wordt een testsite ingericht om het onderzoek naar coöperatieve systemen te ondersteunen.

In deze projecten wordt specifiek aandacht besteed aan afspraken voor de bevordering van de invoering van de onderzoeksresultaten (standaarden, organisatie, bestuur, etc.).

Relevante NOAG-ict-thema's

- Digitale beleving
- De genetwerkte wereld
- Methoden voor ontwerpen en bouwen
- De onzichtbare computer

4.5.3 Stedelijke ruimte en ICT

Wat houdt het gebied in?

Stedelijke ruimte vormt voor veel mensen de dagelijkse *habitat*. Zij wonen en werken in verstedelijkte gebieden. Dat geldt niet slechts voor Randstedelingen of West-Europeanen, ook in de niet-westerse wereld komen mensen op steden af om bestaanszekerheid te verwerven. Het begrip 'stedelijke ruimte' moet hierbij niet als nauw begrensd worden beschouwd. Steden functioneren als stedelijke regio's: het gaat om steden en hun ommeland. Stedelijke ruimte biedt veel functies (economisch, bestuurlijk, wonen) en wordt daarom wel eens aangeduid als een vorm van georganiseerde complexiteit.

Waarom dit gebied?

De stedelijke ruimte is bij uitstek de omgeving waar maatschappelijke trends en politieke kwesties zich manifesteren. Stedelijke ruimte kenmerkt zich in algemene zin immers door een hogere dichtheid dan niet-stedelijke ruimte, gevormd door centra waar vraagstukken zich niet alleen zullen verdichten, maar ook groter in omvang zijn. Vraagstukken hebben niet alleen betrekking op sociologische kwesties zoals individualisering en secularisatie, maar ook op integratie, veiligheid, logistiek, bereikbaarheid en milieudruk. Beantwoording van deze vraagstukken vereist bij uitstek een multidisciplinaire aanpak. Relaties met justitiële en verkeerstechnische vragen zijn evident.

Onderzoeksuitdagingen

De beschikbaarheid van informatie over processen die de leefomgeving mede bepalen, neemt voortdurend toe. De metafoor hierbij is de stedelijke ruimte te zien als 'de intelligente stad'. Er is een duidelijke trend in open sensornetwerken waarin actuele data van onze leefomgeving direct aanwezig zijn. Te denken valt aan informatie over de beschikbaarheid van wegen, producten en diensten, maar ook informatie over lokale weersvoorspelling, geluidsbelasting, waterbeheer, etc. Integratie van deze data in een informatienetwerk dat plaats- en tijdonafhankelijk op een intelligente manier sturing en advies kan geven aan bewoners en bestuurders van steden en stedelijke regio's, leidt tot een geheel eigen dynamiek en potentie tot aanpassingen aan een veranderende omgeving. Nieuwe ontwikkelingen op het gebied van gedistribueerde (mobiele) dataregistratie, processimulatie, virtuele organisaties en schier onbeperkte dataopslag en reken capaciteit bieden kansen voor een betere inrichting van de stedelijke ruimte. Hiervoor is dan wel een geheel nieuw paradigma nodig waarbij technologie (sensornetwerken, data- en communicatie-infrastructuur), wiskunde en informatica (data-analyse, simulatie en intelligente adaptieve systemen) versmelten met de klassiek met stedelijke ruimte verbonden disciplines, zoals de geografie, planologie, stedenbouwkunde, en disciplines die zich met de maatschappelijke, politiek-bestuurlijke en juridische aspecten bezighouden (sociale wetenschappen, bestuurskunde, rechtswetenschappen).

Begin 2005 heeft het NWO-gebied Maatschappij en Gedragwetenschappen, in samenwerking met de gebieden EW, GW, STW en ZonMW, een eerste verkenning van het thema Stedelijke Ruimte uitgevoerd. ICT was één van de onderwerpen daarin.

Relevante NOAG-ict-thema's

- De data-explosie
- Digitale beleving
- Digitale veiligheid
- De genetwerkte wereld
- De onzichtbare computer

5 Investeren in infrastructuur

5.0 Inleiding

Nederland heeft de beschikking over een ICT-infrastructuur van hoog niveau. Hiervan maken deel uit het breedbandnetwerk, supercomputingfaciliteiten en meer recent ook gridtechnologie en clustercomputers. Voor het ICT-onderzoek is deze infrastructuur op twee manieren van belang. De eerste is dat de infrastructuur ‘enabling’ is voor bepaalde vormen van ICT-onderzoek, zoals het onderzoek naar virtuele laboratoria (zie paragraaf 3.9). De tweede is dat de infrastructuur zélf onderwerp is van onderzoek. Wat betreft dit type onderzoek heeft Nederland sinds 1996 een vooraanstaande positie in de wereld opgebouwd met de opeenvolgende generaties van de experimentele DAS-clustercomputers. De twee aspecten zijn overigens nauw met elkaar verweven, zoals in dit hoofdstuk zal blijken.

5.1 Stand van zaken: breedband en supercomputer

Sinds 1987 bundelen de Nederlandse universiteiten, hogescholen en onderzoeksinstellingen hun krachten op ICT-gebied in de stichting SURF en SURFnet BV, de uitvoeringsorganisatie voor het landelijke infrastructurele netwerk waarop alle kennisinstellingen zijn aangesloten. Met steun uit het ICES-KIS2-project GigaPort (ter grootte van M€ 64) is een geavanceerd hybride breedband internetverbinding tussen alle Nederlandse kennisinstellingen aangelegd.³⁰ Het netwerk maakt deel uit van het wereldwijde internet. Bij de lancering van SURFnet5 in 2001 had GigaPort het snelste operationele computernetwerk voor onderzoek ter wereld. SURFnet5 maakt gebruik van de nieuwste technologieën, zoals het experimentele internetknooppunt voor optische netwerken NetherLight. Inmiddels wordt er met steun uit ICES-KIS3 (Bsic) in het project GigaPort Next Generation gewerkt aan een nog krachtiger en geavanceerdere optische verbidingsstructuur, SURFnet6. Hiervoor is in november 2003 M€ 40 Bsik-subsidie toegezegd. Daarnaast is Nederland voorzien van uitstekende mogelijkheden voor geavanceerd onderzoeksrekenen, die worden gefinancierd en gefaciliteerd door de Stichting Nationale Computerfaciliteiten (NCF). Toen door NCF in 2000 ‘TERAS’ werd geplaatst, was dit samen met het LRZ in München de grootste en meest gezichtsbepalende supercomputer in Europa. ‘TERAS’ en ‘ASTER’ (de upgrade die in 2003 in gebruik is genomen) staan bij SARA, het reken- en netwerkdiensten-centrum in Amsterdam. De nieuwe IBM BlueGene-machine in Groningen, die de data van radiotelescoop LOFAR zal gaan verwerken, was bij plaatsing in april 2005 de snelste in Europa.

De taak van NCF is het faciliteren van het wetenschappelijk onderzoek in Nederland door middel van een geschikte computerinfrastructuur, met daarin

³⁰ GigaPort Highlights SURFnet5: het netwerk belicht, SURFnet bv, juli 2002.

geschikte hardwarecomponenten, zodanig dat Nederlandse onderzoekers op het terrein van computerinfrastructuur niet geremd worden in het doen van wetenschappelijk onderzoek.³¹ De afgelopen jaren heeft NCF hieraan samen met de kennisinstellingen gewerkt. Daarbij is een aantal *Dutch Computing Challenge*-projecten uitgevoerd: grootschalige rekenprojecten die alleen dankzij de beschikbaarheid van grote rekenvoorzieningen in Nederland konden worden uitgevoerd. Voor de periode 2005-2010 heeft NCF opnieuw dergelijke *Challenge*-projecten benoemd. Voorbeelden zijn: de real-time simulatie van (dreigende) calamiteiten in de Nederlandse waterhuishouding, het vervullen van een internationale eerste-lijns functie bij de verwerking van data uit de hoge-energiefysica en de ondersteuning van grootschalige projecten als Genomics en LOFAR. NCF heeft een jaarlijks budget van bijna M€ 8,5, dat deels wordt gebruikt om te 'sparen' voor een supercomputingfaciliteit en deels wordt ingezet voor relatief kleine investeringen en gebruikersgrants.

5.2 Stand van zaken: grids en e-science

Zoals beschreven in het meerjarenplan van NCF, als ook blijkend uit de door NWO Exacte Wetenschappen gefinancierde projecten en apparatuur, verschuift de laatste jaren het accent binnen de ICT-infrastructuur naar het integreren van faciliteiten en het netwerk tot grids. Een grid is een via het internet gekoppelde verzameling computersystemen die voor een gebruiker transparant aanspreekbaar en toegankelijk zijn. Voor de onderzoeker levert een grid de volgende meerwaarde op:

- gebruiksgemak en gebruiksvriendelijkheid;
- transparante toegang tot systemen en tot data over systemen heen;
- resource sharing: vergroting van de werkruimte, cycles, programmatuur, bijzondere tools.

Het NWO-project NL-grid betreft zo'n verzameling gekoppelde computersystemen, die bestaat uit de clustercomputer DAS-2 (zie hieronder), een cluster bij het onderzoeksinstituut NIKHEF en een cluster en dataopslag bij SARA.

Het beschikbaar komen van gridtechnologie opent mogelijkheden voor nieuwe samenwerkingsvormen tussen wetenschappelijke groepen, in principe waar ook ter wereld. De manier waarop wetenschap bedreven wordt en waarop onderzoeksresultaten behaald kunnen worden, laat zich beschrijven in een nieuw onderzoeksstramen: digitaal verrijkte wetenschap, ofwel *e-science* (enhanced science). De revolutionaire mogelijkheden die grids ten behoeve van *e-science* bieden, bestaan onder meer uit verrijking van informatie-uitwisselingsmogelijkheden, hoogwaardige beeld- en geluidscommunicatie tussen meerdere personen en groepen via het internet, de directe toegang tot rekenfaciliteiten inclusief de daar

31 *Facilitating e-Science, Meerjarenplan 2005-2010 NCF, 2005.*

achterliggende datastructuren, maar ook tot instrumenten, die in beginsel op afstand bestuurbaar en beheerbaar zijn. Nederland is op het gebied van e-science en grids zeer actief met bijvoorbeeld Bsik-projecten als LOFAR en VL-e.

Binnen het LOFAR-project, dat M€ 52 Bsik-subsidie heeft verworven, wordt een radiotelescoop ontwikkeld bestaande uit een netwerk van 25.000 sensoren die zijn verdeeld over een gebied met een diameter van 350 kilometer. De sensoren zijn via een uitgestrekt glasvezelnetwerk gekoppeld aan een supercomputer. Het efficiënt koppelen van rekenkracht en dataopslagcapaciteit via grid cluster computing is binnen LOFAR zeer belangrijk.³²

VL-e staat voor 'Virtual Laboratory for e-science', en heeft M€ 20 Bsik-subsidie toegezegd gekregen.³³ Binnen VL-e wordt gewerkt aan een virtueel laboratorium waarin onderzoekers op afstand hun experimenten kunnen uitvoeren, en informatie en kennis met elkaar kunnen delen. Het project heeft als doelstelling e-science in Nederland te stimuleren door een e-scienceomgeving te creëren en onderzoek te doen naar e-sciencemethoden. De omgeving bestaat uit een *proof of concept*-deel en een *rapid prototyping*-deel. Het *proof of concept*-deel is gericht op de ontwikkeling van concrete en bruikbare toepassingen. Het daarvoor benodigde fundamentele en engineering-onderzoek wordt verricht in het *rapid prototyping*-deel. Voor de overgang van resultaten behaald in het *rapid prototyping*-deel naar het *proof of concept*-deel zijn migratie- en validatieprocedures afgesproken. Gridtechnologie speelt in VL-e een belangrijke rol.

De ontwikkeling om computerinfrastructuur wereldwijd en eenvoudig beschikbaar en toegankelijk te maken, is overigens niet alleen belangrijk voor de wetenschap, maar ook voor de maatschappij (e-health, e-business, etc). Daarom maakt een groot aantal bedrijven deel uit van het VL-e-consortium en zijn zij nauw betrokken bij de ontwikkeling van specifieke toepassingen.

5.3 Europese ontwikkelingen in grids en e-science

Ook op Europese schaal is gridification een belangrijke trend. In het zesde Europese kaderprogramma (KP6), dat loopt van 2002 tot en met 2006, is M€ 125 uitgetrokken voor gridonderzoek, twee keer zoveel als in het vijfde kaderprogramma. Nederlandse onderzoekers spelen een belangrijke rol in veel Europese activiteiten met betrekking tot grids, zoals DEISA (Distributed European Infrastructure for Supercomputing Applications), het KP6-project dat zich richt op koppeling van bestaande nationale supercomputerfaciliteiten via een grid, EGEE (Enabling Grids for e-science in Europe), het KP6-project dat de meest recente gridontwikkelingen toepast op een voor wetenschappers toegankelijk service grid, en CoreGRID (het Europese Network of Excellence op het gebied van

³² <http://www.lofar.nl>, zie ook paragraaf 4.2.

³³ <http://www.vl-e.nl>, zie ook paragraaf 3.9.

grid en peer-to-peer-technologie). Een voorbeeld van een project op nationale schaal waarbinnen grids zeer belangrijk zijn, is het Britse e-scienceproject, waarvoor in de eerste fase vanaf 2000 ongeveer M€ 145 beschikbaar was, en waarvan de tweede fase inmiddels van start is gegaan.³⁴

5.4 Clustercomputers

De bovenstaande ontwikkelingen in infrastructuur hebben vooral betrekking op het 'enabling'-karakter ervan. Een hoogwaardige ICT-infrastructuur is een noodzakelijke voorwaarde voor wetenschapsdisciplines die grote hoeveelheden data produceren, transporteren en moeten verwerken, zoals natuurkunde, scheikunde en astronomie. Dezelfde infrastructurele ondersteuning is nodig voor informatica-onderzoek naar virtuele laboratoria.

Informatici zijn echter ook geïnteresseerd in de inrichting en werking van de infrastructuur zelf. Het gaat dan bijvoorbeeld om vragen als de schaalbaarheid van een gekozen architectuur, tools voor resource management, de scheduling van rekentaken op een gedistribueerd systeem en de ontwikkeling van middleware: software die ervoor zorgt dat een gebruiker een gedistribueerd en heterogeen netwerk ervaart als één systeem. Clustercomputers zijn een uitstekend hulpmiddel voor dit type experimenteel onderzoek.

Clustercomputers bestaan uit een verzameling gekoppelde relatief eenvoudige processor nodes (in het beginstadium gewoon PC's, tegenwoordig wat compactere nodes). Ze zijn snel en eenvoudig in het gebruik en ook nog eens relatief goedkoop. Het meest sprekende Nederlandse voorbeeld van een experimenteel cluster is de Distributed ASCI Supercomputer (DAS), gebouwd door de onderzoeksschool Advanced School for Computing and Imaging (ASCI). Sinds het ontwerp van de eerste DAS in 1996 hebben zich op dit gebied zeer snelle ontwikkelingen voorgedaan. De DAS-2, die sinds januari 2002 in bedrijf is, bestaat uit vijf gekoppelde clustercomputers bij vijf Nederlandse universiteiten.³⁵ Het cluster bij de Vrije Universiteit bestaat uit 72 nodes, de vier andere clusters hebben elk 32 nodes. De 200 nodes bevatten in totaal 400 processoren. Kenmerkend voor de DAS-2 is zijn hiërarchische en homogene structuur, waardoor het mogelijk is om er goed controleerbare grid-experimenten op uit te voeren. De afgelopen jaren hebben ruim 300 onderzoekers voor hun onderzoek gebruik gemaakt van de DAS-2, resulterend in vele wetenschappelijke publicaties, waaronder 20 proefschriften.

Inmiddels zijn de voorbereidingen van start gegaan voor de bouw van de DAS-3, die in de eerste helft van 2006 in bedrijf moet komen. In tegenstelling tot de DAS-2 zal de DAS-3 een zekere mate van heterogeniteit hebben, namelijk in de

³⁴ Het UK e-Science programme, zie <http://www.rcuk.ac.uk/escience>.

³⁵ H. Bal et al. *The Distributed Ascii Supercomputer project*, in: ACM Special Interest Group, Operating Systems Review, Vol. 34, No. 4, p 76-96, October 2000. Ook: <http://www.cs.vu.nl/das2/das2-machine.html>.

lokale netwerken, de processorsnelheid, de geheugen- en schijfomvang en mogelijk het processortype. Op deze wijze kunnen informaticaonderzoekers nieuwe (grid)ontwikkelingen op de DAS-3 uittesten. De verbindingen tussen de DAS-3-clusters worden ontwikkeld in nauwe samenwerking met SURFnet en GigaPort Next Generation. DAS-3 is bovendien een belangrijke infrastructuur voor de Bsik-programma's VL-e en MultimediaN, die ook zullen bijdragen in de bouwkosten. Het overgrote deel van de voor DAS-3 benodigde financiering heeft onderzoeksschool ASCI in 2005 bij NWO Exacte Wetenschappen en NCF in competitie verworven.

Hoewel het een systeem is voor experimenteel informaticaonderzoek, is de rekenkracht van de DAS-clustercomputers onderzoekers uit de natuurkunde niet ontgaan. De samenwerking met deze onderzoekers, die van oudsher grootgebruikers zijn op productiemachines als 'TERAS', heeft gestalte gekregen in het bovengenoemde project NL-grid. Een ander voorbeeld van het gebruik van clustercomputers voor het type rekenwerk dat men tot voor kort alleen op supercomputers kon verrichten, is het Lisa-cluster. Deze is mede gefinancierd door NCF en het NWO-programma Computational Life Sciences en in februari 2005 bij SARA volledig in gebruik genomen voor grootschalige rekentoepassingen.³⁶ Verwacht wordt dan ook dat in de nabije toekomst clustercomputers geduchte concurrenten van massaal parallelle systemen als 'TERAS'/'ASTER' zullen worden.

5.5 Toekomstige ontwikkelingen

Grids zullen steeds belangrijker worden. Gridtechnologie wordt inmiddels (op beperkte schaal) toegepast, maar de realisering van een wereldwijd toegankelijk en vooral betrouwbaar grid is nog ver weg. Hiervoor is nog veel grensverleggend en vooral ook funderend informaticaonderzoek nodig. De afgelopen jaren is door NWO Exacte Wetenschappen al ingezet op relevant onderzoek naar clustercomputing, databasetoegankelijkheid en gedistribueerd rekenen. Ook in de komende periode zal dat het geval zijn, bijvoorbeeld door middel van het onderzoeksprogramma GLANCE, dat in de periode 2005-2011 onderzoek op het gebied van grootschalige gedistribueerde en parallelle systemen zal financieren. GLANCE maakt deel uit van het zogenaamde I-science-cluster, waartoe ook het programma VIEW (onderzoek naar visualisatie) en het samenwerkingsprogramma voor informatici en astronomen STARE behoren.³⁷ In deze programma's, die rechtstreeks voortvloeien uit het beleid uitgestippeld in de NOAG-i 2001-2005, wordt funde-rend e-science-onderzoek gedaan.

De computerinfrastructuur die in Nederland grid-ontwikkelingen in den brede moet faciliteren wordt het Nederlandse Science Grid genoemd. Deze 'gridification' van de computerinfrastructuur voor wetenschappelijk onderzoek zal de

³⁶ <http://www.sara.nl/userinfo/lisa>.

³⁷ Zie over STARE paragraaf 4.2.

komende jaren meer nadruk gaan krijgen in het NCF-beleid, naast het voorzien in de rekenbehoefte van zware rekenaars. Het doel is: één user- en accountnummer voor toegang tot alle systemen die onderdeel zijn van het grid, de invoering van nationale en later mogelijk Europese rekenresource-eenheden, waarmee men op deze voorzieningen naar behoefte terecht kan, en transparante toegang tot alle databestanden die tot het domein van de desbetreffende systemen horen. Dit betekent dus dat er naast technologisch onderzoek in het functioneren van grids uitdagingen liggen op het gebied van authenticatie, autorisatie, accounting en daadwerkelijke toegang tot de componenten van het grid.

Doelstelling van NCF is de nationale infrastructuur naadloos aan te laten sluiten op de Europese infrastructuur. De Nederlandse positie hiervoor is goed. Er is veel gridkennis aanwezig en de geavanceerde netwerkinfrastructuur van SURFnet. Ook ondersteuning bij het (optimale) gebruik van de faciliteiten door middel van expertdiensten en de eventuele inrichting van een nationale helpdesk staan op de beleidsagenda van NCF. Dit laatste natuurlijk in afstemming met de andere helpdesks die nu geformeerd worden.

