



CWI en het Telematica Topinstituut

Vrijdag 3 oktober 1997
CWI, Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam

Over dit thema organiseert het
Centrum voor Wiskunde en Informatica
haar jaarlijkse manifestatie

CWI IN BEDRIJF '97

CWI en het Telematica Topinstituut

Dit voorjaar gaf de Minister van Economische Zaken het groene licht voor de start van het Telematica Topinstituut, dat op 1 oktober van dit jaar de deuren zal openen. Het CWI neemt deel in dit instituut, dat een belangrijke rol gaat vervullen in het ontwikkelen en verspreiden van kennis op het gebied van de telematica. Telematica is de combinatie van telecommunicatie en informatica, of met andere woorden: van gegevenstransport en gegevensverwerking. Telematica staat daarmee aan de basis van wat wel de "informatiemaatschappij" wordt genoemd. In die informatiemaatschappij zijn onderwerpen als elektronische handel, digitale bibliotheken, digitale steden, virtuele studio's en andere virtuele omgevingen de typische voorbeelden van op telematica-technologie gebaseerde innovaties. Evenals telecommunicatie en informatica elk afzonderlijk hun invloed hebben gehad op alle sectoren van de samenleving, zo zal dat ook het geval zijn bij telematica-toepassingen. Met de oprichting van het Telematica Topinstituut wil Nederland ervoor zorgen voorop te lopen bij het ontwikkelen en toepassen van deze nieuwe technologie.

Deze editie van *CWI in Bedrijf* staat in het teken van CWI's deelname aan dit Topinstituut. Het CWI heeft een lange traditie in strategisch top-onderzoek in de informatica en toegepaste wiskunde. Veel van dat onderzoek is sterk gericht op telematica-technologie, met name onderzoek naar computernetwerken, multimedia, cryptografie, beeldverwerking (analyse, compressie, indexering) en gespreide databases. Het CWI verwacht dat het eigen onderzoek een belangrijke stimulans zal krijgen vanuit het nieuwe Topinstituut, waarbij met name de wisselwerking met het bedrijfsleven en met andere vakgebieden kruisbestuivend kan gaan werken. Anderzijds verwacht het CWI ook dat het inbrengen van zijn eigen top-onderzoek(ers) stimulerend zal werken op de andere participanten.

Het programma van *CWI in Bedrijf* bestaat uit een ochtend-gedeelte met voordrachten die zich richten op beleidsaspecten, en een middag-gedeelte waarin specifiek wordt ingegaan op het onderzoek dat bij het CWI wordt uitgevoerd. Parallel daaraan vinden gedurende de hele dag demonstraties plaats van onderzoek.

Ochtend-programma

Gerard van Oortmerssen, directeur van het CWI, zal in zijn voordracht ingaan op het onderzoek dat op het CWI plaatsvindt en meer specifiek op het onderzoek dat hoge relevantie heeft voor het Telematica Topinstituut. **Amandus Lundqvist**, algemeen directeur van IBM Nederland, zal vanuit het perspectief van het bedrijfsleven spreken over het belang van het Telematica Topinstituut.

Luc Soete, directeur van MERIT, zal in zijn voordracht het belang aangeven van de Technologische Topinstituten voor het Nederlandse wetenschappelijk onderzoek. Voortbouwend op de nota "Kennis in Beweging" zal hij met name spreken over het belang van interactie tussen onderzoek en bedrijfsleven. Een geheel andere invalshoek is die van **Nico Rienks**, die in een heel andere tak van sport deelnam in een topteam. Zijn ervaringen met het werken naar topprestaties zijn op een groot aantal punten door te trekken naar de werkzaamheden van het Telematica Topinstituut. **Chris Vissers** tenslotte, directeur van het Telematica Topinstituut, zal de ambities en het onderzoeksprogramma van het Telematica Topinstituut presenteren.