5.6 Conclusie

De nationale infrastructuur ontwikkelt zich in de richting van een grid van gekoppelde faciliteiten, waaronder (toegang tot) een compacte rekenvoorziening van internationale allure, voorzieningen voor efficiënt capacity computing, specialistische voorzieningen en clusters met een nationale dimensie, experimentele omgevingen, storagevoorzieningen en visualisatievoorzieningen. De faciliteiten dienen te worden ondersteund door een high performance, low-latency netwerk én aan te sluiten bij de Europese infrastructuur. Dit dient organisatorisch te worden ondersteund door een –als zodanig erkend- nationaal centrum voor dienstverlening op geavanceerde computersystemen, een nationale helpdesk en een expertcentrum voor grids en e-science gevoed vanuit een gebruikersvertegenwoordiging. De infrastructuur kan alleen state-of-the-art gehouden worden als er tegelijkertijd geïnvesteerd wordt in het ICT-onderzoek dat aan de basis ligt van het science grid. In Nederland is alle hiertoe benodigde expertise aanwezig.

6 Structuur en financiering van het ICT-onderzoeksveld

6.0 Structuur

Het wetenschappelijke ICT-onderzoek wordt in Nederland uitgevoerd aan twaalf universiteiten en het NWO-instituut Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI). Daarnaast zijn er aan de meer toegepaste kant van het onderzoeksveld drie technologische instituten, met elk hun eigen missie op ICT-gebied: het Embedded Systems Institute (ESI), het Telematica Instituut (TI) en het TNO-werkgebied Informatie- en Communicatietechnologie (TNO ICT).

De universitaire onderzoeksgroepen laten zich ruwweg in twee sectoren opdelen: de 'i' (informatica) en de 'ct' (communicatietechnologie). In de NOAG-i 2001–2005 en de ICT-scans van 2000 en 2002 werd de 'ct'-sector aangeduid met de verzamelnaam 'Telecom Microelektronica Hardware' (TMH). De NOAG-ict 2005–2010 heeft alleen betrekking op het aan de informatica gerelateerde deel van de TMH-groepen (zie hoofdstuk 2), die hier met 'TMH-i' aangeduid zullen worden. De beide sectoren hebben hun eigen karakteristiek.

Informaticaonderzoeksgroepen zijn te vinden aan twaalf universiteiten. In de algemene universiteiten zijn ze (behalve in Maastricht) onderdeel van de bèta-faculteiten. Enkele informaticagroepen bevinden zich in andere faculteiten, bijvoorbeeld de groep voor Kunstmatige Intelligentie in Groningen, of in academische ziekenhuizen. Aan de technische universiteiten zijn de informaticagroepen onderdeel van faculteiten waarvan ook wiskunde (TU/e) of wiskunde en elektrotechniek deel uitmaken (TUD en UT). Tot het informaticaveld worden ook de informaticaonderzoekers verbonden aan het NWO-onderzoeksinstituut CWI gerekend.³⁸

Vrijwel alle informaticaonderzoekers zijn lid van een landelijke onderzoeksschool. Hiervan zijn er vier: ASCI, IPA, SIKS en Logica. De onderzoeksscholen zijn landelijke thematische netwerken waarin onderzoekers met gelijkgerichte onderzoeksbelangstelling zich hebben verenigd. Momenteel zijn de drie eerstgenoemde onderzoeksscholen erkend door de KNAW. De onderzoeksschool Logica is van 1992 tot en met 2002 KNAW-erkend geweest, maar heeft er in 2002 van afgezien een tweede hererkenning aan te vragen. De organisatie is echter voortgegaan om als landelijk netwerk te functioneren.

³⁸ Voor de overzichtelijkheid wordt ook de onderzoekscapaciteit van het NWO-instituut Centrum voor Wiskunde en Informatica meegeteld bij de universiteiten. De uitgesplitste gegevens zijn opgenomen in bijlage 4. Alle gegevens zijn gebaseerd op de afbakening van het veld zoals in hoofdstuk 2 beschreven.

Een bijzondere positie wordt ingenomen door de UT. De onderzoeksschool TGS (Telematics Graduate School) was een lokale onderzoeksschool waarin uitsluitend UT-onderzoekers participeerden. Na afloop van de KNAW-erkenning in 2002 zijn de opleidingstaken van de TGS overgenomen door het lokale onderzoeksinstituut CTIT. Daarna is TGS opgeheven.

De onderzoeksscholen ASCI, IPA, SIKS en Logica en het onderzoeksinstituut CTIT zijn belangrijke vertegenwoordigers van de universitaire communities in de informatica. Hun wetenschappelijk directeuren vormen, samen met de directeur van het CWI, vertegenwoordigers van de NWO-Adviescommissie Informatica (ACI) en een waarnemer van STW, het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN).

De TMH-i-onderzoeksgroepen bevinden zich uitsluitend aan de drie technische universiteiten. Binnen deze universiteiten zijn ze ondergebracht in de Faculteit Elektrotechniek (TU/e) en in de Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica (TUD en UT). Binnen de technische universiteiten zijn de grenzen tussen de informatica- en de TMH-i-groepen aan het vervagen. Aan de UT zijn de groepen geheel geïntegreerd binnen het ICT-onderzoeksinstituut CTIT, aan de TUD binnen het ICT Delft Research Center.

Doordat het TMH-onderzoek aan de drie technische universiteiten is geconcentreerd, is de situatie hier anders dan in het informaticaonderzoek. Onderzoeksscholen en onderzoeksinstituten vallen praktisch samen: DIMES aan de TUD, COBRA aan de TU/e en CTIT en MESA+ aan de UT. ICT-onderzoek in de zin van deze NOAG-ict maakt deel uit van DIMES, COBRA en MESA+. De scope van deze onderzoeksscholen en instituten als geheel is echter veel breder.

Als gevolg van grote subsidieregelingen als Bsik is er nog een andere tijdelijke profilering in het (publiek-private) onderzoekslandschap ontstaan met de zogenaamde Bsik-consortia (zie bijlage 6).

6.1 Omgeving

ICT-onderzoek

**Excellent onderzoek doen
Internationaliseren
Nieuwe ICT ontwikkelen
Kennis overdragen**

Universiteiten

- + 1999-2009 jaarlijks M€ 35 in 2e + 3e g.s.
- + Veel extra tijdelijk personeel
- + Bsik
- + Smartmix-subsidie
- + Focusering geeft grotere efficiëntie: NIRICT/3TU
- 1e g.s. groeit niet
- Vaste staf nauwelijks toegenomen
- Rijksbijdrage per student daalt nog altijd
- Dalende instroom studenten
- Fusies faculteiten remmen groei informatica
- 1e g.s. verdeelmodel niet aan 2e/3e g.s. aangepast
- Matching 3e g.s. holt fundamenteel onderzoek uit
- Te weinig structurele middelen

NWO

- + Informatica structureel op M€ 10 vanaf 2007
- + EW en STW gerespecteerd behartiger van ICT-onderzoeksveld
- + NWO-thema D&I wordt breed gedragen
- + Goede samenwerking EW, STW, NCF
- + Goede contacten met SenterNovem en EZ
- + Mogelijkheden ontwikkelen management Bsik-projecten, ERAnet, NoE's etc.
- + Korte lijn met ICTRegie
- Afbakening taken EW/STW en ICTRegie
- ICT scoort matig in brede programma's
- Nog geen structurele middelen voor programmafinanciering
- Nog geen structurele middelen voor zwaartepuntvorming

Andere wetenschapsgebieden

- + Toenemende samenwerking
- Vraag te groot t.o.v. omvang ICT-veld
- Multidisciplinaire expertise-opbouw remt monodisciplinaire output
- Multidisciplinair onderzoek minder gewaardeerd in citatie-analyse
- Andere bètagebieden gaan beperkt bij 'echt' ICT-onderzoek te rade

Bedrijven

- + Toenemende belangstelling voor samenwerking met kennisinstellingen
- + ICT biedt grote innovatiekansen
- Outsourcing ICT-industrie
- Weinig innovatie, met name bij MKB
- Zwakke vraagarticulatie
- Horizon strategie slechts een of twee jaar
- Weinig continuïteit qua aanspreekpunt
- Niet altijd overtuigd van nut informatica-onderzoek

VWO

- + Informatica wordt profielkeuzevak
- Weinig leerlingen kiezen profiel Natuur & Techniek
- Weinig meisjes

De politiek

- + Kenniseconomie: Smartmix, Bsik
- + Nationale aanpak ICTRegie
- + ICT blijft hoog op ieders prioriteitenlijst
- + Innovatieplatform heeft ICT als enabling aangemerkt
- + Nieuw: innovatievouchers

- Eenzijdigheid in toepasbaarheid en economisch nut
- Beleidsversnippering
- Gering vertrouwen in bestaande instituties
- Te hoge verwachtingen van onderzoek
- Afdwingen beleid door middel van matching
- Innovatieplatform: geen ICT-sleutelgebied

Europa

- + ICT in KP7 een belangrijk thema
- + ERC vergroot mogelijkheden langjarig/fundamenteel onderzoek
- + Toenemende mobiliteit onderzoekers
- + Goede aio's/postdocs vinden door EU netwerken
- Groepen te klein om trekker van NoE's, IP's te zijn
- Slechte verwachting ICT in open ERC-competitie
- Deelname van Nederlandse groepen in KP6 neemt af

6.2 Financiering

Eén ding is zeker: de positie van het ICT-onderzoek is in de afgelopen vijf jaar aanmerkelijk versterkt, zowel in politieke aandacht als in beschikbare financiën. In de universitaire onderzoeksgroepen ging in 2004 M€ 114 om.³⁹ Hiervan werd M€ 66 (60%) uitgegeven aan onderzoek, met name aan personeelskosten en (relatief kleine) apparatuurinvesteringen. Van de beschikbare M€ 114 was 61% afkomstig uit de eerste geldstroom, een kleine 18% uit de tweede geldstroom (met name NWO EW en STW) en 21% uit de derde geldstroom (subsidies SenterNovem, EZ, EU en contractresearch voor bedrijven).

De drie belangrijkste bronnen voor extra middelen in de tweede en derde geldstroom waren het stimuleringsbeleid voor ICT-onderzoek dat de ministeries van Economische Zaken en Onderwijs Cultuur en Wetenschappen in 2000 lanceerden met de nota 'Concurreren met ICT-competenties', de Bsk-regeling uit 2002 en het beleid van NWO, in het bijzonder dat van het gebied Exacte Wetenschappen. Op grond van dit beleid wordt in de periode 1999 tot en met 2009 in totaal bijna M€ 260 uitgegeven aan de uitvoering van thematische onderzoeksprogramma's.⁴⁰ Voor het 'open' (niet-thematische, niet-programmatische) onderzoek is daarnaast in de jaren 2001 – 2004 bijna M€ 54 toegekend aan projecten aangevraagd via de Open Competitie van NWO EW, het Open Technologie Programma van STW en persoonsgerichte steunvormen van NWO als de Vernieuwingsimpuls, HEFBOOM en Meervoud. Voor de periode 2005 – 2009 kan een vergelijkbaar bedrag voor 'open' onderzoek worden verwacht. Alles bij elkaar gaat het in de periode 1999 tot en met 2009 dan om een investering van gemiddeld M€ 35 per jaar in extra tijdelijke onderzoeksposities. Dit alles is echter pas een eerste stap op weg naar een ICT-onderzoeksveld dat berekend is op zijn wetenschappelijke en maatschappelijke taken.⁴¹

6.3 Mensen

Begin 2005 waren bij de universiteiten ongeveer 1.765 fte aangesteld met een ICT-onderzoekstaak.⁴² Bij de technologische instituten waren dit er ongeveer 500.⁴³ In totaal is er dus ongeveer 2.265 fte aan ICT-onderzoekers in Nederland aangesteld bij (semi-)publiek gefinancierde instellingen. De onderzoekscapaciteit is lager, omdat aan de universiteiten ook tijd besteed wordt aan andere taken,

³⁹ Zie bijlage 4 voor de details.

⁴⁰ Zie bijlage 5 voor de details.

⁴¹ De extra middelen zijn meegenomen in de berekening van de totale omvang van het ICT-onderzoeksveld (M€ 114) voorzover ze in 2004 al werden uitgegeven. De omvang van het onderzoeksveld zal dus de komende jaren toenemen, omdat dan het merendeel van de toegekende middelen daadwerkelijk zal worden besteed.

⁴² Onder personen met een onderzoekstaak worden verstaan: alle personen die zelf onderzoek doen (hoogleraren, universitair (hoofd)docenten, postdocs, promovendi, onderzoekers met een ander type aanstelling) of die direct ondersteunend zijn voor of betrokken zijn bij het onderzoek dat door anderen gedaan wordt (programmeurs, technici). Overig ondersteunend personeel (secretarissen, beleidsmedewerkers) zijn dus niet meegerekend.

⁴³ ICT-scan 2003: Universitaire ICT-kennis en kennistransfer in Nederland 2000-2002. TNO-rapport STB-04-08, mei 2004.

zoals onderwijs. De onderzoekscapaciteit van alle genoemde instellingen samen bedraagt ongeveer 1.500 fte, waarvan 1.000 fte aan de universiteiten en zo'n 500 fte bij de technologische instituten.

Het aantal personen dat aan de universiteiten werkt, is juist hoger dan 1.765 fte vanwege deeltijdse aanstellingen. Het aantal wordt geschat op 2.000. Zij vormen de wetenschappelijke achterban van het NWO-gebied Exacte Wetenschappen en de technologiestichting STW. Deze kerngegevens zijn samengevat in tabel 7.

Tabel 7 ICT-onderzoekers en -onderzoekscapaciteit in Nederland begin 2005

	Fte onderzoekers	Aantal personen	Fte onderzoekscapaciteit
Universiteiten	1.765	2.000	1.000
Technologische instituten	500	500	500
Totaal	2.265	2.500	1.500

Het universitaire deel van het ICT-onderzoeksveld is in de periode 2000 tot en met 2004 met ongeveer 18% gegroeid. In 2000 telde het onderzoeksveld 1.490 fte onderzoekers. Hun aantal is tot begin 2005 met 275 fte gegroeid tot 1.765. Bij de informaticagroepen (universiteiten + CWI) waren begin 2005 in totaal ongeveer 1.355 fte werkzaam. Bij de TMH-i-groepen waren begin 2005 in totaal ongeveer 410 fte werkzaam.

In het hele ICT-veld zijn de drie technische universiteiten belangrijke spelers. Van de 1.765 fte werkzaam in universitaire ICT-onderzoeksgroepen, is zo'n 950 fte (54%) verbonden aan de drie TU's. De TU-dominantie is iets minder groot in de informatica, waar ze ongeveer 40% van de circa 1.355 fte informaticaonderzoekers huisvesten.

De omvang van de technologische instituten is in deze periode bijna verdubbeld. Dit komt door de overname van circa 210 fte KPN Research door TNO ICT. Dit instituut telt nu ongeveer 420 fte en neemt dus het overgrote deel van de onderzoeksinspanningen van de technologische instituten voor zijn rekening. ESI bestond in zijn huidige gedaante nog niet in 2000. De eigen onderzoeksstaf is (bewust) klein. De benodigde onderzoekscapaciteit wordt bij anderen (met name de universiteiten) 'ingekocht'. Het TI heeft een vergelijkbare werkwijze.

6.4 Knelpunten

Onderwijs

Het aantal eerstejaars studenten in universitaire informaticaopleidingen (informatica, technische informatica, kunstmatige intelligentie en informatiekunde) is na een piek van 1.400 in 2001/2002 teruggelopen naar 1.190 in 2003/2004.

Het totaal aantal informaticastudenten is in dezelfde periode licht gegroeid van 6.220 tot 6.480. Dit is de nawerking van de hogere instroom rond de millenniumwisseling. Maar nu de instroom daalt, zal ook het totaal aantal studenten gaan dalen. Er ontstaat geen dramatisch ander beeld wanneer we kijken naar de instroom van een andere voor ICT relevante richting, de opleiding elektrotechniek. De impact van het licht gestegen aantal eerstejaars (sinds 2001/2002 van 330 naar 370) op de omvang van de eerste geldstroom zal ook daar gering zijn.

Een stafmedewerker informatica verzorgt voor gemiddeld 23 studenten onderwijs. In het gunstigste geval is de staf-student-ratio 1:13, maar 1:42 komt ook voor.⁴⁴ Stafmedewerkers aan de opleidingen natuur- en sterrenkunde en technische natuurkunde leiden daarentegen gemiddeld 11 studenten op, met 6 als ondergrens en 16 als bovengrens.⁴⁵ Het verbaast dan ook niet dat de beschikbare onderzoekstijd voor een ICT-onderzoeker in vaste dienst gemiddeld 25% lager is dan in andere disciplines.⁴⁶

Middenkader

Behalve de voor een bètastudie relatief hoge onderwijsvraag is er nog een factor die de onderzoekscapaciteit beperkt, namelijk het relatief geringe aantal universitair docenten en hoofddocenten (ud's en uhd's). In de totale Nederlandse universitaire populatie hebben u(h)d's een aandeel van 31%.⁴⁷ In de ICT-groepen is hun aandeel slechts 21%.⁴⁸ Het middenkader is niet alleen smal, het bestaat ook voor 90% uit mannen. Het vrouwelijk onderzoekspotentieel wordt dus zwaar onderbenut. Typierend is dat zich onder de 175 ICT-hoogleraren slechts vijf vrouwen bevinden. De grote uitval vindt echter al eerder plaats, namelijk tussen postdoc- en ud-positie.

Salarissen

De salarissen voor aio's en postdocs zijn gestegen. De vergoeding die NWO betaalt voor postdoc-posities is tussen 2001 en 2005 met ongeveer 20% toegenomen, voor aio-posities zelfs met bijna 30%. Het aantal financierbare posities neemt dus minder hard toe dan het geval zou zijn geweest bij minder snel stijgende salarissen.

44 Onderwijsvisiting Informatica. VSNU, Utrecht, september 2002.

45 Onderwijsvisiting Natuur- en Sterrenkunde. VSNU, Utrecht, september 2002.

46 Zie onderzoeksvisiting. De opgegeven inzet komt gemiddeld uit op 0,3 fte onderzoek bij een volledige aanstelling. De VSNU hanteert als gemiddelde voor alle wetenschapsgebieden 0,4 fte.

47 Namelijk 6.894 fte op een totaal van 22.522 fte. Zie VSNU branchecijfers 2003, <http://www.vsnunl.nl> > cijfers > branchecijfers > personeel.

48 Namelijk 375 fte op een totaal van 1.764 fte. Zie bijlage 4.

Matching

Grote financieringsbronnen als de Bsik-regeling eisen dat een deel van de eerste geldstroommiddelen wordt ingezet als eigen bijdrage (*matching*) in onderzoeksprogramma's die een relatief korte looptijd hebben en die gericht zijn op toegespit onderzoek. Enige koppeling tussen de financiering uit de verschillende geldstromen is gewenst om focusering van onderzoeksinspanningen te bewerkstelligen, maar het is duidelijk dat hieraan grenzen zijn. Ongeveer M€ 125 Bsik-subsidies voor ICT-onderzoeksgroepen betekent dat er in principe ook M€ 125 aan eerste geldstroomgeld wordt onttrokken aan het langjarige, fundamentele onderzoek. In een zich nog ontwikkelend wetenschapsgebied als ICT kunnen dergelijke subsidieprogramma's, paradoxaal genoeg, leiden tot vertraging en verzwakking, omdat de basis, het fundamentele onderzoek, uitgehold wordt.

Intelligente wapens

Een pistool dat zelf kan beoordelen of zijn gebruiker geautoriseerd is om het af te vuren: dat is de inzet van de onderzoeksgroep van Raymond Veldhuis (UT). De aanpak is gebaseerd op biometrie, het gebruik van unieke lichaamskenmerken om een persoon te identificeren. 'De hand van de gebruiker laat, bij het vastpakken van het wapen, een uniek drukpatroon achter', legt Veldhuis uit. 'Op basis hiervan kan het wapen de gebruiker identificeren en zal het alleen werken als deze identificatie succesvol is.' Uiteindelijk moeten er meerdere drukpatronen aan een wapen toegewezen kunnen worden: voor de linker- en rechterhand, wanneer de hand een handschoen draagt en wanneer er wordt samengewerkt met geautoriseerde collega's. Veldhuis: 'Onze belangrijkste onderzoeksvraag is: is handgreep een goede biometrie en zo ja, hoe is deze toe te passen?' Verschillende ICT-disciplines spelen een rol. Patroonherkenning voor de ontwikkeling van software voor biometrische herkenning. Sensortechnologie voor het ontwikkelen van druksensoren die op het wapen worden aangebracht. En security, bijvoorbeeld om de opslag van biometrische gegevens te beveiligen.

Volgens Amerikaans onderzoek is 16% van de agenten die bij de uitoefening van hun beroep zijn gedood, neergeschoten met het eigen pistool. Het Korps landelijke politiediensten (KLPD) is dan ook bijzonder geïnteresseerd in de resultaten van dit onderzoek.

7 Middelen voor de verwezenlijking van de ambities

7.0 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is het huidige ICT-onderzoeksveld in kaart gebracht. Daaruit is gebleken dat in dit veld begin 2005 in totaal 1.765 fte met een onderzoekstaak werkzaam waren, waarvan zo'n 630 in vaste dienst.⁴⁹ Het veld wordt geleid door 175 vol- en deeltijd hoogleraren.

In de hoofdstukken 2, 3, 4 en 5 heeft het onderzoeksveld zijn inhoudelijke visie voor de komende vijf jaar ontvouwd op de kansrijke ontwikkelingen in het onderzoek en de computerinfrastructuur die daarbij hoort. Deze visie leidt tot de volgende doelstellingen voor het ICT-onderzoek in de komende jaren:

- 1 Kennis overdragen: naar andere wetenschapsgebieden, bedrijfsleven en andere maatschappelijke partijen.
- 2 Een vooraanstaande rol spelen in internationale competities.
- 3 Nieuwe informatie- en communicatietechnologie ontwikkelen.
- 4 Excellent onderzoek doen.

Hoe verhouden deze doelen zich tot de positie van de ICT-sector in het algemeen en van het ICT-onderzoeksveld in het bijzonder? Deze vraag wordt beantwoord door middel van een analyse van de sterktes en zwaktes, en de kansen en bedreigingen van het ICT-veld (paragraaf 7.1). Op basis van deze analyse wordt in dit hoofdstuk een optimistisch en een pessimistisch toekomstbeeld geschetst (paragraaf 7.2). Paragraaf 7.3 ontvouwt de strategie om het sombere toekomstbeeld te ontwijken en het optimistische na te streven. Paragraaf 7.4 sluit af met een samenvattend overzicht van de beoogde effecten van het beleid.

7.1 Analyse van sterktes en zwaktes, kansen en bedreigingen

Sterktes ICT in Nederland

- S1 Nederland heeft een kwalitatief goede positie in ICT-onderzoek.⁵⁰
- S2 35 M€/jaar in lopende subsidies tot 2009 (bijlage 5).

⁴⁹ Het gaat hier dus om de ICT-onderzoekers die gefinancierd worden uit (semi-)publieke middelen en die zijn aangesteld bij een universiteit of het onderzoeksinstituut CWI. Zie ook paragraaf 6.4

⁵⁰ *Internationale ICT-toets 2002*, Ministeries van Economische Zaken, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Financiën, Justitie, Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, november 2002

- S3 Prima ICT-infrastructuur: SURFnet en NCF (zie hoofdstuk 5).^{51,52}
- S4 ICT-onderzoek is aanhoudend thema overheid.^{53,54,55}
- S5 Nederlands bedrijfsleven is sterk in hardware en communicatietechnologie.⁵⁶
- S6 ICT-sector besteedt meer dan een derde van het private R&D-budget.⁵⁷
- S7 Nederland heeft een sterke positie in de creatieve industrie en high tech-systemen.⁵⁸
- S8 Structurering en coördinatie ICT-onderzoeksveld door en via NWO EW en STW.
- S9 Kennisketen afgedekt met universiteiten, NWO, SenterNovem, TNO, TI en ESI.
- S10 Coördinatie over hele kennisketen via ICTRegie.^{51, 59}
- S11 Via de activiteiten t.b.v. NOAG-ict is gestart met 'community-building'.
- S12 Veelvuldige participatie van Nederland in Europees IST-programma (42% van de projecten).⁵¹

Zwaktes ICT in Nederland

- Z1 Het totale volume van wetenschappelijk ICT-onderzoek is te gering en bepaalde ICT-onderzoeksgroepen hebben een subkritische omvang.^{51, 56, 59, 60} (hoofdstuk 6).
- Z2 ICT-onderzoek scoort minder vaak excellent dan andere exacte wetenschappen.⁶¹
- Z3 Suboptimale studentbegeleiding door hoge staf-student-ratio (hoofdstuk 6).⁶¹
- Z4 Dalende instroom studenten in ICT-studierichtingen, daardoor geringe aanwezigheid van Nederlandse potentiële promovendi (zie hoofdstuk 6).
- Z5 Te weinig R&D-activiteiten bij softwarebedrijven, daardoor beperkte samenwerking met informaticaonderzoekers.^{51, 62, 63}
- Z6 Veel bedrijven nemen deel aan slechts één ICT-onderzoeksproject. Er is vooral gelegenheidssamenwerking tussen universiteiten en bedrijfsleven.⁵¹
- Z7 Slechte vraagarticulatie van bedrijfsleven aan ICT-onderzoek.⁵¹
- Z8 Te weinig voorlopende bedrijven, lage private R&D-uitgaven.^{51,57}
- Z9 Deelname in Europese IST-programma ligt onder het gemiddelde.⁵¹

51 Actieplan Concurrenieren met ICT-Competenties; Regie en rendement in de ICT-kennisketen, Ministerie van Economische Zaken, mei 2004

52 GigaPort Highlights SURFnets: het netwerk belicht, SURFnet bv, juli 2002

53 Innovatiebrief: In actie voor innovatie, Ministerie van Economische Zaken, oktober 2003

54 Wetenschapsbudget 2004, Focus op excellentie en meer waarde, Minister van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, november 2003

55 Rijksbrede ICT-agenda 'Beter presteren met ICT', Minister van Economische Zaken, Minister voor Bestuurlijke Vernieuwing en Koninkrijksrelaties en Staatssecretaris van Cultuur en Media, februari 2004

56 Samen, strategischer en sterker. Rapport van de Taskforce ICT-en-kennis (Taskforce Le Pair). Den Haag, juli 2001

57 De Digitale Economie 2004, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg / Heerlen, ISBN 90-357-2866-1, 2005

58 Voorstellen Sleutelgebieden-aanpak, Innovatieplatform, Den Haag, 4 oktober 2004

59 Focus en Massa; Visie ICT-Forum; Editie 2004, ICT-Forum, Den Haag, november 2004

60 Innoveren door ICT; Visie ICT-Forum; Editie 2003, ICT-Forum, Den Haag, mei 2003

61 Assessment of Research Quality: Computer Science, Qanu, Utrecht, mei 2004

62 ICT-scan 2001: Universitaire ICT-kennis in Nederland. Van contacten naar contracten, OCW, Den Haag (TNO-rapport STB-01-46), november 2001

63 ICT scan 2003: Universitaire ICT-kennis en kennistransfer in Nederland 2000-2002, OCW, Den Haag (TNO-rapport STB-04-08), april 2004

Kansen

- K1 Sterke positie Nederlands onderzoek (en bedrijfsleven) op onderwerpen van volgende generatie computer (hoofdstuk 3).
- K2 Ook de komende jaren bieden de Nederlandse overheid (FES, Smartmix) en de Europese Unie financiële stimuleringsmogelijkheden.
- K3 Doorgaande ontwikkeling van technologie volgens wet van Moore.^{56,59}
- K4 ICT biedt grote innovatiekansen voor bedrijfsleven.^{59,64,65,66}
- K5 Vroeg inspringen op nieuwe ontwikkelingen levert grootste profijt.^{56,66,67}
- K6 ICT belangrijk onderwerp in KP7 van de EU.

Bedreigingen

- B1 Tekort aan hoogopgeleide mensen voor bedrijfsleven en onderzoek.
- B2 VS investeert meer in ICT en ICT-onderzoek.^{64,65}
- B3 Landen als China en India zijn bezig met een inhaalslag op technologiegebied.
- B4 Meer concurrentie uit het Verre Oosten op hoogwaardige, arbeidsintensieve productie.
- B5 VS heeft een ijzersterke positie in de software- en computerindustrie.

7.2 Twee toekomstbeelden

Wat is er mogelijk wanneer kansen worden gekoppeld aan sterktes? Wat gaat er mis wanneer bedreigingen inwerken op zwaktes? Als antwoord op deze vragen schetst deze paragraaf twee toekomstbeelden: een optimistisch en een somber beeld. Toekomstbeelden zijn geen voorspellingen, maar illustraties van mogelijke gebeurtenissen, die prikkelen tot het uitdenken van een geschikte strategie. De codes tussen haakjes verwijzen naar de punten in de vorige paragraaf.

7.2.1 Optimistisch toekomstbeeld: de computer van de toekomst – Dutch design

Door de voortgaande technologieontwikkeling ziet de volgende generatie computers er volledig anders uit dan de bestaande. ‘Nieuwe’ ICT is doorgedrongen tot de sleutelgebieden en brengt grote innovaties tot stand (K3-K4-S7). High tech-systemen staan centraal in de toekomst van de computer en Nederland is daar sterk in. De creatieve industrie profiteert optimaal van multimedia en grids (K1-K3-S1). De afdekking van de hele kennisketen zorgt ervoor dat het bedrijfsleven op het juiste moment op nieuwe ontwikkelingen kan inspelen (S9-K5). Dit wordt versterkt door de uitstekende ICT-infrastructuur, de lopende subsidies en de

⁶⁴ Werkdocument 125: *ICT en de Nederlandse economie; een historisch en internationaal perspectief*, CPB, 18 mei 2000

⁶⁵ *De Digitale Economie 2003*, Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen, ISBN 90-357-26782, 2003

⁶⁶ *Intelligente Apparaten; een visie op embedded systemen voor Nederland*, Ministerie van Economische Zaken (ESI), november 2002

⁶⁷ *ICT Innovatie in Nederland*, Ministerie van Economische Zaken, CAP Gemini, Strategy Academy en Zenc, maart 2004 en *ICT als enabler voor innovatie in Nederland: Het benutten van de innovatie-as*, Innovatieplatform, februari 2005

aanhoudende aandacht van de overheid (S2-S3-S4). De sterkte van het ICT-onderzoeksveld en de landelijke ICT-regie zorgen ervoor dat ICT-onderzoek goed scoort in tal van nationale en Europese stimuleringsregelingen (S10-S11-K2-K6), zoals het zevende kaderprogramma. De ICT-gemeenschap gaat zelf over tot krachtenbundeling en werkt actief samen met NWO EW en STW om te komen tot vergroting van focus en kritische massa (S8). NWO EW en STW worden daartoe financieel in staat gesteld door ICTRegie. Doordat ICTRegie, SenterNovem, NWO EW en STW hun krachten bundelen, wordt de valorisatie van onderzoeksresultaten actief vormgegeven (S9-S10-K4). Om de kennisdoorstroom te bevorderen ontwikkelen de universiteiten, hogescholen en de industrie met elkaar interactieve onderwijsmodules. Universiteiten leggen zich toe op 'train de trainer'-concepten. Voor het midden- en kleinbedrijf worden specifieke, regionale kennisoverdrachtprocessen gestart. De sterke kennispositie van Nederland op het gebied van ontwerpmethodologie geeft Nederland een koppositie in het ontwerp van nieuwe systemen (S2). Buitenlandse bedrijven vestigen zich daarom eerder in Nederland en/of laten hun R&D in Nederland uitvoeren (K1-K5). Nieuwe bedrijfjes worden opgericht. Dit leidt tot een sterkere aantrekkingskracht op studenten en vraag naar nieuwe competenties.

7.2.2 Somber toekomstbeeld: de ark van Noag gemist

Nederland kan niet mee met de ICT-ontwikkelingen door gebrek aan slagkracht (B2-B5-Z1). Arbeidsintensieve taken verdwijnen naar het Verre Oosten. De grote ICT-multinationals uit de VS blijven het aanbod bepalen door gebrek aan innovatie in Nederland. Dit komt door geringe vraag naar kennis van bedrijven in combinatie met het kleine aanbod dat het publiekgefinancierde onderzoek kan bieden, waardoor de samenwerking tussen bedrijfsleven en universiteiten niet van de grond komt (B4-B5-Z1-Z5-Z7). Hierdoor zal de deelname van Nederland in het zevende kaderprogramma van de Europese Unie onder de maat blijven (Z9). Het onderzoeksveld verzwakt door innerlijke verdeeldheid en door het negeren van landelijke coördinatie. De bestuurlijke en financiële positie van NWO EW en STW raakt daardoor ondergraven. De politiek verliest haar belangstelling voor ICT-onderzoek, omdat het te weinig meerwaarde oplevert. Onderzoek in het Verre Oosten overvleugelt het Nederlandse onderzoek zowel in kwantiteit als kwaliteit. De weinige resterende innovatieve bedrijven trekken weg uit Nederland door gebrek aan geschikt personeel (Z8-B1). De aanwas van hooggekwalificeerde ICT-werkers blijft achter door de grote werkbelasting van onderwijspersoneel (B1-Z3-Z4). Het toenemende gebrek aan nationale instroom van studenten leidt er niet alleen toe dat de ICT-industrie afkalft, maar ook dat de andere industriële sleutelgebieden in Nederland onvoldoende de juiste ICT-competenties kunnen aantrekken (B1-B5). Door de geringe capaciteit van het ICT-onderzoeksveld staat de samenwerking met andere wetenschapsdisciplines op een laag pitje. Doorbraken en innovaties die het moeten hebben van multi- en interdisciplinaire samenwerking blijven achter bij de maatschappelijke behoefte.

7-3 Strategie: met vaste hand de kansen grijpen

Het optimistische toekomstbeeld laat zien dat er volop potentieel is om waarde te creëren. Uit het sombere toekomstbeeld wordt echter duidelijk dat het ook makkelijk mis kan gaan. Niet alleen komt er geen waarde bij, bestaande waarde wordt zelfs afgebroken. Het is dus zaak om een proactieve strategie in te zetten, die, de valkuilen uit het sombere toekomstbeeld ontwijkend, het onderzoeksveld naar realisatie van het optimistische toekomstbeeld leidt. Hiertoe moet worden ingezet op de volgende vier strategieën:

- A Versterken samenwerking.
- B Creëren van nieuwe ICT-opties voor maatschappij en economie.
- C Verdiepen onderzoeksinspanningen.
- D Inlopen achterstanden.

Hoewel alle vier strategieën bijdragen aan realisatie van elk van de doelen, hebben de strategieën wel een voorkeursrichting. De samenhang tussen doelen, strategieën en subsidie-instrumenten wordt weergegeven in figuur 4.

- In het centrum staan de vier doelen. Dit is waar de komende jaren de aandacht van het ICT-onderzoeksveld zich op zal focuseren.
- Eromheen staan de vier strategieën. Dit zijn de activiteiten die de ICT-onderzoekers zullen ontplooiën om de doelen te bereiken.
- De verbinding tussen strategieën en doelen wordt gevormd door de subsidie-instrumenten. Deze geven aan wat voor soort activiteiten ontplooid moeten worden om de gestelde doelen te bereiken.

Figuur 4 De verhouding tussen doelen, strategieën en subsidie-instrumenten



In de volgende vier paragrafen worden de strategische acties toegelicht en geconcretiseerd. Bij elke strategie wordt ook een indicatie gegeven van het benodigde bedrag om de strategie succesvol te kunnen uitvoeren. Dit bedrag wordt ‘reëel en haalbaar’ genoemd. ‘Reëel’ omdat bij een kleinere omvang de impact te gering zal zijn om meetbare resultaten op te leveren; ‘haalbaar’ omdat de inschatting is dat het veld dit bedrag goed zal kunnen absorberen. De onderbouwing wordt gegeven in paragraaf 7.4. De genoemde bedragen zijn steeds structureel, in 2010 te bereiken.

Subsidie-instrumenten

Er bestaan eigenlijk maar vijf categorieën van subsidie-instrumenten:

Subsidie voor	Omschrijving	Voorbeelden
Projecten	Het projectidee en de aanpak staan centraal. Projectcompetities zijn meestal ‘open’ = er zijn geen thematische randvoorwaarden.	<ul style="list-style-type: none"> – NWO EW: Open Competitie – NWO en SenterNovem: Casimir – STW: Open Technologie Programma, Valorisation Grants
Talent	De kwaliteit van de onderzoeker staat centraal, vaak in combinatie met de originaliteit van het projectidee. Meestal geen thematische randvoorwaarden.	<ul style="list-style-type: none"> – NWO: Vernieuwingsimpuls – NWO EW: MEERVOUD, HEFBOOM
Programma's	Meerdere projecten die thematisch met elkaar samenhangen. Competities binnen programma's hebben daarom thematische randvoorwaarden.	<ul style="list-style-type: none"> – ‘Monodisciplinair’: GLANCE, VIEW – ‘Hybride’: PROGRESS, JACQUARD, Sentinels, STEVIN, GenCom – ‘Multidisciplinair’: CATCH, BMI
Centra	Grote clusters van onderzoekers, die samenwerken binnen één of meer samenhangende thema's.	<ul style="list-style-type: none"> – Genomics-zwaartepunten en innovatieve clusters – Chemie: innovation labs – Technologische Top Instituten – SenterNovem: Innovatieve Samenwerking – Bsik-consortia
Investeringsen	Aanschaf van instrumenten, apparatuur, software, (grote) databestanden.	<ul style="list-style-type: none"> – NWO Middelgroot – NWO Groot – Bijdragen NCF

In principe is alles wat men in het onderzoek wil stimuleren te bereiken met de inzet van (een combinatie van) deze vijf instrumenten. Door te variëren met de beoordelingscriteria is ieder instrument op maat te snijden voor specifieke behoeften. Zo kan het instrument ‘programma’ worden ingezet om de samenwerking met het bedrijfsleven te bevorderen door toevoeging van het criterium ‘actieve participatie bedrijfsleven’, zoals in de programma’s PROGRESS en JACQUARD gebeurt. Voor centrumsubsidies kan bijvoorbeeld ‘internationale zichtbaarheid’ een criterium zijn. Door de systematische inzet van subsidie-instrumenten kan in een paar stappen ‘focus’ en ‘massa’ in een wetenschappelijk (deel)gebied worden aangebracht.

- Het succes van een aantal (kleine, exploratieve) projecten trekt de aandacht. Dit kan een reden zijn om te verkennen of een bepaald (deel)gebied rijp is voor verdere ontwikkeling.
- Die verdere ontwikkeling vindt plaats in onderzoeksprogramma’s: hierin is ruimte om iets grotere projecten te financieren, zodat zich zwaartepunten gaan aftekenen in het onderzoekslandschap.
- Centrumsubsidies zorgen voor de permanente vestiging van grote onderzoeksgroepen of netwerkinstituten op belangrijk geachte onderzoeksgebieden. De onderzoekers/instellingen die een centrumsubsidie verwerven, zijn de leiders op hun (deel)gebied met grote (inter)nationale zichtbaarheid. Centrumsubsidies zijn het sluitstuk van het subsidie-instrumentarium.

NWO EW en STW beschikken over een compleet portfolio op het gebied van subsidie verlening aan onderzoeksgroepen. Samen met de subsidie-instrumenten van SenterNovem dekken zij zo, niet de hele, dan toch het overgrote deel van de kennisketen af.

7.3.1 Versterken samenwerking

ICT is dé innovatiemotor. De centrale opgave voor de komende jaren is deze motor op een hoger toerental te laten draaien. Samenwerking is daarvoor de aangewezen strategie, met het doel de kennisoverdracht te optimaliseren en een goede deelname aan internationale competities (bijvoorbeeld KP7) te realiseren.

Het ICT-Forum introduceerde in zijn Visie editie 2003 het begrip ‘netwerkinstituut’ voor samenwerkingsverbanden met de volgende karakteristiek: ‘Netwerkvorming en het functioneren van een innovatienetwerk worden sterk bevorderd wanneer er een erkend knooppunt is, een themagebonden R&D-kern, waar contacten worden gelegd en onderhouden, de weg wordt gewezen, wordt gestuurd en gecommuniceerd. Zo’n knooppunt ligt bij voorkeur geografisch en organisatorisch in het voor zo’n netwerk meest relevante onderzoekscentrum’.

Netwerkinstituten bestaan nu al in verschillende gedaantes, met ook een heel verschillende financiering en omvang: Bsik-consortia, Technologische Topinstituten, (landelijke) onderzoeksscholen. Er is dus op een aantal gebieden al

enige focus ontstaan. Het komt er de komende jaren op aan dynamiek en massa toe te voegen. De dynamiek ontstaat door het gebruik van VICTOR, de ‘virtuele ICT-onderzoeksruimte’ (zie paragraaf 2.4). VICTOR is de combinatie van de negen toepassingsgebieden van ICTRegie met de negen NOAG-ict-thema’s. De toepassingsgebieden hebben behoefte aan een geïntegreerde aanpak waarbij de NOAG-ict-thema’s gericht kunnen worden op generieke ondersteuning ervan. ICTRegie kiest in samenspraak met relevante partijen, zoals SenterNovem en brancheorganisatie ICT-Office, en op basis van verkenningen van de maatschappelijke vraag welke elementen van VICTOR prioriteit dienen te krijgen. Massa ontstaat door op essentiële koppelingen tussen toepassingen en NOAG-ict-thema’s netwerkinstellingen te vestigen.

Wat moet er gebeuren?

Nieuwe of bestaande samenwerkingsverbanden aanmoedigen de ambitie te hebben om:

- een netwerkinstituut te vestigen op één van de prioriteitgebieden;
- met het netwerkinstituut hoog te scoren in internationale competities.

Wat kan het onderzoeksveld zelf doen?