Middagprogramma

Een van de allergrootste problemen op het gebied van de telematica is de beperkte hoeveelheid verkeer die mogelijk is over de huidige generatie netwerken. Vooral applicaties die gebruik maken van multimedia lijden onder deze beperking. **Dick Bulterman** zal in zijn voordracht onderzoek behandelen dat beoogt de congestieproblemen in computernetwerken te voorkomen. In datzelfde kader zal **Onno Boxma** spreken over het gebruik van methoden uit de toegepaste wiskunde voor het modelleren van computernetwerken. Op basis van deze modellen kunnen computernetwerken vooraf beoordeeld worden op hun prestaties. **Piet Hemker** zal in zijn voordracht de laatste ontwikkelingen behandelen op het gebied van het identificeren en schatten van parameters van biologische en chemische processen.

Als laatste spreker zal **Jan Friso Groote** laten zien hoe modellen uit de toegepaste logica gebruikt kunnen worden om te bewijzen dat bepaalde beveiligingssystemen in alle omstandigheden correct werken. Hij zal dat doen aan de hand van een concreet voorbeeld waarbij bewezen wordt dat de spoorbaanbeveiliging van de NS op een bepaald traject veilig is.

Programma

- 09.30 Ontvangst
- 09.55 Opening
- 10.00 *Het CWI in het Topinstituut:uitdaging en ambitie*
Gerard van Oortmerssen (CWI)
- 10.30 *Het belang van het Telematica Topinstituut voor IBM,
de industrie en de maatschappij*
Amandus Lundqvist (IBM)
- 11.00 *Het belang van Technologische Topinstituten voor het
wetenschappelijk onderzoek*
Luc Soete (RL-MERIT)
- 11.30 Pauze
- 12.00 *Het belang van teamwork voor topprestaties*
Nico Rienks
- 12.30 *Tussen wetenschap en toepassing*
Chris Vissers (TRC/TTI)
- 13.00 Lunch
- 14.00 *Multimedia en de informatiesnelweg: is het
fileprobleem oplosbaar?*
Dick Bulterman
- 14.30 *Prestatie-analyse van communicatienetwerken*
Onno Boxma
- 15.00 Pauze
- 15.30 *Ontwikkelingen in parameterschatten*
Piet Hemker
- 16.00 *Het bewijzen van de veiligheid van de
NS spoorbaanregeling*
Jan Friso Groote
- 16.30 Sluiting en borrel

Demonstraties

Gedurende de hele dag worden demonstraties verzorgd van CWI-onderzoek. Zo kunt u zich op de hoogte stellen van onderzoek op het gebied van datamining, multimedia, visualisatie, numerieke simulaties van elektronische schakelingen, milieuprocessen, neurale netwerken en algoritmen, wavelets, analyse van beelden, computational fluid dynamics, financiële wiskunde, software renovatie, wachtrijtheorie en prestatie-analyse, geheimschrift en getallenontbinding, het berekenen van eigenwaarden op parallelle computers, regeling van autosnelwegverkeer, World Wide Web. Daarnaast kunt u kennis maken met andere aspecten van het CWI, zoals de bibliotheek- en informatiedienst, die voor het bedrijven van wetenschappelijk onderzoek onmisbaar zijn.

Wat is het CWI ?

Het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) is het onderzoeksinstituut van de Stichting Mathematisch Centrum, een non-profit organisatie die tot doel heeft het wiskunde- en informatica-onderzoek te bevorderen.

Het CWI heeft een tweeledige missie:

- ◆ Het uitvoeren van grensverleggend onderzoek op het gebied van wiskunde en informatica;
- ◆ De overdracht van nieuwe kennis op deze gebieden naar de maatschappij in het algemeen en het bedrijfsleven en de industrie in het bijzonder.