- Het veld heeft zich de afgelopen jaren goed georganiseerd: onderzoeksinhoudelijk in coherente onderzoeksinstituten, onderzoeksscholen en in Bsik-consortia, bestuurlijk in door NWO en STW ondersteunde lichamen als de Adviescommissie Informatica (ACI) en het Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN). Met de publicatie van deze onderzoeksagenda voor het héle ICT-onderzoeksveld wordt de volgende stap gezet. Het IPN zal zich omvormen tot een platform dat namens alle ICT-onderzoekers kan spreken.
- Verdere versterking van de samenhang tussen de I-, C- en T-onderzoeksgroepen, zodat de in Nederland beschikbare kennis optimaal benut wordt. Dit gebeurt bijvoorbeeld in het NIRICT, het samenwerkingsverband van de ICT-groepen aan de drie technische universiteiten.
- Transparantie van het onderzoeksveld vergroten door middel van een (door IPN te onderhouden) database van hoogleraren en uhd’s, met koppelingen naar hun homepages en de NOAG-ict-thema’s en disciplines waarin ze werkzaam zijn.
- Het onderzoeksveld richt zich ten behoeve van netwerkvorming op een geïntegreerde aanpak van NOAG-ict-thema’s versus applicatiegebieden.

Waarvoor is extra ondersteuning nodig?

- Selectie van netwerkinstituten op maatschappelijk of wetenschappelijk relevante gebieden.
- Beschikbaar stellen van administratieve en organisatorische ondersteuning van kansrijke Europese initiatieven; idem bij de uitvoering van gehonoreerde Europese projecten en netwerken.

Wat gaat het kosten?

Voor de uitvoering van deze strategie wordt het subsidie-instrument ‘Centra’ ingezet. Reëel en haalbaar is om in de komende vijf jaar op grond van een nationale competitie enkele netwerkinstituten te selecteren met een omvang van tussen M€ 5 en M€ 20 elk. Op jaarbasis is minimaal M€ 10 nodig.

Wat zijn de resultaten?

- Meer kennistransfer naar bedrijven door intensievere en langere contacten.
- Meer valorisatie, omdat de netwerkinstituten de massa hebben om hier werk van te maken.
- Bundeling van krachten in het ICT-onderzoeksveld.
- Netwerkinstituut wordt Europese speler.
- Verankering in de eerste geldstroom door afspraken over continuering activiteiten na afloop van de subsidieperiode (vergelijk afspraken die bij verstrekking van VICI-subsidies worden gemaakt).

Kennisdisseminatie en outreach

De resultaten van ICT-onderzoek zijn een onlosmakelijk deel van de kenniseconomie en van de samenleving als geheel. De NOAG-ict geeft aan op welke wijze het onderzoeksveld zich het beste kan organiseren en versterken zodat het de stevige onderzoeksbasis is voor alle snelle ontwikkelingen in de omgeving. Omzetting van kennis naar ‘kunde’ en ‘kassa’ (valorisatie) moet in een constante sterke beweging plaatsvinden om de ‘enabling’ rol van ICT-onderzoek voldoende te benutten.

Een eerste voorwaarde voor valorisatie is kennisdisseminatie. Kennis uit onderzoek dient overgedragen te worden naar de verschillende doelgroepen, zodat deze de kennis kunnen benutten:

- onderzoekers ICT-veld > peer to peer kennisvermeerdering;
- onderzoekers andere wetenschapsgebieden > e-science;
- maatschappelijke partijen > e-health, e-governance, e-culture, e-learning et cetera;
- innovatieve ICT-bedrijven > nieuwe ICT-producten en diensten;
- innovatieve afnemers van ICT-producten > nieuwe ICT-gebaseerde producten en diensten in andere sectoren.

In dit hoofdstuk wordt beschreven hoe de inzet van subsidie-instrumenten kan bijdragen aan het bereiken van de centrale doelstellingen van de NOAG-ict. Elk van deze subsidie-instrumenten heeft kennisdisseminatie als onmisbaar aspect. Dit varieert van lekensamenvattingen en gebruikerscommissies bij het instrument ‘projecten’ tot valorisatie-officers en onderzoekers die gepositioneerd worden in bedrijven of maatschappelijke instituties bij het instrument ‘centra’. Er zijn legio kennisdisseminatie-activiteiten die gebruikt kunnen worden om aan de behoeften van de verschillende doelgroepen te voldoen, zoals cursussen, voorlichtingsbijeenkomsten, demoprojecten, matchmaking-events, roadmaps, valorisation grants, symposia, avond masteropleidingen, bijeenkomsten via de Kamer van Koophandel et cetera.

Het is niet alleen belangrijk kennis concreet te benutten ten behoeve van nieuwe ICT-toepassingen, andere wetenschapsgebieden en bedrijvigheid. ICT-onderzoek verdient het ook om uitgedragen te worden als uitdagend en interessant richting andere doelgroepen. Deze activiteit wordt *outreach* genoemd. Met outreach worden die acties bedoeld die ondernomen worden om buiten de gebaande paden en de huidige eigen kring toegevoegde waarde te kunnen leveren. Vanuit de wetenschap is outreach een handreiking vanuit de kennisinstellingen naar de maatschappij. Om effectieve outreach te organiseren is het van belang om aan te sluiten bij de behoefte van specifieke doelgroepen. Daar zullen de outreach-activiteiten op afgestemd moeten worden, bijvoorbeeld publieksprijzen, train-de-trainer, magazines, publieksdagen, persberichten, websites en lesmateriaal. De belangrijkste doelgroepen en doelen zijn de volgende:

- primair onderwijs > belangstelling kweken voor exact en technisch, in het bijzonder ICT;
- voortgezet onderwijs > belangstelling uitbouwen met het oog op studie- en beroepskeuze;
- meisjes en vrouwen > meer wervende werking ICT-onderzoek voor deze specifieke ondervertegenwoordigde doelgroep;
- hoger en wetenschappelijk onderwijs > aantrekkelijker onderwijs, directer contact met vraagpartijen, minder uitval studenten;
- politiek en overheden > meer middelen voor ICT-onderzoek en -innovatie;
- bedrijfsleven > bevordering van bewustwording over mogelijkheden ICT-onderzoek en verbeterde vraagarticulatie

Bij de implementatie van deze NOAG-ict zullen zowel kennisdisseminatie als outreach verder worden geïntegreerd in het subsidie-instrumentarium van NWO EW en STW. Naar verwachting zal structureel 5% van het beschikbare budget hieraan worden besteed.

7.3.2 Creëren van nieuwe ICT-opties voor maatschappij en economie

De VICTOR (virtuele ICT-onderzoeksruimte) loopt over van opportuniteiten. VICTOR koppelt immers de maatschappelijk meest relevante gebieden (zoals geïdentificeerd door het Innovatieplatform en ICTRegie) aan het meest kansrijke onderzoek (zoals geïdentificeerd in de NOAG-ict-thema's). In samenspraak met potentiële gebruikers opportuniteiten omzetten in opties, daar gaat het om in 'Creëren van ICT-opties'. Daarmee draagt deze strategie bij tot het realiseren van de doelen 'nieuwe ICT ontwikkelen' en 'kennis overdragen'.

Wat moet er gebeuren?

Onderzoekers uitdagen om op de door ICTRegie en ICT-Office gekozen VICTOR-elementen risicovol onderzoek te doen dat nieuwe wegen naar toepassingen of producten opent.

Wat kan het onderzoeksveld zelf doen?

- Onderzoek aan de NOAG-ict-thema's laten richten door de applicatiegebieden.
- Strategie afstemmen met de technologische instituten TNO, Telematica Instituut en ESI.
- Uitwisseling van onderzoekers/medewerkers tussen universiteit en bedrijfsleven (bijvoorbeeld via Casimir).
- Gebruikers vanaf de eerste dag betrekken bij de opstelling van programma's en uitvoering van projecten.
- Communityvorming en kennisoverdracht een belangrijke plaats laten innemen in ieder project/programma.
- Bedrijfsstages opnemen in het studieprogramma.
- Samenwerken met relevante HBO-instellingen (HBO-lectoren) en andere partners in de kennisvalorisatieketen (TNO, GTI's, etc.).

Waarvoor is extra ondersteuning nodig?

- Onderzoeksprogramma's op terreinen waar zich beloftevolle ontwikkelingen voordoen, maar die nog niet duidelijk uitgekristalliseerd zijn. De programma's zijn bedoeld om een landelijke focus in het gebied aan te brengen en om (in competitie) de uitstekende groepen te identificeren. Het gaat om programma's volgens de 'PROGRESS/JACQUARD-formule': het bedrijfsleven en andere potentiële gebruikers zitten vanaf dag één met de onderzoekers aan tafel om gezamenlijk de richting van het programma te bepalen.
- Investerings in laboratoria, andere technische voorzieningen of engineeringactiviteiten om demonstrators en prototypes te bouwen die het voor niet-onderzoekers makkelijker maken de bruikbaarheid van (abstracte) onderzoeksresultaten in te schatten.

Wat gaat het kosten?

Voor de uitvoering van deze strategie worden de subsidie-instrumenten 'Programma's' en 'Investerings' ingezet. Reëel en haalbaar is om op jaarbasis M€ 7 beschikbaar te stellen voor programma's en M€ 5 voor investeringen. Met M€ 7 kan jaarlijks één nieuw programma gestart worden. Met het investeringsbedrag kunnen jaarlijks twee à drie laboratoria/demonstrators/ engineering-activiteiten gefinancierd worden.

Wat zijn de resultaten?

- Grote betrokkenheid van en nieuwe samenwerkingsvormen met bedrijfsleven en andere potentiële gebruikers door ‘PROGRESS/JACQUARD-formule’.
- Concurrentievoordeel door vroegtijdige identificatie en exploratie van beloftevolle gebieden (‘opties’).
- Constante ideeënuitswisseling door middel van stages, brainstormen en netwerkbijeenkomsten leidt tot goede interface tussen kennisinstellingen en bedrijfsleven.
- Eerste profilering van de beste groepen op deze gebieden.
- Meer en structurele contacten met HBO-lectoren, TNO, Telematica Instituut en ESI.
- Grote dynamiek door jaarlijkse competitie om middelgrote subsidies voor innovatieve ideeën.
- Betere implementatie van resultaten door aandacht voor engineering-activiteiten.

7.3.3 Verdiepen onderzoeksinspanningen

Excellent funderend ICT-onderzoek is de diesel van de innovatiemotor. Dit type onderzoek staat echter onder grote maatschappelijke en economische druk om op korte termijn met iets bruikbaar te komen. Er zijn weinig andere disciplines waarin deze druk in deze mate wordt gevoeld. De druk op de ICT-onderzoekers wordt nog vergroot door de groeiende belangstelling vanuit tal van toepassingsgebieden. De hoeveelheid ICT-onderzoek die nodig is om aan deze externe vraag tegemoet te komen, is enorm.

De ICT-wetenschapsdisciplines hebben ruimte nodig om zich te ontwikkelen. Zo constateert de Visitatiecommissie Informatica enerzijds: ‘The quality of computer science research in the Netherlands is generally good, often very good, and in some cases excellent’. Maar anderzijds merkt de commissie op dat zij ‘has seen relatively few attempts to achieve real breakthroughs by carrying out very risky research, without losing sight of applicability’.⁶⁸ Risicovol onderzoek, vaak gedaan in relatief kleine, exploratieve projecten van hoge kwaliteit is nodig om de doelen ‘nieuwe ICT ontwikkelen’ en ‘excellent onderzoek doen’ te realiseren. Onderzoek van dit type kan overigens heel goed toepassingsgericht van aard zijn, zoals de hoge kwaliteit van de projecten in het Open Technologie Programma van STW bewijst. Het is de innovatieve kracht die telt.

Wat moet er gebeuren?

Het in Nederland aanwezige onderzoekspotentieel uitdagen tot:

- ambitieus aan de slag gaan met de negen NOAG-ict thema’s;
- het doen van avontuurlijk ‘blue skies’-onderzoek;⁶⁹
- innovatief toepassingsgericht onderzoek verrichten.

⁶⁸ *Assessment of Research Quality: Computer Science*. Qanu, Utrecht, mei 2004.

⁶⁹ Vgl. aanbeveling 7 van de Visitatiecommissie Informatica.

Een intelligente kunst(her)kenner

Kunnen computers kunst herkennen? Kan de computer een vervalsing onderscheiden van een echt schilderij? Kan kunstmatige intelligentie een bijdrage leveren aan ons cultureel erfgoed? Met deze uitdagende onderzoeksvragen houdt Eric Postma (UM) zich samen met het Van Gogh Museum bezig.

Postma: ‘Computers hebben zich ontwikkeld tot ware kunstexperts. Al enige jaren geleden bleek de computer in staat om uit een verzameling schilderijen op basis van alleen de penseelstreek in 90% van de gevallen de identiteit van de schilder te herkennen.’ Om de echtheid van schilderijen met zekerheid te kunnen bepalen moeten de gebruikte technieken worden geperfectioneerd. ‘Wij analyseren kunstkenmerken zoals het gebruik van kleuren, compositie, herhaling van patronen en de penseelstreek. Met behulp van machine-learning technieken leert de computer visuele patronen herkennen. Uiteindelijk willen we deze ook op andere objecten uit het cultureel erfgoed kunnen toepassen, zoals in het archeologisch onderzoek op een scherf van een pot of munt.’

Na de publicatie van een artikel in de New York Times wordt de onderzoeksgroep overstelpt met vragen van eigenaars van een vermeende Van Gogh. Zij willen op basis van een digitale afbeelding weten of het om een echte of een vervalsing gaat. Postma: ‘De computer zal de kunstkenner nooit helemaal kunnen vervangen. Maar de technieken kunnen wel een objectieve en kwantitatieve ondersteuning vormen van het oordeel van de kunstkenner.’

Wat kan het onderzoeksveld zelf doen?

- Op dit vlak gebeurt al heel veel. Alle onderzoeksinstituten hebben interne kwaliteitsbewakingssystemen, waarin vaak ook beloningen zijn ingebouwd voor bijzondere prestaties.
- Het versterken en ondersteunen van een gezonde collegiale competitieve sfeer in het wetenschapsveld die onderzoekers uitdaagt het beste uit zichzelf te halen en op een zo hoog mogelijk internationaal niveau mee te draaien.
- Gebruikmaken van citatieanalyses en andere kwaliteitsindicatoren om de prestaties van de eigen onderzoeksgroep te evalueren.⁷⁰
- Meer publicaties in gezaghebbende en peer reviewed tijdschriften.
- Werken aan bewustwording rondom de waarde van intellectueel eigendom en innovaties eventueel vastleggen in octrooien.

Waarvoor is extra ondersteuning nodig?

- Voldoende middelen om alle excellente ICT-onderzoeksvorstellen in open competities (Open Competitie van NWO EW, Open Technologie Programma van STW) te kunnen honoreren.⁷¹

⁷⁰ Het onderzoeksinstituut CWTS ontwikkelt met steun van NWO een methodologie voor het uitvoeren van een betrouwbare citatieanalyse in het informaticaveld. Betrouwbare resultaten voor de informatica bestaan namelijk nog niet, omdat er in de standaardmethodes geen rekening wordt gehouden met verschillen in publicatiecultuur. Zo krijgt de onderzoeksgemeenschap een beter inzicht in haar positie in het mondiale veld. Resultaten worden verwacht voor het einde van 2005.

⁷¹ In de jaarlijkse Open Competitie van NWO Exacte Wetenschappen is de gemiddelde kwaliteit van de ingediende voorstellen hoog. Gemiddeld verwerft één derde van de ingediende voorstellen de kwalificatie ‘excellent’. Het is des te treuriger dat zo’n 20% van de excellente voorstellen moet worden afgewezen omdat er niet voldoende geld beschikbaar is.

Wat gaat het kosten?

Voor de uitvoering van deze strategie wordt het subsidie-instrument ‘Projecten’ ingezet. Reëel en haalbaar is om jaarlijks M€ 8 extra in te zetten (bovenop de reeds beschikbare projectruimte van NWO EW en STW. Deze bedroeg in 2001-2004 gemiddeld respectievelijk M€ 4 en M€ 6 per jaar.).

Wat zijn de beoogde resultaten?

- Meer en hogere posities in internationale rankings als CiteSeer.
- Geleidelijk oplopende citatiescores: verdere verbetering van de positie van het Nederlandse onderzoeksveld ten opzichte van de mondiale concurrentie.
- Meer ‘5’-scores bij internationale onderzoeksvisitaties.
- Creatie van een waardevolle portfolio van intellectueel eigendom.

7-3-4 Inlopen achterstanden

Innovatie komt niet vanzelf. Er is veel onderzoek voor nodig. Immers, slechts een deel van wat onderzocht wordt, leidt tot industrieel bruikbare resultaten. Een groot onderzoeksvolume vergroot niet per se de kans op succes. Daar is meer voor nodig, zoals uitvoering van de drie bovengenoemde strategieën. Maar andersom staat vast dat een te klein onderzoeksvolume innovatie ernstig belemmert. Het gaat erom voortdurend nieuwe competenties in het ICT-veld te ontwikkelen om in de kopgroep te komen of te blijven in de internationale wedren.

Daarnaast is massa nodig om mee te kunnen doen in internationale competities. Europese Networks of Excellence, bijvoorbeeld, bestaan meestal uit tientallen partners. Netwerken van 40 partners zijn geen uitzondering. Om een dergelijk netwerk van de grond te krijgen is een onderzoeker al gauw een jaar lang dag in dag uit bezig met rondreizen, vergaderen en voorstellen schrijven. Alleen groepen van een behoorlijke omvang kunnen zich een dergelijke risicovolle investering permitteren. Andere groepsleden moeten immers de onderzoeks- en onderwijstaken kunnen overnemen. En de kans dat het voorstel wordt gehonoreerd, is vaak niet meer dan 20%. Indien het voorstel wordt afgewezen, is de investering voor niets geweest. Gelet op de huidige gemiddelde grootte van een ICT-groep (zo’n 15 personen) is het geen wonder dat er op ICT-gebied nauwelijks Europese consortia zijn die vanuit Nederland worden geleid.

Een middenkader van ‘normale’ omvang heeft tal van voordelen:

- groter aantal senior onderzoekers dat contacten met het bedrijfsleven en andere maatschappelijke partijen kan onderhouden;
- meer mogelijkheden voor de vrouwelijke onderzoeker;
- betere spreiding onderwijstaak;
- mede daardoor meer onderzoekstijd per onderzoeker;
- beter human resource management door meer ruimte voor begeleiding van promovendi en postdocs;
- behoud van Nederlands toptalent door beter carrièreperspectief.

De vorming van grotere onderzoeksgroepen helpt om vrouwen te werven en vast te houden, zo blijkt uit onderzoek. Een reden te meer om te streven naar meer massa voor ICT-groepen. De NWO-gebieden Aard- en Levenswetenschappen, Chemische Wetenschappen en Exacte Wetenschappen stelden daartoe het MEERVOUD-programma in dat tot doel heeft meer vrouwelijke postdocs aan een vaste ud-positie te helpen. Het is duidelijk dat inzet hierop een zaak van lange adem is.

Tot slot bestaat er een groeiende belangstelling vanuit andere disciplines voor multidisciplinaire samenwerking met het ICT-veld. Hier liggen vele kansen voor de ontwikkeling van nieuwe competenties. Juist de resultaten van disciplineoverstijgend onderzoek zijn van groot belang voor bedrijven en andere maatschappelijke partijen. Bovendien is uit onderzoek bekend dat vrouwen een voorkeur hebben voor disciplineoverstijgend onderzoek. Inzet hierop kan dus als ‘gewenst neveneffect’ een wervende werking hebben op vrouwelijke onderzoekers.

De strategie ‘inlopen achterstanden’ draagt vooral bij aan het realiseren van de doelen ‘een vooraanstaande rol spelen in internationale competities’ en ‘excellent onderzoek doen’.

Wat moet er gebeuren?

De onderzoekscapaciteit van de ICT-groepen vergroten door:

- aanwezig potentieel (zittende staf) beter te benutten;
- nieuw potentieel te werven en te behouden door verbeteren carrièreperspectief, voor het middenkader in het algemeen en vrouwen in het bijzonder.

Wat kan het onderzoeksveld zelf doen?

- De onderzoeksscholen spelen al jaren een belangrijke en hooggewaardeerde rol in de opleiding en begeleiding van promovendi. Zij kunnen hun rol als scout van onderzoekstalent versterken.
- Structureler nadenken over carrièreperspectief van vrouwelijke onderzoekers. Uitwisseling van ‘best practices’ in het ICT-veld zelf en met andere bètawetenschappen.
- Personeelsbeleid aan de universiteiten voor ICT-onderzoekers beter vormgeven.

Waarvoor is extra ondersteuning nodig?

- Talentontwikkeling bijvoorbeeld via de Vernieuwingsimpuls, of een subsidievorm die het universiteiten mogelijk maakt excellente junior onderzoekers een ‘tenure track’ aan te bieden.
- Een subsidieprogramma specifiek gericht op excellente senior onderzoekers, dat het voor hen mogelijk maakt onderwijs- en andere taken voor een bepaalde tijd over te dragen, zodat zij meer tijd beschikbaar hebben voor onderzoek en de begeleiding van junior onderzoekers.
- Langdurig volhouden van programma’s als MEERVOUD.
- Disciplineoverstijgende onderzoeksprogramma’s.

Wat gaat het kosten?

Voor de uitvoering van deze strategie worden de subsidie-instrumenten 'Talent' en 'Programma's' ingezet. Reëel en haalbaar is om op jaarbasis M€ 5 beschikbaar te stellen voor talent en M€ 7 voor jaarlijks één nieuw programma. Met het bedrag voor talent kunnen jaarlijks een krappe tien subsidies worden verleend aan talentvolle onderzoekers (junior/senior, man/vrouw).

Wat zijn de resultaten?

- Door groeiend middenkader:
 - meer capaciteit om contacten met bedrijfsleven aan te gaan en te onderhouden;
 - toenemende onderzoekscapaciteit, want onderzoeksinzet per fte stijgt tot het gemiddelde VSNU-niveau;
 - wetenschappelijke productie neemt met 25% toe.
- Meer vrouwelijke onderzoekers.
- Hogere honoreringcijfers in nationale competities, zoals de Vernieuwingsimpuls.

7.4 Effect: de kansen gegrepen

In figuur 5 zijn nu, naast de doelen, strategieën en subsidie-instrumenten, ook de benodigde bedragen gezet. Ook is een apart bedrag voor outreach opgenomen, namelijk circa 5% van de subsidiekosten. Dit bedrag komt bovenop de bedragen per instrument.

Figuur 5 De verhouding tussen doelen, strategieën en subsidie-instrumenten, inclusief benodigde bedragen



Samenvattend

In bovenstaande paragrafen is onderbouwd langs welke strategische lijnen en met welke bijbehorende acties er moet worden ingezet om de doelstellingen van deze NOAG-ict te realiseren.

Het reële en haalbare scenario voorziet in een structurele versterking van het ICT-onderzoeksveld met M€ 45, te bereiken vanaf 2010. Met deze middelen kan de kritische massa van het veld worden uitgebouwd met 535 fte erbij, goed voor 440 fte onderzoek. Een opbouw nú is urgent vanwege de vele kansen die er liggen om de ICT-innovatiemotor beter te laten draaien, maar ook om het gat op te vangen dat zal ontstaan door de over enkele jaren aflopende Bsik-consortia. Bovendien zal bij de opbouw het accent, in tegenstelling tot bij de Bsik-consortia, kunnen liggen op de versterking van het middenkader, zoals te zien is in tabel 8.

Tabel 8 De effecten van het reële en haalbare en scenario

	Situatie 2005	Reëel en haalbaar	
Omvang in M€	115	+40	155
Hoogleraren	175	+25	200
U(h)d's	375	+325	700
Overig wp	180	+50	230
Postdocs	285	+85	370
Promovendi	750	+50	800
Totaal fte pers.	1765	+535	2300
Totaal fte oz.	1000	+440	1440

Op hoofdlijnen zal in de volgende prioritaire strategische activiteiten worden geïnvesteerd.

- Centra/netwerkinstituten van verschillend formaat om samenwerking en onderzoek op diverse applicatiegebieden te bevorderen. Benodigde middelen M€ 10/jr.
- Programma's voor het ontwikkelen van nieuwe ICT-opties en nieuw onderzoekspotentieel. Benodigde middelen M€ 14/jr.
- 'Talent' voor het versterken van excellent onderzoek, excellente onderzoekers en hun carrièreperspectief. Benodigde middelen M€ 5/jr.
- Projecten voor het stimuleren van excellent onderzoek en het detecteren en laten bloeien van nieuwe ICT-opties. Benodigde middelen M€ 8/jr.
- Investerings voor het uitbouwen en benutten van de Nederlandse voor­sprong op het gebied van computingfaciliteiten en grids, alsmede voor de ontwikkeling van demonstrators, virtuele werkplaatsen en dergelijke. Benodigde middelen M€ 5/jr.

Kennisdisseminatie en 'outreach' maken een integraal en significant deel van uit van alle activiteiten. Benodigde middelen M€ 3/jr.

Met deze investering komt het veld in totaal op 2.300 fte, met een onderzoekscapaciteit van 1.440 fte. Dit is nog steeds minder dan de groei naar 1.700 fte die de Taskforce-ICT-en-Kennis (Taskforce Le Pair) al in 2001 urgent vond en bepleitte.⁷² De urgentie is dus groot om in ieder geval datgene wat reëel en haalbaar is uit te voeren. Met vaste hand.

72 Uitgaande van een wijdere definiëring van het ICT-onderzoeksveld bepleitte Le Pair een verdubbeling van de onderzoekscapaciteit van 1.200 naar 2.400 fte. Uitgaande van de ICT-definitie die in deze NOAG-ict gehanteerd wordt, gaat het om een verdubbeling van de onderzoekscapaciteit van 850 naar 1.700 fte.

Geraadpleegde (beleids)documenten

- *Actieplan Concurrenieren met ICT-Competenties; Regie en rendement in de ICT-kennisketen.* Ministerie van Economische Zaken, mei 2004.
- *Actieplan ICT en sectoren.* Ministeries van EZ, VWS, OCW, BZK, Justitie en V&W, in ontwikkeling.
- *Assessment of Research Quality: Chemistry and Chemical Engineering* VSNU, Utrecht, oktober 2002.
- *Assessment of Research Quality: Computer Science.* Qanu, Utrecht, mei 2004.
- *CPB-memorandum 63: CEP-op-maat ICT 2002-2004.* CPB, april 2003.
- *De Digitale Economie 2003.* Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen, ISBN 90-357-26782, 2003.
- *De Digitale Economie 2004.* Centraal Bureau voor de Statistiek, Voorburg/Heerlen, ISBN 90-357-2866-1, 2005.
- *Facilitating e-Science, Meerjarenplan 2005-2010* NCF, 2005.
- *Focus en massa. Visie ICT-Forum, editie 2004.* Den Haag, november 2004.
- *GigaPort Highlights SURFnet5: het netwerk belicht, SURFnet bv, juli 2002.*
- *ICT Innovatie in Nederland.* Ministerie van Economische Zaken, CAP Gemini, Strategy Academy en Zenc, maart 2004.
- *ICT-scan 2001: Universitaire ICT-kennis in Nederland. Van contacten naar contracten.* OCW, Den Haag (TNO-rapport STB-01-46), november 2001.
- *ICT-scan 2003: Universitaire ICT-kennis en kennistransfer in Nederland 2000-2002.* TNO-rapport STB-04-08, mei 2004.
- *Innovatiebrief: In actie voor innovatie.* Ministerie van Economische Zaken, oktober 2003.
- *Innoveren door ICT. Visie ICT-Forum, editie 2003.* Den Haag, mei 2003.
- *Intelligente Apparaten; een visie op embedded systemen voor Nederland.* Ministerie van Economische Zaken en ESI, november 2002.
- *Internationale ICT-toets 2002.* Ministeries van Economische Zaken, Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, Financiën, Justitie, Onderwijs, Cultuur en Wetenschap, november 2002.
- *Nationale Onderzoeksagenda Informatica 2001-2005.* IPN en ACI, Den Haag augustus 2001.
- *Nu Zorgen voor Morgen. ICT-onderzoek en gezondheidszorg.* ICT-Forum, Den Haag, november 2004.
- *Onderwijsvisie Informatica.* VSNU, Utrecht, september 2002.

- *Onderwijsvisiting Natuur- en Sterrenkunde*. VSNU, Utrecht, september 2002.
- *Quality Assessment of Research Mathematics and Computer Science at the Dutch Universities*.
VSNU-onderzoeksvisiting, Utrecht, september 1997.
- *Rijksbrede ICT-agenda 'Beter presteren met ICT'*.
Minister van Economische Zaken, Minister voor Bestuurlijke Vernieuwing en Koninkrijksrelaties en Staatssecretaris van Cultuur en Media, februari 2004.
- *Samen, strategischer en sterker*.
Rapport van de Taskforce ICT-en-kennis (Taskforce Le Pair). Den Haag, juli 2001.
- *Strategisch Plan 2006*. ICTRegie, concept mei 2005.
- *Thema's met Talent*. Strategienota NWO 2002-2005. Den Haag, mei 2001.
- *Universitaire ICT-kennis in Nederland. Van contacten naar contracten*.
OCW, Den Haag (TNO-rapport STB-01-46), november 2001.
- *Voorstellen Sleutelgebieden-aanpak*.
Innovatieplatform, Den Haag, 4 oktober 2004.
- *ICT en de Nederlandse economie; een historisch en internationaal perspectief*.
Werkdocument 125: CPB, 18 mei 2000.
- *Wetenschapsbudget 2004: Focus op excellentie en meer waarde*.
Minister van Onderwijs Cultuur en Wetenschap, november 2003.

Afkortingen

AB	Algemeen Bestuur (van NWO)
ACI	Adviescommissie Informatica (van NWO-gebiedsbestuur EW)
AFM	Algorithms and Formal Methods (thema NOAG-i 2001 – 2005)
aio	Assistent in opleiding (promovendus)
ALW	Aard- en Levenswetenschappen (NWO-gebied)
AMC	Academisch Medisch Centrum Universiteit van Amsterdam
ASCI	Advanced School for Computing and Imaging (onderzoeksschool)
AWT	Adviesraad voor Wetenschap en Techniek
BMI	Biomoleculaire Informatica (onderzoeksprogramma NWO-gebieden CW, ALW en EW)
Bsik	Besluit subsidies investeringen in de kennisinfrastructuur (investeringsregeling van het kabinet)
BRICKS	Basic Research in Informatics for Creating the Knowledge Society (Bsik-onderzoeksprogramma)
CATCH	Continuous Access To Cultural Heritage (Onderzoeksprogramma NWO-gebieden EW en GW)
CIC	Concurreren met ICT-thema's (beleidsnota EZ en OCW)
CLS	Computational Life Sciences (Onderzoeksprogramma NWO)
COBRA	Communication technology: Basic Research and Applications (toponderzoeksschool TU/e)
CS	Computational Science (EW-onderzoeksprogramma)
CTIT	Center for Telematics and Information Technology (onderzoeksinstituut UT)
CW	Chemische Wetenschappen (NWO-gebied)
CWI	Centrum voor Wiskunde en Informatica (onderzoeksinstituut NWO)
CWTS	Centre for Science and Technology Studies (UL)
D&I	Digitalisering en Informatisering (thema in Strategienota 2001 – 2005 NWO)
DIMES	Delft Institute of Microelectronics and Submicron Technology (onderzoeksschool en –instituut TUD)
EMC	Erasmus Medisch Centrum
ES	Embedded Systems (thema NOAG-i 2001 – 2005)
ESI	Embedded Systems Institute (onderzoeksinstituut)
EU	Europese Unie
EUR	Erasmus Universiteit Rotterdam
EW	Exacte Wetenschappen (NWO-gebied)
EZ	Ministerie van Economische Zaken
FBMT	Faculteit Biomedische Technologie TUE
FEL	Faculteit Elektrotechniek TUE
FEW	Faculteit der Exacte Wetenschappen VU
FEWI	Faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica TUD
FMT	Faculteit Technologie Management TUE

FOCUS	reinFORcing CompUter Science (onderzoeksprogramma NWO EW, 'open' gedeelte van BRICKS)
FPSSW	Faculteit der Psychologische, Pedagogische en Sociologische Wetenschappen RuG
FWI	Faculteit Wiskunde en Informatica TUE
FWN	Faculteit der Wiskunde en Natuurwetenschappen RuG
GenCom	Generieke Communicatie (IOP-programma)
GLANCE	GLobAl computer scieNCE (onderzoeksprogramma NWO EW)
GW	Geesteswetenschappen (NWO-gebied)
HEFBOOM	Hulp van Exacte wetenschappen voor inFormatica ten behoeve van Beter Onderwijs Onderzoek en Management (subsidieregeling NWO-EW)
ICES/KIS	Interdepartmentale Commissie Economische Structuurversterking - Kennisinfrastructuur
ICIS	Interactive Collaborative Information Systems (Bsik-onderzoeksprogramma)
ICS	Department of Information and Computing Sciences (onderzoeksafdeling UU)
ICT	Informatie- en communicatietechnologie
ICTRegie	Nationaal Regieorgaan voor ICT-onderzoek en -innovatie
IKAT	Institute for Knowledge and Agent Technology (onderzoeksinstituut UM)
ILLC	Institute for Logic, Language and Computation (onderzoeksinstituut UvA)
IMIX	Interactieve Multimodale Informatie eXtractie (NWO-onderzoeksprogramma)
I/O	I/O InformaticaOnderzoek, Magazine van het Informaticaonderzoek Platform Nederland
IOP	Innovatiegericht Onderzoeksprogramma (subsidieregeling van het Ministerie van Economische Zaken)
IPA	Institute for Programming Research and Algorithms (onderzoekschool)
IPN	Informaticaonderzoek Platform Nederland
IS	Intelligent Systems (thema NOAG-i 2001 – 2005)
IS	Innovatieve Samenwerking (subsidieregeling SenterNovem)
IST	User-friendly Information Society (thema binnen het 5de EU-kaderprogramma)
ISTAG	IST Advisory Group (adviesorgaan van de Europese Commissie inzake ICT)
ITEA	Information Technology for European Advancement (EUREKA-onderzoeksprogramma)
IvI	Instituut voor Informatica (onderzoeksinstituut UvA)
JACQUARD	Joint Academic and Commercial Quality Research & Development (NWO-onderzoeksprogramma)
KNAW	Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen

KP7	Zevende kaderprogramma van de Europese Gemeenschap voor activiteiten op het gebied van onderzoek, technologische ontwikkeling en demonstratie (2007 tot 2013).
LIACS	Leiden Institute of Advanced Computer Science (onderzoeksinstituut UL)
LOFAR	Low Frequency Array (geavanceerde radiotelescoop, wordt gebouwd met Bsik-subsidie)
LUMC	Leids Universitair Medisch Centrum
MaGW	Maatschappij- en Gedragwetenschappen (NWO-gebied)
MEERVOUD	Meer Vrouwelijk Universitair Docenten (subsidieprogramma NWO-gebieden EW, ALW en CW)
MM	Multimedia (thema NOAG-i 2001 – 2005)
MMI	Mens-machine Interactie (IOP-programma)
MSV	Modelling, Simulation and Visualization (thema NOAG-i 2001 – 2005)
MtC	Van Molecuul tot Cel (Onderzoeksprogramma NWO)
MultimediaN	Multimedia Netherlands (Bsik-onderzoeksprogramma)
NAP	Nationaal Actieplan Elektronische Snelwegen
NCF	NWO-stichting Nationale Computerfaciliteiten
NICI	Nijmegen Institute for Cognition and Information (onderzoeksinstituut RUN)
NIII	Nijmeegs Instituut voor Informatica en Informatiekunde (onderzoeksinstituut RUN)
NIRICT	Netherlands Institute for Research on ICT (samenwerkingsverband van de ICT-groepen aan de drie technische universiteiten)
NOAG-i	Nationale Onderzoeksagenda Informatica 2001 – 2005
NWO	Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
OC	Open Competitie (subsidieregeling NWO EW)
OCW	Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
OTP	Open Technologie Programma (subsidieregeling STW)
PDC	Parallel and Distributed Computing (thema NOAG-i 2001 – 2005)
PROGRESS	PROGrama for Research on Embedded Software and Systems (NWO-onderzoeksprogramma)
RuG	Rijksuniversiteit Groningen
RUN	Radboud Universiteit Nijmegen
RvR	Raad voor de Rechtspraak
SE	Software Engineering (thema NOAG-i 2001 – 2005)
SIKS	School for Information and Knowledge Systems (onderzoeksschool)
STARE	STAR E-science (onderzoeksprogramma NWO-EW)
STEVIN	Spraak- en Taaltechnologische Essentiële Voorzieningen In het Nederlands (Nederlands/Vlaams onderzoeksprogramma)
STW	Stichting Technische Wetenschappen (NWO-gebied)
TGS	Telematics Graduate School (inmiddels opgeheven onderzoeksschool UT)
TI	Telematica Instituut (technologisch topinstituut)

TTI	Technologisch Top Instituut
TMH	Telecommunicatie, Micro-elektronica en Hardware (afkorting gebruikt in NOAG-i en ICT-scan)
ToKeN	Toegankelijkheid en Kennisontsluiting in Nederland 2000 (NWO-onderzoeksprogramma)
TRANSUMO	TRansition SUstainable MObility (Bsic-onderzoeksprogramma)
TUD	Technische Universiteit Delft
TU/e	Technische Universiteit Eindhoven
u(h)d	universitair (hoofd)docent
UL	Universiteit Leiden
UM	Universiteit Maastricht
UMCU	Universitair Medisch Centrum Utrecht
UT	Universiteit Twente
UU	Universiteit Utrecht
UvA	Universiteit van Amsterdam
UvT	Universiteit van Tilburg
VI	Vernieuwingsimpuls (NWO-subsidieregeling)
VICTOR	Virtuele ICT-onderzoeksruimte (toepassingsgebieden * NOAG-ict-thema's)
VIEW	Visual Interactive Effective Worlds (onderzoeksprogramma NWO-EW)
VL-e	Virtual Laboratory for e-Science (Bsic-onderzoeksprogramma)
VROM	Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer
VSNU	Vereniging van Samenwerkende Nederlandse Universiteiten
VU	Vrije Universiteit
ZonMW	Zorgonderzoek Nederland/Medische Wetenschappen (NWO-gebied)

Bijlagen

I Proces en bijdragen

De NOAG-ict 2005-2010 is tot stand gekomen op basis van een open proces waarbij het volledige informatica- en ICT-onderzoeksveld betrokken is. Tijdens een groot aantal bijeenkomsten hebben ICT-onderzoekers in wisselende samenstellingen en vanuit verschillende invalshoeken gediscussieerd over inhoud en inrichting van de NOAG-ict. De voortgang van de discussie kon gevolgd worden op de IPN-website www.informaticaplatform.nl en in artikelen in het IPN-magazine I/O InformaticaOnderzoek. Nadat op 19 januari 2005 de negen NOAG-ict-thema's waren vastgesteld, zijn de themateksten uitgewerkt door negen experts, de zogenoemde thematrekkers. Over hun teksten kon worden meegediscussieerd op het digitale forum van de IPN-website. Tientallen mensen hebben van deze gelegenheid gebruik gemaakt. De teksten die dit heeft opgeleverd, vormen samen hoofdstuk 3 van deze NOAG-ict. Aan de tekst van alle andere hoofdstukken hebben velen een bijdrage geleverd. Het hele proces werd begeleid door de bureaus van NWO Exacte Wetenschappen en de technologiestichting STW. Daar vond ook de eindredactie plaats.

Artikelen in de Automatisering Gids

Paul Klint en Mark Kas gaven met een artikel dat op 28 mei 2004 in de Automatisering Gids verscheen, de aftrap voor de discussie over de NOAG-ict. In de daaropvolgende weken publiceerde de Automatisering Gids 21 reacties. Alle artikelen zijn te lezen op de IPN-website www.informaticaplatform.nl/news/discussie.

- Actieve onderzoekers missen steun, Jan Bergstra (UvA)
- Een grote onderzoeksschool informatica geen oplossing, John-Jules Meyer (UU)
- Effecten financieringssysteem rampzalig, Gerard van Oortmerssen (TNO Telecom)
- Agenda uitbreiden tot hele ICT, Jos Baeten (TU/e)
- Globale markt erkennen, Mark C. Hoogenboom (Provincie Groningen)
- Agenda moet karakter van programma krijgen, Paul 't Hoen (ICT-Forum)
- Ambitieuze projecten formuleren, Gert Florijn (CIBIT/SERC ICT-adviseurs)
- Informatica moet anticiperen op problemen van morgen, Maarten van Steen en Andrew S. Tanenbaum (VU)
- Informaticaonderzoek is ontwerponderzoek, Roel Wieringa (UT)
- Architectuuronderzoek moet nationaal thema zijn, Bestuur Nederlands Architectenforum
- Het loopt goed af, Paul de Graaf (VNO-NCW)
- Te veel 'marketing en sales', Kees van Hee (TU/e)
- Onderzoekagenda remt innovatief onderzoek, Bart Jacobs en Frits Vaandrager (RUN)

- Informatici moeten leiders worden, Jaap van den Herik (UM)
- NOAG-i mist architectuur, Jan Campschroer (Ordina Public Consulting)
- Lef, gezag en creativiteit, Appie Reuver (IBM Nederland)
- Juiste sturing, Albert Visser (UU)
- Onderzoeksagenda moet leiden tot daadkracht, Wil Janssen (TI)
- NOAG-i: industrie voelt zich niet aangesproken, Marco Kessler (AIA Software BV)
- NOAG-i is nuttig instrument, Jan Karel Lenstra (CWI en TU/e)

Artikelen in I/O InformaticaOnderzoek

Gedurende de totstandkoming van de NOAG-ict zijn in het IPN-magazine I/O InformaticaOnderzoek vier artikelen verschenen door Mark Kas over de stand van zaken en de voortgang van het proces. De artikelen zijn te lezen op de IPN-website www.informaticaplatform.nl/magazine.