Het CWI-onderzoek vindt plaats aan het front van de wetenschap; het levert fundamentele bijdragen aan de voortgang van de wiskunde en de informatica. Tegelijkertijd heeft het CWI een scherp oog voor praktische toepassingen van dit fundamentele onderzoek. De onderzoeksthema's worden strategisch gekozen. De maatschappelijke bruikbaarheid van de kennis vormt een belangrijk selectiecriteria voor nieuwe projecten.



Nadere inlichtingen

Deelname aan deze dag is kosteloos. Mocht u nog vragen hebben, neem dan contact op met Margriet Brouwer, tel. 020-592 4253, fax 020-592 4199, e-mail: margriet@cwi.nl.



Het **CW I** is het
Centrum voor Wiskunde en Informatica
van de Stichting Mathematisch Centrum

Vooraankondiging

CW I in Bedrijf

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam

Op **vrijdag 3 oktober a.s.** organiseert het Centrum voor Wiskunde en Informatica te Amsterdam haar jaarlijkse bedrijvendag "CW I in Bedrijf".

Dit jaar staat de deelname van het CW I in het Topinstituut Telematica centraal. Namens het kabinet heeft de minister van Economische Zaken in april jl. overheidssteun toegezegd voor het oprichten van technologische topinstituten. Hiermee wil het kabinet de banden versterken tussen het publiek gefinancierde onderzoek en het bedrijfsleven.

Eén van die Technologische Topinstituten is het topinstituut Telematica, waarvoor het Telematica Research Centrum (TRC) optreedt als coördinator. Het CW I participeert in dit topinstituut samen met deelnemende bedrijven en andere kennisinstellingen (TNO, TUD en UT).

Het ochtendprogramma is opgebouwd rond enkele sprekers die vanuit hun achtergrond (bedrijfsleven, overheid en onderzoekswereld) ingaan op de betekenis van het topinstituut Telematica. Het middagprogramma zal bestaan uit voordrachten en demonstraties van CW I onderzoek op de volgende gebieden:

- Analyse van beelden
- Berekenen van eigenwaarden op parallelle computers
- CFD
- Circuit analyse
- Datamining
- Financiële wiskunde
- Geheimschriften en grote getallen ontbinden
- Interactieve visualisatie
- Milieumodellering en poreuze media
- Multimedia en Mens-Machine Interactie
- Neurale netwerken en genetische algoritmen
- Regeling van hybride systemen
- Software renovatie
- Systeem identificatie
- Verkeersregeling
- Wachtrijtheorie en prestatie-analyse
- Wavelets
- World Wide Web

Deelname aan "CW I in Bedrijf" is kosteloos. Een gedetailleerd programma wordt u eind augustus toegestuurd. Graag adviseren wij u om nu alvast 3 oktober in uw agenda te reserveren voor "CW I in Bedrijf" 1997.

Voor nadere informatie kunt u contact opnemen met Margriet Brouwer, tel. 020-592 4253, fax 020-592 4199, email: margriet@cw i.nl.

Adressen

Kruislaan 413 1098 SJ Amsterdam
Postbus 94079 1090 GB Amsterdam
URL: <http://www.cw i.nl/>

Telecommunicatie

Telefoon 020 592 93 33
Telefax 020 592 41 99

Faktuuradres

Stichting Mathematisch Centrum
Postbus 94079
1090 GB Amsterdam

Registraties

S198731 KvK Amsterdam
Alg. Voorwaarden nr. 3851 KvK Amsterdam
BTW nt. NL 002953390B01