- Informatica in beweging (juni 2004)
- Onderzoeksagenda vraagt integrale aanpak (september 2004)
- Eenheid in verscheidenheid (december 2004)
- Nieuwe horizons (maart 2005)

Bijeenkomsten

- 12 oktober 2004: Landelijke Dag van het Informaticaonderzoek in Utrecht
- 20 oktober 2004: discussiebijeenkomst vertegenwoordigers 'i' en 'ct' in Nieuwegein
- 9 november 2004: studiemiddag over een mogelijke KNAW-verkenning ICT
- 24 november 2004: discussiebijeenkomst 'ct'-onderzoekers in Veldhoven
- 19 januari 2005: discussiebijeenkomst vertegenwoordigers 'i' en 'ct' in Utrecht, leidend tot de gemeenschappelijke vaststelling van de negen NOAG-ict-thema's
- 1 februari 2005: Themadag Digitalisering en Informatisering bij NWO, Den Haag
- 9 februari t/m 21 maart 2005: discussie via forum IPN-website
- 13 mei 2005: vergadering IPN en ACI
- 18 mei 2005: afstemmingsvergadering met vertegenwoordigers van het 'ct'-veld
- 25 mei 2005: behandeling in bestuur NWO-gebied Exacte Wetenschappen
- 27 mei 2005: behandeling in bestuur technologiestichting STW

Samenstelling NWO Adviescommissie Informatica

Prof. dr. P. Klint, voorzitter, CWI/UvA
Prof. dr. F.M.T. Brazier, VU
Prof. dr. J.N. Kok, UL
Prof. dr. ir. J.J. van Wijk, TU/e
Prof. dr. P.J. Werkhoven, TNO/UvA
Ir. drs. M. de Boer, secretaris, NWO EW
Dr. M. Kas, secretaris, NWO EW

Samenstelling Informaticaonderzoek Platform Nederland

Prof. dr. P. Klint, voorzitter, CWI/UvA
Prof. dr. P.M.G. Apers, namens CTIT
Prof. dr. J.C.M. Baeten (tot 01-05-2004), namens IPA
Prof. dr. M.T. de Berg (vanaf 01-05-2004), namens IPA
Prof. dr. L.O. Hertzberger, namens ASCI (tot 30-03-2005)
Prof. dr. J.K. Lenstra, namens CWI
Prof. dr. J.J.Ch. Meyer, namens SIKS
Prof. dr. ir. A.W.M. Smeulders, namens ASCI (vanaf 30-03-2005)
Prof. dr. A. Visser, namens OzsL
Prof. dr. ir. J.J. van Wijk, namens ACI
Dr. R.D.T. Janssen, waarnemer, STW
Ir. drs. M. de Boer, secretaris, NWO EW
Dr. M. Kas, secretaris, NWO EW

Begeleiding door NWO Exacte Wetenschappen, technologiestichting STW en NCF

Dr. A.P. Meijler, directeur NWO Exacte Wetenschappen
Dr. ir. A.A.J.M. Franken MBA, directeur STW
Dr. M. Kas, EW, coördinatie en eindredactie
Dr. ir. F.A. Karelse, STW, coördinatie en eindredactie
M.D. Dijkema-Tromp, EW
Ir. drs. M. de Boer, EW
Dr. R.D.T. Janssen, STW
Dr. ir. H. Poot, EW
Dr. ir. C. Klöditz, EW
Dr. W. Segeth, STW

Deelnemers

Alle hieronder genoemde personen hebben een bijdrage geleverd aan de discussie die heeft geleid tot de NOAG-ict 2005-2010.

Prof. dr. E.H.L. Aarts, Philips en TU/e	Prof. dr. W.J. Fokkink, VU
Dr. P.J.C. Aerts, NCF	Prof. dr. P.J. French, TUD
Prof. dr. J.M. Akkermans, VU	Dr. P.W.J. de Graaf, VNO-NCW
Prof. dr. P.M.G. Apers, UT	Prof. dr. ir. F.C.A. Groen, UvA
Bestuur Nederlands Architectuurforum	Dr. D.L. Groep, NIKHEF
Prof. dr. J.C.M. Baeten, TU/e	Prof. dr. ir. J.F. Groote, TU/e en CWI
Prof. dr. ir. N.H.G. Baken, TUD	Drs. Z.F.M. Hamers, Fontys Hogeschool
Prof. dr. ir. H.E. Bal, VU	Prof. dr. P.H. Hartel, UT
Prof. dr. C.I.M. Beenakker, TUD	Prof. dr. ir. B.R.H.M. Haverkort, UT
Prof. dr. J. van den Berg, UU	Dr. P.J.M. Havinga, UT
Prof. dr. M.T. de Berg, TU/e	Prof. dr. K.M. van Hee, TU/e
Prof. dr. ir. J.W.M. Bergmans, TU/e	Dr. ir. C. Hemerik, TU/e
Prof. dr. J.A. Bergstra, UvA	Prof. dr. H.J. van den Herik, UM
Dr. V.A.J. Borghuis, TU/e	Prof. dr. J. Heringa, VU
Prof. dr. ir. P.P.J. van den Bosch, TU/e	Prof. dr. L.O. Hertzberger, UvA
Dr. M.G.J. van den Brand, CWI	Dr. D.K.J. Heylen, UT
Prof. dr. F.M.T. Brazier, VU	Dr. ir. A.G. Hoekstra, UvA
Prof. dr. S. Brinkkemper, UU	Ir. P.P. 't Hoen, ICTRegie
Prof. dr. H. Brinksma, UT	Dr. J.H. Hoepman, RUN
Prof. dr. H.M. Buhrman, CWI	Prof. ir. P. Hoogeboom, TUD
Prof. dr. J.N. Burghartz, TUD	Dhr. M.C. Hoogenboom, Provincie Groningen
Dr. J. Campschroer, Ordina Public Consulting	Dr. ir. G.J.P.M. Houben, TU/e
Prof. dr. O. Ciftcioglu, TUD	Drs. H.G.P. van Irsel, EW en ICTRegie
Prof. dr. H. Corporaal, TU/e	Prof. dr. B.P.F. Jacobs, RUN
Dr. A.H.M. Cremers, TNO	Dr. ir. W. Janssen, TI
Prof. dr. ir. H.A.M. Daniels, UvT	Prof. dr. F.M.G. de Jong, UT
Drs. ing. M.R. Dasselaar, SenterNovem	Dr. W. de Jonge, VU
Prof. dr. ir. E.F.A. Deprettere, UL	Prof. dr. W. Jonker, UT
Prof. dr. A. van Deursen, CWI en TUD	Dr. ir. P.P. Jonker, TUD
Prof. dr. ir. P.M. Dewilde, TUD	Dr. J.A. Kaandorp, UvA
Dr. F.P.M. Dignum, UU	Dr. B. Kappen, RUN
Dr. J. Dijkstra, TU/e	Prof. dr. ir. J.P. Katoen, UT
Dr. ir. R.P.W. Duin, TUD	Prof. dr. M.L. Kersten, CWI
Dr. M.C.J.D. van Eekelen, RUN	Dr. M. Kessler, Aia Software BV
Dr. ir. E.H. Eertink, TI	Prof. ir. G.D. Khoe, TU/e
Dr. ir. D.H.J. Epema, TUD	Dr. H.C.M. Kleijn, UL
Dr. S. Etalle, UT	Ir. G. Kleinhuis, TNO
Prof. dr. L.M.G. Feijs, TU/e	Prof. dr. P. Klint, CWI en UvA
Ing. G. Florijn, CIBIT Adviseurs	Prof. dr. J.W. Klop, VU

Dr. ing. E.A.M. Klumperink, TU/e
 Prof. dr. J.N. Kok, UL
 Prof. ir. A.M.J. Koonen, TU/e
 Prof. dr. ir. Th. Krol, UT
 Prof. dr. ir. J.A. la Poutré, CWI en TU/e
 Prof. dr. ir. R.L. Lagendijk, TUD
 Prof. dr. J. van Leeuwen, UU
 Prof. dr. J.K. Lenstra, CWI
 Prof. dr. D. Lenstra, VU
 Drs. X. Liu, UL
 Prof. dr. J.R. Long, TUD
 Prof. dr. ir. J.L. van Meerbergen, Philips
 en TU/e
 Prof. dr. J.J.Ch. Meyer, UU
 Prof. dr. ir. P.F.A. van Mieghem, TUD
 Prof. dr. ir. B. Nauta, UT
 Prof. dr. ir. L.J.M. Nieuwenhuis, UT
 Prof. dr. ir. A. Nijholt, UT
 Prof. dr. H. Nijmeijer, TU/e
 Dr. ir. G. van Oortmerssen, TNO
 Dr. J.R. van Ossenbruggen, CWI
 Prof. dr. ir. R.H.J.M. Otten, TU/e
 Prof. dr. N.E.J. Oudshoorn, UT
 Prof. dr. M.H. Overmars, UU
 Prof. dr. N. Petkov, RuG
 Dr. J.C. van de Pol, CWI
 Dr. ir. E. Poll, RUN
 Dr. ir. A. Pras, UT
 Prof. dr. M. Rem, ICTRegie en TU/e
 Ir. A.A.J. Reuver, IBM Nederland
 Prof. dr. M. de Rijke, UvA
 Prof. dr. J.B.T.M. Roerdink, RuG
 Prof. dr. ir. A.H.M. van Roermund, TU/e
 Prof. dr. ir. C. Roos, TUD
 Prof. dr. G. Rozenberg, UL
 Dhr. E. van Schagen, BearingPoint
 Prof. dr. J. Schmitz, UT
 Prof. dr. A.P.J.M. Siebes, UU
 Dr. ir. M.J. van Sinderen, UT
 Prof. dr. ir. H.J. Sips, TUD
 Prof. dr. P.M.A. Sloot, UvA
 Prof. dr. ir. C.H. Slump, UT
 Prof. dr. ir. A.W.M. Smeulders, UvA
 Dr. ir. G.J.M. Smit, UT
 Prof. dr. ir. M.K. Smit, TU/e
 Dr. B.A.W. Spitters, RUN
 Dr. R.J.C.M. Starmans, UU
 Prof. dr. ir. M.R. van Steen, VU
 Prof. dr. S.D. Swierstra, UU
 Prof. dr. A.S. Tanenbaum, VU
 Dr. ir. D. Thierens, UU
 Prof. dr. A.G. Tijhuis, TU/e
 Drs. E.P.C. van Utteren, PROGRESS
 Prof. dr. F.W. Vaandrager, RUN
 Prof. dr. ir. A.J. van der Veen, TUD
 Prof. dr. C. Verhoef, VU
 Dr. ir. P.J.M. Veugen, TNO
 Prof. dr. M.A. Viergever, UU
 Prof. dr. A. Visser, UU
 Prof. dr. ir. C.A. Vissers, TI
 Prof. dr. J.C. van Vliet, VU
 Prof. dr. ir. L.J. van Vliet, TUD
 Ir. J.A. Vogel, TNO
 Prof. dr. B.W. Watson, TU/e
 Prof. dr. ir. Th.P. van der Weide, RUN
 Dr. H. Weigand, UvT
 Prof. dr. P.J. Werkhoven, TNO
 Prof. dr. B.J. Wielinga, UvA
 Prof. dr. R.J. Wieringa, UT
 Prof. dr. ir. J.J. van Wijk, TU/e
 Mw. T. Wildvank, CapGemini
 Dr. M.H.F. Wilkinson, RuG
 Prof. dr. J.H. Wolter, TU/e
 Dr. J.S.S.M. Wong, TUD
 Prof. dr. I.T. Young, TUD

II Evaluatie NOAG-i 2001-2005

De Nationale Onderzoeksagenda Informatica 2001–2005 heeft een rijke collectie programma's en projecten opgeleverd. Dit is mogelijk geworden dankzij de niet aflatende creativiteit van informaticaonderzoekers enerzijds, en anderzijds een krachtige inspanning van NWO Exacte Wetenschappen, het Algemeen Bestuur van NWO en betrokken ministeries die heeft geleid tot een stijging van het budget voor het nieuwsgierigheidsgedreven en strategische informaticaonderzoek. NWO EW heeft zich voorts met ACI en IPN sterk gemaakt voor verwezenlijking van de drie belangrijkste ambities uit de NOAG-i 2001–2005. Dit hoofdstuk beschrijft de opbrengst van de NOAG-i over de periode 2001 tot en met 2004.

De hoofdlijnen van beleid waren: (1) een Open Competitie met een omvang die het mogelijk maakt om alle excellent beoordeelde projecten te honoreren en (2) op ieder NOAG-i-thema minstens één onderzoeksprogramma realiseren.

Financiële opbrengst

In bijna 150 projectsubsidies heeft NWO EW de afgelopen jaren meer dan 40 miljoen euro toegekend. Hiermee kunnen en konden ongeveer 300 aio's en postdocs aan de slag. De onderstaande tabellen tonen in meer detail het effect van deze toekenningen.

Tabel A Toekenningen per subsidie-instrument

Instrument	Toekenningen (k€)	%
Open Competitie	18.287	41,5
Persoonsgericht	7.395	16,8
Programma's	17.458	39,6
Investerings en overig	960	2,2
Totaal	44.101	100,0

Bijna 60% van de middelen is toegekend in 'open' competities, d.i. competities zonder thematische randvoorwaarden, zoals de Open Competitie en de Vernieuwingsimpuls.

Aan onderzoekers wordt altijd gevraagd aan te geven in welk van de NOAG-i-thema's hun werk past. De thema's kunnen gezien worden als onderzoekscommunities. De verdeling was als volgt:

Tabel B Toekenningen per NOAG-i-thema

NOAG-i-thema	Toekenningen (k€)
Algorithms and Formal Methods	5.697
Embedded Systems	3.726
Intelligent Systems	15.035
Modelling, Simulation and Visualization	5.622
Multimedia	1.117
Parallel and Distributed Computing	3.667
Software Engineering	5.225
Overig/niet gespecificeerd	4.009
Totaal	44.101

De volgende tabel maakt duidelijk dat het budget gedurende de afgelopen jaren meer dan verdubbeld is en een stijgende lijn vertoont. Dit is mede mogelijk gemaakt door verschuiving van prioriteiten binnen NWO EW, additionele middelen van het Algemeen Bestuur van NWO en de verwerving van bijdragen van de Ministeries van EZ en OCW uit de actieplannen NAP, CIC en de Bsik-regeling. Overigens bedraagt het structurele jaarbudget van NWO EW vanaf 2007 M€ 10 (was M€ 2,5 in 1999). Bij ongewijzigd beleid zal op den duur echter het hoge niveau van toekenningen niet gehandhaafd kunnen worden.

Uit de achterliggende cijfers valt ook vast te stellen waar de toegekende bedragen zullen 'landen'. Vanwege de gehanteerde administratieve systematiek is het echter beter hierbij de daadwerkelijke uitgaven als indicator te nemen. De groei in toekenningen zal vooral vanaf 2005 ook zichtbaar worden in de daadwerkelijke uitgaven.

Tabel C Toekenningen per jaar

Jaar	Toekenningen (k€)
2001	7.409
2002	8.965
2003	11.051
2004	16.675
Totaal	44.101

Tabel D Uitgaven per onderzoeksinstituting

Locatie	Uitgaven (k€)
CWI	2.582
RuG	827
RUN	1.593
TUD	1.714
TU/e	2.417
UL/LUMC	1.384
UM	853
UT	1.938
UU/UMCU	2.419
UvA/AMC	2.262
UvT	192
VU	1.827
Niet gespecificeerd	454
Totaal	20.462

Thematische opbrengst

De thema's die zijn gedefinieerd in de NOAG-i 2001 – 2005 zijn de afgelopen jaren herhaaldelijk bevestigd als onderzoeksgebieden die vanuit maatschappelijk of economisch oogpunt belangrijk worden gevonden en tegelijkertijd een rijkdom bieden aan interessante onderzoeksvragen. De overeenstemming in beleidsadviezen wordt geïllustreerd in de onderstaande tabel. Geconcludeerd kan worden dat de thema's brede steun zijn blijven genieten.

Tabel E Relatie NOAG-i-thema's en andere beleidsadviezen

NOAG-i 2001–2005	Visiedocument ICT-Forum ^a	Bsik 'zwaartepunten'	IKC2003 ^b
Algorithms and Formal Methods			
Intelligent Systems			
	Communicatie -netwerken	Breedbandtechnologie	De brede communicatieruimte
Embedded Systems	Embedded systemen	Embedded and distributed systems	Embedded systemen
Software Engineering	Software engineering	Informatica en software	Software engineering & software architectuur
Multimedia + Modelling, Simulation and Visualization	Multimedia	Multimedia	Multimedia
Parallel and Distributed Computing	Distributed computing	ICT-netwerken/grids	(Globaal) gedistribueerde systemen
	Security		

^a Thema security is naderhand toegevoegd

^b IKC2003 = Nederlands ICT-Kenniscongres 2003

NWO EW is erin geslaagd op alle NOAG-i-thema's minstens één onderzoeksprogramma van start te laten gaan. Tabel 2 somt de programma's en hun relatie tot de thema's op.

Tabel F Onderzoeksprogramma's binnen NOAG-i-thema's

Thema	Programma	Financiering	Budget, M€ Subsidie	Matching	Looptijd
Algorithms and Formal Methods	FOCUS ^a	OCW, NWO	4,6	0,0	2004 – 2009
Embedded Systems	PROGRESS	EZ, NWO, bedrijven, onderzoeksinstellingen	11,3	8,2	1999 – 2006
Intelligent Systems	CATCH	NWO, cultureel erfgoed	6,0	1,5	2004 – 2010
	ToKeN ^b	EZ, NWO, RvR, onderzoeksinstellingen	8,5	2,5	2000 – 2008
Modelling, Simulation and Visualization	VIEW	NWO	4,5	0,0	2004 – 2010
Parallel and Distributed Computing	GLANCE	NWO	4,0	0,0	2004 – 2010
Software Engineering	JACQUARD	EZ, NWO, bedrijven, onderzoeksinstellingen	8,1	5,5	2002 – 2008

a FOCUS is tevens gericht op de thema's IS, MSV en PDC

b Bestond reeds ten tijde van de NOAG-i 1997 – 2001, maar verwierf in 2004 extra middelen voor onderzoek naar kennisontsluiting in relatie tot het toepassingsgebied Politie & Justitie.

Verwezenlijking ambities

De NOAG-i 2001–2005 presenteerde drie herkenbare ambities ter versterking van de eigen onderzoekdiscipline, met het accent op talentontwikkeling, de interactie met aanpalende disciplines en kennisoverdracht.

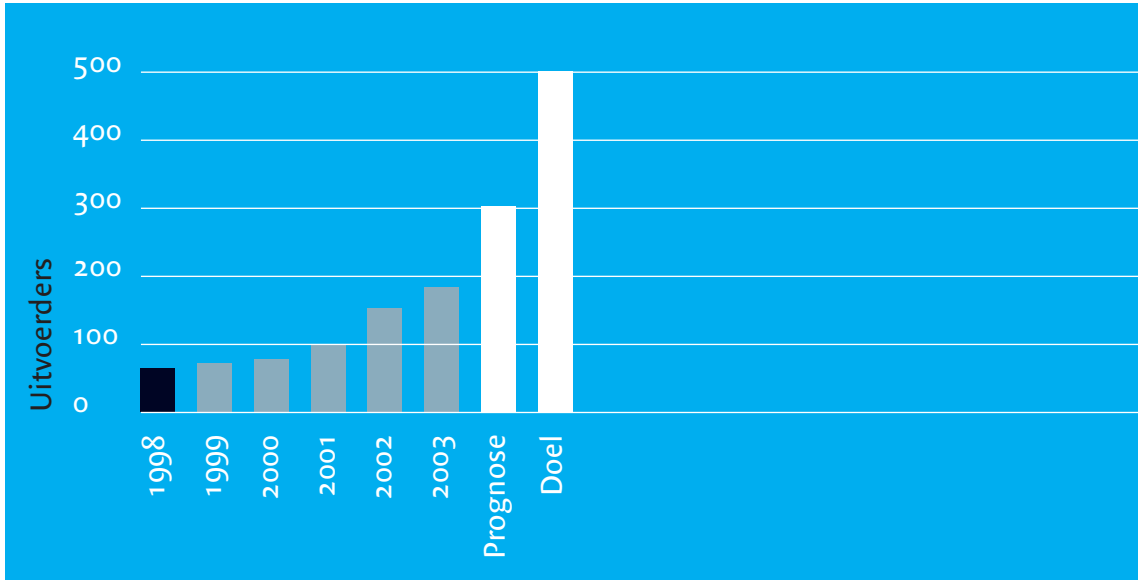
Eerste ambitie: verbetering carrièreperspectief voor onderzoekers

In de NOAG-i 2001–2005 is, in overeenstemming met de cijfers van de taskforce Le Pair⁷³, becijferd dat het budget voor al het publieke informaticaonderzoek, dus het totaal van de eerste en tweede geldstroom, moet worden verdubbeld.

Deze berekening is als volgt uitgewerkt:

- vergroot het aantal promotieplaatsen met 250;
- vergroot het aantal postdocplaatsen met 150;
- vergroot het aantal u(h)d plaatsen met 200;
- vergroot het aantal hoogleraarsposities met 50;
- vergroot de apparatuurbudgetten.

NWO EW is in staat geweest een aanzienlijke bijdrage te leveren aan de realisatie van de eerste twee van bovenstaande doelstellingen. De figuur toont het aantal voltijdse uitvoerders (aio's, postdocs) dat per ultimo over de jaren 1998 – 2004 werkzaam is op een positie die met NWO EW-middelen wordt gefinancierd. Ten opzichte van 2001 is het aantal voltijdse uitvoerders met ruim 100 toegenomen, op basis van recente NWO EW-toekenningen zal dit aantal de komende één à twee jaar nogmaals met 100 voltijdse uitvoerders groeien. Ten opzichte van het referentiejaar 1998 is het aantal posities meer dan verviervoudigd.



De afgelopen jaren laten positieve trends zien in de omvang van de middelen die NWO EW beschikbaar heeft voor het informaticaonderzoek. Een deel van de extra middelen zijn echter tijdelijk.

In de periode 2001 – 2004 wisten 15 informatici vanwege hun persoonlijke kwaliteit als onderzoeker in combinatie met een vernieuwend onderzoeksplan een subsidie te verwerven in de NWO-brede competitie PIONIER en Vernieuwingsimpuls. Het gaat om één PIONIER-subsidie, zeven VENI's, vijf VIDI's en drie VICI's. Met de toekenningen was in totaal ongeveer M€ 6 NWO-subsidie (plus M€ 2,9 eigen bijdrage van de universiteiten) gemoeid.

NWO EW lanceerde in deze periode nog twee andere persoonsgerichte subsidievormen. MEERVOUD is een gezamenlijk programma van de bèta-gebieden Aard- en Levenswetenschappen, Chemische Wetenschappen en EW. Het is erop gericht vrouwelijke postdocs te laten doorstromen naar een vaste aanstelling als universitair docent. Tussen 2001 en 2004 verwierven twee informaticaonderzoekers een MEERVOUD-subsidie.

De andere persoonsgerichte subsidievorm is HEFBOOM. Aan 12 informatica-onderzoeksinstituten is een bedrag van k€ 200 beschikbaar gesteld om (tijdelijk) het middenkader (universitair (hoofd)docenten) te versterken. De structurele versterking van het middenkader is (uiteindelijk) een verantwoordelijkheid van de universiteiten. De eerste stappen zijn echter gezet, al zijn de in de NOAG-i gestelde doelen nog lang niet bereikt.

Tweede ambitie: verbetering interactie met aanpalende wetenschappen

Het Algemeen Bestuur van NWO lanceerde in 2001 zijn strategienota Thema's met Talent. Deze nota is een antwoord op enkele ontwikkelingen binnen het wetenschapsveld, waaronder afkalving van het carrièreperspectief, vergroting van de kapitaalintensiteit van het onderzoek en het inzicht dat veel belangrijke ontwikkelingen plaatsvinden op het snijvlak van disciplines. Deze trends vinden hun weerslag in negen thema's, waarvan Digitalisering & Informatisering en Fundamenten van Levensprocessen voor het informaticaonderzoek de belangrijkste zijn. Er is de afgelopen jaren veel gebeurd om de interactie van de informatica met aanpalende wetenschappen binnen de kaders van deze strategienota te versterken. Elk van de programma's die vanuit die gedachte is ontwikkeld, heeft raakvlakken met een of meer van de NOAG-i-thema's.

Tabel G Nieuwe multidisciplinaire onderzoeksprogramma 's met een informaticacomponent

Programma	Overige disciplines	Financiering	Budget, M€ incl. matching	Looptijd
CATCH	GW	NWO, cultureel erfgoed	7,5	2004 – 2010
CLS	ALW, ZonMW	NWO	5,5 ^c	2003 – 2009
IMIX	GW ^a	NWO	2,0 ^c	2002 – 2008
Klimaat-variabiliteit	ALW ^b	NWO, VROM	5,5 ^c	2004 – 2010
MtC	ALW, CW	NWO	8,6 ^c	2002 – 2008
ToKeN	GW, MaGWc	EZ, NWO, RvR, onderzoeksinstellingen	11,0 ^d	2000 – 2008

a GW is penvoerder.

b ALW is penvoerder.

c Slechts een beperkt deel van de projecten in dit programma zijn samenwerkingen met informaticaonderzoekers

d Bestond reeds ten tijde van de NOAG-i 1997–2000, maar verwerf in 2004 extra middelen voor onderzoek naar kennisontsluiting in relatie tot het toepassingsgebied Politie & Justitie.

Derde ambitie: verbetering kennistransfer naar maatschappelijke partijen

Ter versterking van de kennisoverdracht naar industrie, maatschappelijke organisaties, ministeries of de geïnteresseerde burger, kunnen vooral de volgende twee initiatieven worden genoemd:

- Nederlands ICT-Kenniscongres: NWO EW heeft met SenterNovem, op verzoek van de Ministeries van EZ en OCW, in de jaren 2001 – 2003 jaarlijks het Nederlands ICT-Kenniscongres georganiseerd. Dit congres toonde resultaten van publiek en/of privaat ICT-onderzoek en was met jaarlijks ca. 1.000 bezoekers het grootste congres in zijn soort voor geheel West-Europa. In 2004 is geen ICT-Kenniscongres gehouden. NWO EW en het IPN hebben in dat jaar op eigen initiatief wel de Landelijke Dag van het Informaticaonderzoek georganiseerd. Ook deze dag mocht zich in een grote opkomst verheugen.
- I/O Informaticaonderzoek: in 2004 is het gelijknamige magazine van het IPN gelanceerd. I/O Informaticaonderzoek wil informeren, opiniëren en discussiëren over het informaticaonderzoek in Nederland en verschijnt elk kwartaal.

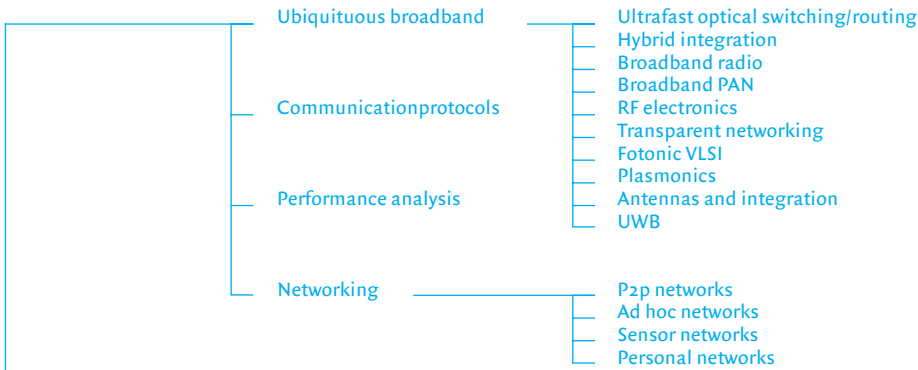
Daarnaast zijn onder de vlag van de respectievelijke onderzoeksprogramma's veel jaarlijkse programmadagen en symposia georganiseerd ter versterking van het nationale wetenschappelijk discours.

Conclusie

De NOAG-i 2001-2004 heeft uitstekend gewerkt voor de vormgeving van het nationale informaticaonderzoeksbeleid. Uitvoering van de onderzoeksagenda heeft de Nederlandse informaticaonderzoeksgemeenschap ruim M€ 44 aan middelen opgeleverd, waarmee excellent onderzoek in elk van de NOAG-i-thema's kon worden gefinancierd. De NOAG-i heeft daarmee bijgedragen aan de profilering van het onderzoeksveld ('focus') een versterking van de onderzoeksgroepen ('massa').

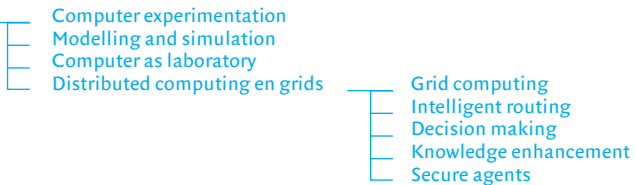
III ICT-themaboom

De genetwerkte wereld

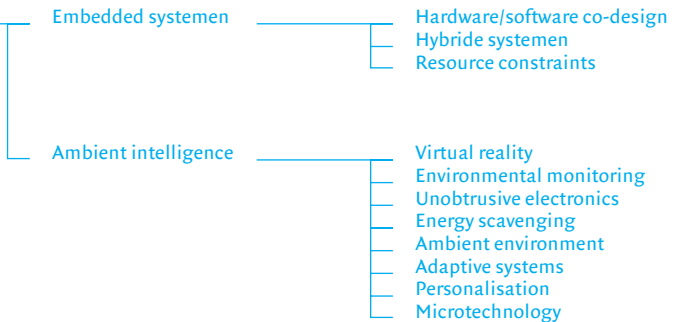


Thema's NOAG-ict 2005 – 2010

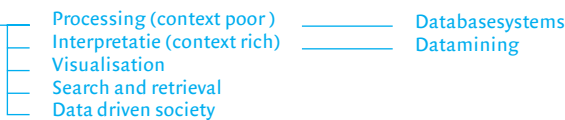
Het virtuele laboratorium



De onzichtbare computer



De data-explosie



Methoden voor ontwerpen en bouwen

- System design
- Component design
- Circuit design
- Software engineering
- Requirements engineering
- Business processes
- Workflow
- Architecture
- Specification
- Component-based development
- Middleware
- Codegeneration
- Interoperability
- Verification
- Testing
- Maintenance
- Renovation
- Re-design
- Real time
- Trust
- Security
- Dependability

Intelligente systemen

- Artificial intelligence
- Distributed agents
- Heuristische algorithmen
- Self learning systems
- Computational logic
- Reasoning systems
- Semantics

Digitale veiligheid

- Privacy
- Tracing
- Trust
- Digital Rights Management
- Protection

De digitale beleving

- Image
- Language
- Sound
- Mens machine interaction
- Gaming
- Culture

De computer van de toekomst

- Quantum computing
- Quantum communicatie
- Molecular computing
- Biocomputing
- Neurocomputing
- Full optical computing
- HD optical memories
- Selfconfigurable computing
- Complexiteit

IV Omvang ICT-onderzoeksgroepen

Tabel H Omvang van de ICT-onderzoeksgroepen

Universiteiten	Faculteiten/ instituten	Fte				Inkomsten (in M€)				Uitgaven (in M€)		
		Aio/ pd	U(h)d/ hl	Overig	Totaal	1e Gs	2e Gs	3e Gs	Totaal	Onder- zoek	Onder- wijs	Totaal
CWI		58	24	7	89	0,0	3,8	1,5	5,3	5,1	0,0	5,1
EUR	EMC	3	4	0	7	0,2	0,2	0,1	0,5	0,5	0,0	0,5
RuG	FPSSW	8	8	1	17	0,8	0,1	0,0	0,9	0,2	0,7	0,9
	FWN	39	14	3	55	2,4	0,4	0,3	3,1	2,0	1,1	3,1
RUN	NICI	2	4	0	6	0,3	0,0	0,1	0,4	0,3	0,2	0,5
	NIII	32	32	11	75	3,4	0,8	0,5	4,6	1,6	1,6	3,2
TUD	FEWI	240	105	20	365	13,6	4,7	5,1	23,4	16,2	7,2	23,4
TUE	FBMT	11	9	3	24	1,2	0,0	0,4	1,6	0,8	0,7	1,5
	FEL	120	52	21	193	8,4	1,5	4,4	14,3	6,1	6,1	12,2
	FMT	12	5	1	19	0,9	0,2	0,1	1,1	0,6	0,6	1,2
	FWI	39	41	33	113	4,8	1,1	1,1	7,0	4,0	2,7	6,7
UL	LIACS	16	18	1	34	2,7	0,5	0,1	3,3	2,1	1,2	3,3
	LUMC *	12	1	2	15	0,5	0,2	0,2	0,8	0,4	0,4	0,8
UM	IKAT	11	10	5	26	0,7	0,3	0,1	1,2	0,7	0,6	1,3
UT	CTIT *	163	74	n.b.	236	7,8	2,2	3,7	13,7	6,9	6,9	13,7
UU	ICS	64	51	13	128	8,0	1,0	0,8	9,8	4,0	5,8	9,8
	UMCU *	18	4	1	23	0,8	0,3	0,3	1,3	0,6	0,6	1,2
UvA	AMC	7	3	0	10	0,3	0,1	0,1	0,4	0,4	0,0	0,4
	ILLC *	27	15	8	50	2,0	0,7	0,7	3,3	1,7	1,7	3,4
	IvI	76	32	31	139	4,0	0,7	3,0	7,7	6,1	1,6	7,7
UvT *		17	8	2	27	1,2	0,5	0,0	1,7	0,9	0,0	0,9
VU	FEW	60	33	19	112	5,7	0,9	1,8	8,4	5,0	3,4	8,4
Totaal		1036	547	181	1764	70	20	24	114	66	43	109

* Geschatte financiële bedragen.

Toelichting

De tabel toont de omvang van de middelen die eind 2004 op jaarbasis beschikbaar waren ten behoeve van ICT-groepen aan universiteiten, academische ziekenhuizen en het NWO-instituut CWI. De middelen zijn uitgedrukt in fte en in miljoenen euro's:

- Fte: de omvang van de onderzoeksstaf, voor zover betrokkenen op de loonlijst van de desbetreffende instelling staan en voor zover hun functie gericht is op ICT-onderzoek. Voorbeeld: een hoogleraar informatica die voor vier dagen in de week aan een universiteit is verbonden, telt mee voor 0,8 fte.
- De gemiddelde personeelslast voor 1 fte is k€ 64,6 (namelijk k€ 114.000/1764). Dit getal is redelijk constant over alle kennisinstellingen.
- Inkomsten en uitgaven: als waarderingsgrondslag is hierbij genomen de kosten die direct verband houden met het doen van onderzoek. Deze kosten bestaan hoofdzakelijk uit personele lasten en in beperkte mate uit investeringen in apparatuur. Uitgaven ten behoeve van facilitaire voorzieningen, zoals gebouwen, bibliotheek en dergelijke vallen hier niet onder. De inkomsten zijn gesplitst naar geldstroom, de uitgaven naar onderzoek en overige. Er bestaat een gering verschil tussen de totale inkomsten en middelen.

De inventarisatie is in de maanden april en mei 2005 uitgevoerd door het bureau van NWO Exacte Wetenschappen, met medewerking van de technologiestichting STW en de financiële afdelingen van de betrokken faculteiten en onderzoeksinstituten. Voor enkele organisaties zijn de financiële data geschat op basis van standaardvergoedingen volgens het NWO-VSNU-akkoord 2001 en de CAO Universiteiten 2004.

V Overzicht lopende ICT-subsidieprogramma's

Tabel I Toegekende programmatische middelen per subsidieregeling
(in de periode 1999 tot en met 2004 (bedragen in M€, exclusief matching). Zie toelichting bij tabel J.)

Subsidieregeling	Naam programma	Looptijd	Toegekend subsidiebedrag	Totaal per regeling
Bsik	BRICKS	2004 t/m 2009	15,00	
	ESI	2004 t/m 2011	25,00	
	Freeband	2004 t/m 2007	30,00	
	ICIS	2005 t/m 2009	13,70	
	MultimediaN	2004 t/m 2007	16,00	
	Smart Surroundings	2004 t/m 2007	6,50	
	VL-e	2004 t/m 2007	20,00	126,20
IOP	GenCom (fase 1)	2002 t/m 2006	7,00	
	MMI (fase 2)	2003 t/m 2007	6,20	13,20
Kennisimpuls	ESI	2003 t/m 2007	5,00	
	Freeband	2002 t/m 2007	12,65	17,65
NWO EW	CATCH (fase 1)	2004 t/m 2009	6,00	
	GLANCE	2004 t/m 2009	4,00	
	JACQUARD	2002 t/m 2007	8,20	
	ToKeN	2000 t/m 2007	6,90	
	VIEW	2004 t/m 2009	4,50	29,60
NWO GW	IMIX	2003 t/m 2008	2,00	
	STEVIN	2004 t/m 2009	11,40	13,40
STW	PROGRESS 1	1999 t/m 2003	5,80	
	PROGRESS 2	2004 t/m 2008	5,50	
	Sentinels	2004 t/m 2011	7,50	18,80
CIC	Doorbraakprojecten	2001 t/m 2008		39,30
Totaal programmatische subsidies				258,15

(Zie voor een verklaring van de afkortingen de afkortingenlijst.)

Uit Bsik werden voorts twee subsidies toegekend voor infrastructurele projecten, namelijk M€ 52 voor de bouw van de LOFAR-telescoop en M€ 40 voor GigaPort Next Generation. Zij worden buiten tabel A gehouden, omdat (a) in beide projecten geen ICT-onderzoek wordt gefinancierd, (b) LOFAR een instrument is ten dienste van astronomieonderzoek en (c) de GigaPort-investering ten goede komt aan de gehele Nederlandse kennisinfrastructuur (waarin het ICT-onderzoek een aandeel heeft van iets meer dan 7%). Dit neemt overigens niet weg dat beide projecten belangrijk zijn voor ICT-onderzoekers, omdat zij omgevingen bieden waarin in ICT-onderzoek behaalde resultaten kunnen worden toegepast.

Tabel J Verdeling lopende subsidieprogramma's over NOAG-ict-thema's

Naam oz-programma	Hoofd-financier/ penvoerder	Looptijd	Thematisch	Niet-thematisch (2001 t/m 2004)				Totaal
				Projecten ("Open")		Talent		
				EW	STW	EW	STW	
De computer van de toekomst								
BRICKS	Bsik	2004 t/m 2009	3,75					
Subtotaal De computer van de toekomst			3,75	3,87	0	2,30	0	9,92
De data-explosie								
Doorbraakprojecten	CIC	2001 t/m 2007	5,60					
BRICKS	Bsik	2004 t/m 2009	3,75					
VIEW	NWO EW	2004 t/m 2009	4,50					
Subtotaal De data-explosie			13,85	3,28	0,74	1,90	0	19,87
Digitale beleving								
MMI (fase 2)	IOP	2003 t/m 2007	6,20					
IMIX	NWO GW	2003 t/m 2008	2,00					
STEVIN	NWO GW	2004 t/m 2009	11,40					
MultimediaN	Bsik	2004 t/m 2007	16,00					
Smart Surroundings	Bsik	2004 t/m 2007	6,50					
Subtotaal De digitale beleving			42,10	1,12	1,73	0,2	0,40	45,55
Digitale veiligheid								
Sentinels	STW	2004 t/m 2011	7,50					
Subtotaal De digitale veiligheid			7,50	0	1,31	0	0,13	9,14

Naam oz-programma	Hoofd-financier/ penvoerder	Looptijd	Thematisch	Niet-thematisch (2001 t/m 2004)				Totaal
				Projecten ('Open')		Talent		
				EW	STW	EW	STW	
De genetwerkte wereld								
Doorbraakprojecten	CIC	2002 t/m 2007	7,70					
GenCom (fase 1)	IOP	2002 t/m 2006	7,00					
Freeband	Kennis-							
	impuls	2002 t/m 2007	12,65					
Freeband	Bsik	2004 t/m 2007	30,00					
Subtotaal De genetwerkte wereld			57,35	0	4,03	0	1,67	63,05
Intelligente systemen								
ToKeN	NWO EW	2000 t/m 2007	6,90					
Doorbraakprojecten	CIC	2001 t/m 2008	8,00					
BRICKS	Bsik	2004 t/m 2009	3,75					
CATCH (fase 1)	NWO EW	2004 t/m 2009	6,00					
ICIS	Bsik	2005 t/m 2009	13,70					
Subtotaal Intelligente systemen			38,35	2,98	6,27	1,3	1,07	49,97
Methoden voor ontwerpen en bouwen								
Doorbraakprojecten	CIC	2001 t/m 2007	15,60					
JACQUARD	NWO EW	2002 t/m 2007	8,20					
Subtotaal Methoden voor ontwerpen en bouwen			23,80	1,50	1,89	0,90	0,14	28,23
De onzichtbare computer								
PROGRESS 1	STW	1999 t/m 2003	5,80					
PROGRESS 2	STW	2004 t/m 2008	5,50					
Doorbraakprojecten	CIC	2002 t/m 2006	2,40					
ESI	Kennis-							
	impuls	2003 t/m 2007	5,00					
ESI	Bsik	2004 t/m 2011	25,00					
Subtotaal De onzichtbare computer			43,70	2,96	6,99	0,80	1,92	55,37

Naam oz-programma	Hoofd-financier/ penvoerder	Looptijd	Thematisch	Niet-thematisch (2001 t/m 2004)				Totaal
				Projecten ('Open')		Talent		
				EW	STW	EW	STW	
Het virtueel laboratorium								
BRICKS	Bsik	2004 t/m 2009	3,75					
VL-e	Bsik	2004 t/m 2007	20,00					
GLANCE	NWO EW	2004 t/m 2009	4,00					
<i>Subtotaal Het virtueel laboratorium</i>			27,75	3,93	0	0	31,68	
Totaal			258,15	19,74	22,96	7,40	313,58*	

* Exclusief M€ 0,4 voor HEFBOOM die niet aan een thema toe te rekenen is.

Het totale toegekende subsidiebedrag is dus M€ 313,98.

Toelichting

De tabellen I en J bevatten de bedragen die in de periode 1999 tot en met 2004 zijn toegekend aan onderzoeksprogramma's en projecten. De tabellen bevatten dus in feite de optelsom van de bedragen die in de respectievelijke subsidiebesluiten staan vermeld. Een deel van deze toegekende bedragen is de afgelopen jaren al uitgegeven, een deel zal de komende jaren nog uitgegeven worden.

Alle bedragen zijn exclusief de eigen bijdragen van de betrokken partijen (de zogenaamde matching). Als matching wordt bijna altijd bestaand onderzoek ingezet. De hoogte van de matching is dus wel een maat voor de hoeveelheid bestaande eigen middelen die aan de doelstellingen van het subsidieprogramma 'gebonden' worden, maar zegt niets over groei van de totale onderzoekscapaciteit. Die is beter af te lezen aan de verstrekte subsidies. Daarvan kan nieuwe onderzoekscapaciteit worden 'ingekocht' (promovendi, postdocs, andere onderzoekers met een tijdelijke aanstelling, programmeurs) of worden 'vrijgekocht' (zittende staf krijgt extra onderzoekstijd door overdracht van onderwijs- en andere taken). De beschikbare subsidie voor de 'in- en vrijkoop' van onderzoekers bedraagt jaarlijks gemiddeld M€ 31. Bij een gemiddelde personeelslast van ongeveer k€ 65 per fte (zie bijlage 4) kan van de beschikbare subsidie ongeveer 475 fte onderzoek worden gefinancierd. Bij een gemiddelde aanstellingsduur van drie jaar, kunnen er dus ieder jaar ongeveer 160 nieuwe voltijdse onderzoekers worden aangesteld.

Tabel J bestaat uit een linker- en een rechterhelft. De linkerhelft heeft betrekking op subsidies voor thematische projecten en programma's. Programma's zijn clusters van projecten die thematisch met elkaar samenhangen (zie het kader

over subsidie-instrumenten in hoofdstuk 7). De besteding van de beschikbare middelen moet dus gebeuren binnen de thematische randvoorwaarden op grond waarvan de subsidie verleend is. Het aan thematische projecten en programma's toegekende subsidiebedrag is M€ 258,15.

De rechterhelft van tabel J heeft betrekking op subsidies zonder thematische randvoorwaarden. Ze komen in twee soorten: subsidies toegekend aan projecten verworven in zogenaamde 'open rondes' (Open Competitie van NWO EW, Open Technologie Programma van STW, inclusief kleine en middelgrote investeringen) en in rondes gericht op de stimulering van talent (zogenaamde persoonsgebonden steun: de NWO-brede subsidieregelingen PIONIER en Vernieuwingsimpuls, de NWO EW-regelingen HEFBOOM en MEERVOUD). Aan niet-thematische subsidies is in de genoemde periode M€ 55,83 toegekend, waarvan M€ 54,19 voor personeel (inclusief kleine materiële kredieten) en M€ 1,64 voor investeringen in kleine en middelgrote apparatuur (aanschafprijs tussen k€ 50 en k€ 900). De verdeling is dus als in tabel K:

Tabel K Verdeling middelen over personeel/investeringen en thematisch/niet-thematisch (in M€)

	Thematisch	Niet-thematisch	Totaal
Personeel	258,15	54,19	312,34
Investeringen	–	1,64	1,64
Totaal	258,15	55,83	313,98

De thematische programma's en niet-thematische projecten zijn alle, met uitzondering van BRICKS, in hun geheel ingedeeld bij één van de negen NOAG-ict-thema's. Omdat de NOAG-ict-thema's nog niet bestonden op het moment dat de subsidies werden aangevraagd en verleend, is de indeling noodzakelijkerwijs een beetje ruw. Hoe groter de programma's, hoe groter de kans dat een deel van het onderzoek ook, of misschien zelf beter, onder een ander thema geplaatst kan worden. Enige voorzichtigheid bij de interpretatie van de cijfers is dan ook geboden.

VI Karakteristiek enkele ICT-kennisnetwerken

Leden Informaticaonderzoek Platform Nederland (IPN)

<http://www.informicaplatform.nl>

ASCI - Advanced School for Computing and Imaging

<http://www.asci.tudelft.nl>

De hoofdthema's zijn Computing en Imaging.

De belangrijkste (sub)thema's binnen Computing zijn:

- High Performance Computing (waaronder Grid Computing)
- Computational Science
- Large Scale Distributed Information Systems (ook Grids)
- Embedded Systems

De belangrijkste (sub)thema's binnen Imaging zijn:

- Image en Multimedia sensing, processing, Interpretation, Visualization
- Multimedia Information Systems

IPA - Institute for Programming Research and Algorithms

<http://www.win.tue.nl/ipa>

IPA heeft drie gebieden van fundamenteel onderzoek:

- Algoritmiek
- Formele Methoden
- Software Technologie

Voorts heeft IPA voor de periode 2002 - 2006 vier toepassingsgebieden gekozen, met daarbinnen een aantal speerpunten:

- Networked Embedded Systems
 - A Network protocols
 - B Wireless and mobility
 - C Hybrid systems
- Security
 - A Security protocols
 - B Software security
 - C Smart cards
- Intelligent algorithms
- Compositional Programming Methods

SIKS – School for Information and Knowledge Systems

<http://www.siks.nl>

Het onderzoeksprogramma van SIKS kent 8 foci:

- 1 Agent technology
- 2 Computational Intelligence
- 3 Knowledge Representation and Reasoning

- 4 Web-based information systems
- 5 E-business systems
- 6 Human computer interaction
- 7 Datamanagement, storage and retrieval
- 8 Architecture-driven system development

Ozsl – Onderzoeksschool Logica

<http://www.ozsl.uu.nl>

De onderzoeksschool Logica heeft vier secties:

- 1 *Logic and Mathematics*
Deze sectie bevat onder andere modale logica, speltheorie, bewijstheorie, bewijsbaarheids- en interpreteerbaarheidslogica en constructieve logica. Daarnaast houdt zij zich bezig met enige onderwerpen die eveneens verbonden zijn met logic and information: lambda-calculus, combinatorische logica and term-herschrijven.
- 2 *Logic and Language*
Deze sectie houdt zich onder andere bezig met categoriale grammatica en dynamische semantiek.
- 3 *Logic and Information*
Deze sectie betreft onder meer knowledge representation, bounded reasoning, databases en information extraction.
- 4 *Logic and Artificial Intelligence*
Deze sectie houdt zich onder meer bezig met niet-monotone logica, kennisrepresentatie en epistemische logica.

Onderzoeksinstituut CTIT – Center for Telematics and Information Theory

<http://www.ctit.utwente.nl>

De speerpunten van onderzoek waar CTIT zich op richt zijn:

- A-services internet
- Integrated Security and Privacy in a Networked World
- Building Blocks for Ubiquitous Computing and Communication
- Natural Interaction in Computer-mediated Environments
- E-Health
- E-Productivity

Onderzoeksinstituut CWI – Centrum voor Wiskunde en Informatica

<http://www.cwi.nl>

De onderzoeksthema's van het CWI zijn te verdelen in vier wetenschappelijke clusters:

- 1 Probability, Networks and Algorithms
- 2 Software Engineering
- 3 Modelling, Analysis and Simulation
- 4 Information Systems

Onderzoeksscholen op het gebied van Telecommunicatie, Microelectronica en Hardware

COBRA – Interuniversity Research Institute on Communication Technology: Basic Research and Application

<http://www.cobra.tue.nl>

COBRA is één van de zes toponderzoeksscholen en bestaat uit de volgende groepen:

- Electro-Optical Communication Systems
- Radiocommunication
- Opto-Electronic Devices
- Design Technology for Electronic Systems
- Semiconductor Physics
- Physics of Nanostructures
- Solid State Theory
- Glass Technology
- Organic Chemistry
- Solid State Chemistry and Materials
- Systems for Electronic Signal Processing
- Digital Information Processing Systems

DIMES - Delft Institute of Microelectronics and Submicronotechnology

<http://www.dimes.tudelft.nl>

Onderzoeksschool en -instituut DIMES heeft vier onderzoeksthema's:

- 1 High-Frequency Technology for Communication
- 2 Integrated Smart Microsystems
- 3 Nano-electronics
- 4 Large Area Electronics

MESA+ Instituut voor Nanotechnologie

<http://www.mesaplus.utwente.nl>

MESA+ heeft vier 'Strategic Research Orientations':

- 1 BioNano Technology
- 2 Nano Fabrication
- 3 Nano Electronics
- 4 BioMad Nanofluidics

Technologische instituten

Telematica instituut

<http://www.telin.nl>

Het Telematica Instituut is een onderzoeksinstituut dat wordt bestuurd en gefinancierd door het bedrijfsleven en als technologisch topinstituut door de overheid wordt ondersteund. De kerntaak van het instituut bestaat uit de snelle vertaling van fundamenteel onderzoek naar marktgerichte toepassingen op het gebied van telematica. Het Telematica Instituut is een consortium van bedrijven en kennisinstellingen. Enkele voorbeelden van de kennisgebieden van het Telematica Instituut zijn: multimedia, electronic commerce, mobiele communicatie en netwerktechnologie, bedrijfsoverschrijdende samenwerking, tele-leren, computergesteund samenwerken en kennismanagement.

TNO Informatie- en Communicatietechnologie

http://www.tno.nl/informatie-_en_communicatietechnologie

TNO Informatie- en Communicatietechnologie is een innovatiecentrum, waarbinnen de ICT- en Telecomdisciplines van TNO zijn gebundeld. Het helpt bedrijven, overheden en (semi-)publieke organisaties succesvol te innoveren met ICT. De 375 professionals die hier werken zijn o.a. door hoogleraar-, lector- en docentposities verankerd in de (inter)nationale kennisinfrastructuur. TNO Informatie- en Communicatietechnologie ontwikkelt kennis en past deze toe in de vorm van advies, toegepast onderzoek en productinnovatie binnen de thema's: Elektronisch zaken doen en dienstverlening, Gepersonaliseerde, contextafhankelijke diensten, Nieuwe generatie ICT-infrastructuren, Intelligente omgevingen, Maatschappelijke en economische impact van ICT en ICT in de gezondheidszorg.

ESI – Embedded Systems Institute

<http://www.esi.nl>

ESI richt zich op het vooruitbrengen van industriële innovatie en academische kennis op het gebied van embedded systems engineering. Het ESI is gepositioneerd tussen kennisinstelling en industrie. De industrie speelt een belangrijke rol in de ESI-onderzoeksprojecten. Het instituut focust op industriële embedded systems, systemen die volumes van kubieke centimeters tot kubieke meters in beslag nemen. Dit is het toepassings-/marktdomein van wafer steppers, printsystemen, medische beeldvormingapparatuur, televisies, auto's, elektronische microscopen, fabricage machines, etc. ESI is tevens één van de Bsik-consortia. Het consortium van ESI bestaat uit de drie technische universiteiten, TNO, Océ, Philips en ASML.

Bsik-consortia

Binnen het ICT-thema van het Besluit subsidies investeringen in de kennisinfrastructuur (Bsik) zijn negen consortia gehonoreerd. In zeven daarvan wordt onderzoek gedaan, in twee (GigaPort Next Generation en LOFAR) wordt geïnvesteerd in de fysieke infrastructuur. Zie voor een overzicht van de verstrekte subsidies bijlage 5.

BRICKS – Basic Research in Informatics for Creating the Knowledge Society

<http://www.bsik-bricks.nl>

BRICKS beoogt het fundamentele informaticaonderzoek een stevige impuls te geven. De doelen van BRICKS zijn:

- Het doen van fundamenteel informaticaonderzoek dat zich richt op nieuwe uitdagingen binnen de prioriteitsgebieden van de NOAG-i.
- Het uitbreiden en versterken van de onderzoeksinfrastructuur door middel van langdurige samenwerkingsverbanden.
- Het doen toenemen van het aantal informaticaonderzoekers in Nederland.
- Het versterken van de interactie met de industrie en andere ICT gebruikers.
- Het promoten van efficiënte technologietransfer door middel van spin-offs.

BRICKS is een consortium van CWI, NWO EW, de drie technische universiteiten en de Universiteit Utrecht. Het BRICKS-programma heeft een ‘open’ gedeelte met de naam FOCUS. NWO EW organiseert in 2005 en 2006 een FOCUS-subsidieronde. Groepen die een FOCUS-subsidie verwerven, worden toegevoegd aan het consortium.

ESI – Embedded Systems Institute

Zie onder Technologische Instituten.

ICIS – Interactive Collaborative Information Systems

<http://www.decis.nl/html/icis.html>

ICIS is een samenwerkingsverband tussen onderzoeksinstituten en industrie op het gebied van intelligente informatiesystemen. Het onderzoek binnen ICIS richt zich op besluitvorming en samenwerkingsprocessen en is in de volgende vier clusters geconcentreerd:

- Collaborative decision making
- Enhanced situation awareness
- Computational human interaction modeling
- Interactive Collaborative Information Systems Architecture

Freeband Communication

<http://www.freeband.nl>

Het Freeband Communication programma is opgebouwd rond drie themagebieden:

- Enabling Technologies, met de focus op nieuwe ontwikkeling in materialen en technologie.
- Networking, Service Provisioning and Generic User Interaction, met de focus op het ontwikkelen van platformen die nieuwe multimediasdiensten mogelijk maken.
- Society, Users and Applications, waarin het onderzoek hoe netwerken, terminals, diensten en dienstverleners in de toekomst onmerkbaar voor de gebruiker kunnen samenwerken.

Freeband is een consortium van 15 industriële en 11 academische partners.

MultimediaN – Multimedia Netherlands

<http://www.multimediana.nl>

De partners van MultimediaN werken aan de ontwikkeling van multimedia-informatietechniek voor gebruik in hoogwaardige toepassingen, met name in media en informatie-intensieve bedrijven, maar ook in maatschappelijke instellingen op het gebied van veiligheid en cultuur. De kennisontwikkeling is geconcentreerd in vier thema's:

- Processing Multimedia data streams: combined video, audio and speech gaining, extracting, and analysis.
- Connecting and interacting to different modularities of computers around us: ambient databases and emotional interfaces.
- Providing semantic access to multimedia databases: internets next generation search technology and individual adapted interfaces.
- Enriching content and discover knowledge by intelligent and adaptive pattern recognition, adding structure and annotations to multimedia data.

Smart Surroundings

<http://www.smart-surroundings.nl>

De missie van Smart Surrounding is het onderzoeken, definiëren, ontwikkelen en demonstreren van kernarchitecturen en kaders voor toekomstige 'ambient systems'. Het onderzoek vindt plaats in zes werkpakketten:

- Embedded device development
- Networking technologies and protocols
- Communities and contexts
- Interfaces and interactions
- Settings
- System architecture, foundations and methods

VL-e – Virtual Lab for e-science

<http://www.vl-e.nl>

De missie van VL-e is e-science te stimuleren door het bouwen van een e-scienceomgeving en het doen van onderzoek aan het gehele e-science-technologiespectrum van applicaties tot netwerk. In het bijzonder wordt er gekeken naar nieuwe methoden en hergebruikbare componenten. De essentiële componenten van het e-science-technologiespectrum zijn:

- E-scienceontwikkelingsomgevingen
- Een ontwikkelingsomgeving voor een Virtueel Laboratorium
- Een ontwikkelingsomgeving voor grootschalige gedistribueerde systemen die bestaan uit hoogwaardige netwerk en grid onderdelen.

Het VL-e consortium bestaat uit ruim 25 verschillende onderzoeksinstituten en bedrijven.

GigaPort Next Generation

<http://www.gigaport.nl>

Binnen het GigaPort-project wordt SURFnet6 gerealiseerd, een netwerk met een vernieuwend concept, waarbij een traditioneel pakketgeschakeld netwerk wordt gecombineerd met optische netwerkdiensten. Daarnaast wordt NetherLight, het internationale knooppunt voor optische netwerken in Amsterdam, uitgebreid. Dit koppelpunt speelt een sleutelrol bij de ontwikkeling van een internationaal optisch netwerk en heeft zich ontwikkeld tot de belangrijkste optische toegangspoort naar Europa. SURFnet, het Nederlandse computernetwerk voor hoger onderwijs en onderzoek, voert het project uit.

LOFAR – Low Frequency ARray

<http://www.lofar.nl>

LOFAR is een uniek ICT-project dat is ontstaan uit de ambitie van Nederlandse sterrenkundigen om het prille begin van ons heelal waar te nemen. Daarvoor is een radiotelescoop nodig die honderd maal gevoeliger is dan de huidige telescopen. LOFAR ontwikkelt deze radiotelescoop als een netwerk van 25.000 sensoren. Die kleine antennes zijn verdeeld over een gebied met een diameter van 350 kilometer en gekoppeld aan een supercomputer via een uitgestrekt glasvezelnetwerk. Zie ook paragraaf 4.2 en hoofdstuk 5.

Andere Bsik-consortia**BioRange**

<http://www.nbic.nl/NL/biorange.html>

BioRange is een onderzoeksprogramma binnen het Bsik-thema Voeding, gezondheid, genomics en biotechnologie. Het richt zich op de versterking en structurering van bioinformaticaonderzoek in Nederland. Onderzoek op dit gebied heeft recent explosieve ontwikkelingen ondergaan vanwege de recente grote behoefte aan methoden voor het efficiënt omgaan met biologische/genetische data en het extraheren van belangrijke informatie uit deze data. In de bioinformatica wordt biologische kennis gecombineerd met methoden uit de informatica en wiskunde. De vijf BioRange-onderzoeksthema's zijn:

- Bioinformatics for microarray technology
- Bioinformatics for proteomics and metabolomics
- Integrative bioinformatics
- VL-e informatics for bioinformatics applications
- Test bed with 'real-life applications'

BioRange is een initiatief van het Nederlands Bioinformatica Centrum (NBIC).

TRANSUMO

<http://www.transumo.nl>

TRANSUMO is een onderzoeksprogramma binnen het Bsik-thema Duurzame systeeminnovatie waarvoor M€ 30 subsidie is toegezegd. Een transitie naar duurzame mobiliteit vraagt om een nieuwe, gezamenlijke aanpak van overheid, bedrijfsleven, onderzoekinstellingen en universiteiten. Zij moeten niet alleen innovatieve oplossingen bedenken, maar deze ook daadwerkelijk in de praktijk toepassen. In de Stichting TRANSUMO (TRAnsition SUstainable MObility of transitie naar duurzame mobiliteit) werken nu al meer dan 150 van deze publieke en private partijen samen aan kennisontwikkeling die voor innovaties nodig is. Het werkterrein is personenvervoer, goederenvervoer en logistiek, verkeersmanagement en infrastructuur. Naast het uitvoeren van vernieuwende kennisprojecten is 'leren hoe je moet innoveren in mobiliteit' een belangrijke opgave voor TRANSUMO. TRANSUMO richt zich dus niet alleen op 'wat de innovatie is', maar vooral ook op 'hoe die kan worden gerealiseerd' en 'wie die kan realiseren'. De ultieme doelstelling van TRANSUMO is om op termijn te komen tot een internationaal trendsettend kennisnetwerk op mobiliteitsgebied.

Informaticaonderzoek Platform
Nederland (IPN)
P/a NWO Exacte Wetenschappen
Postbus 93460
2509 AL Den Haag
ipn@nwo.nl
www.informaticaplatform.nl/noagict

Juli 2005

Waar liggen de komende jaren de grote uitdagingen voor het ICT-onderzoek? Wat zijn bij uitstek de onderzoeksvelden waarin Nederlandse onderzoekers een sterke positie hebben? Waar liggen kansen voor de verbinding tussen de ICT-onderzoeksexpertise en grote maatschappelijke vraagstukken? Hoe kunnen ICT-onderzoekers en onderzoekers uit andere disciplines elkaar inspireren en versterken? Hoeveel ICT-onderzoekers heeft Nederland eigenlijk en hoeveel zouden dat er moeten zijn om de gestelde doelen te kunnen bereiken?

Op deze en andere vragen geeft de Nationale Onderzoeksagenda voor het ICT-onderzoek (NOAG-ict) 2005–2010 een antwoord. De NOAG-ict is tot stand gekomen op basis van intensieve discussies binnen het informatica- en ICT-onderzoeksveld en met vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven en het maatschappelijk veld. De NOAG-ict vormt zo een bruikbaar kader voor wetenschappelijk uitdagend en maatschappelijk geïnspireerd ICT-onderzoek voor de komende jaren.



Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
Exacte Wetenschappen