Deelnemerslijst CWI in Bedrijf 3 oktober 1997

Aarts	J.M.	TU Delft
Abma-Doutzen	D.	Elsevier Science
Afman	H.B.	OMEGAM
Aken	F.G.J. van.	TNO FEL
Anthony	S.	Rijkswaterstaat
Apt	K.R.	CWI
Baas-Hoffschulte	C.A.M.	Ministerie van OC&W
Baeten	J.C.M.	Technische Universiteit Eindhoven
Bakker	J.W. de	CWI
Baltzer	L.U.	Baltzer Science Publishers
Bandt-Stel	J.A. van den	VNO-NCW
Berkhoff	J.C.W.	SION
Blom	J.G.	CWI
Boerman	J.J.	ICL Nederland
Böhmer	R.L.	TNO-TPD
Bolhuis	A.L. van	
Bolk	H.	IMEconsult
Bouwhuis	R.	Boreas
Boxma	O.J.	CWI
Bremer	A.M. van den	Röntgen Technische Dienst bv
Brink	K.J. van	Stork Product Engineering
Brouwer	I.	Cisco Systems International
Brouwer	M.W.	CWI
Bruins	E.E.W.	Stichting FOM
Bruyel	T.	IBM
Bulterman	D.C.A.	CWI
Bijlsma	J.	N.N.I./NEC
Coolen	L.A.A.M.	KPN Research
Cornet	F.	Delta Lloyd
Dalen	J.Chr. van	LUW/TNO/MSM
Dasselaar	M.R.	SENER Den Haag
Deursen	A. van	CWI
Doelman	A.	NL-Net
Douma	J.J.	NewMetropolis
Dumay	A.C.M.	TNO
Dunselman	B.J.M.	Data Sciences
Duijn	C.J. van	CWI
Engelenburg	H.	Het Financieele Dagblad
Es	A.J. van	Universiteit van Amsterdam
Flutsch	F.E.H.	Olsy Nederland B.V.
Galen	P.Chr. van	FENIT
Geise	J.B.J.	IBM Nederland
Geenen	S.	Cap Gemini Nederland
Gerards	A.M.H.	CWI
Gerrits	W.A.M.	SENER Zwolle
Gerritse	F.B.	SENER Den Haag
Gelder	Th. van	Kluwer BedrijfsInformatie
Gottmer	M.C.	MARIN
Groote	J.F.	CWI
Hagen	P.W.J. ten	CWI

Hanekamp	J.A.	TNO-TPD
Hardmann	H.L.	CWI
Hee	K.M. van	Bakkenist Management Consultants
Heeman	F.C.	Elsevier Science
Heezemans	P.H.	Inseco
Hemker	P.W.	CWI
Heijmans	H.J.A.M.	CWI
Hirdes	F.	TechForce
Hof	W. van het	IBM Nederland
Holsheimer	M.	CWI
Hoogland	J.	CWI
Hoorn	M. van	Flax Technology
Jelmersma	R.A.	KLM
Jong	M.T. de	Technologiestichting STW
Joosen	J.A.M.	Cap Gemini Nederland BV
Kampfraath	A.A.	
Kamphuis	I.	ECN
Kamping	J.M.	Océ Technologies
Karssenbergh	H.	Hogeschool van Utrecht
Keane	M.S.	CWI
Kemenade	C.H.M. van	CWI
Kersten	M.L.	CWI
Keijzer	N.M.	AWT
Kircz	J.	Elsevier Science
Klint	P.	CWI
Koeijer	A.A. de	ID-DLO
Kok	J.	CWI
Konijnenberg	W.F.	XS/OS BV
Koppert	E.	Provincie Noord Holland
Koren	B.	CWI
Kos	N.J.	NWO
Krol	H.R.	IBM
Kruijen	H.B.M.	TNO Multimedia & Telecommunicatie
Laat	L.H.G. de	
Lanser	D.	CWI
La Poutré	J.A.	CWI
Liere	R. van	CWI
Lioen	W.M.	CWI
Logt	H.	LSI
Lundqvist	A.M.H.	IBM Nederland
Luijn	W.L.M. van	Consensus Engineering
Luyten	J.T.A.	TNO-STB
Mansvelder	D.	SUN Microsystems Computers
Margherita	E.I.L.D.G.	TNO Raad van Bestuur
Meppelink	G.	CMG Arnhem BV
Mettrop	M.W.	CWI
Middelham	F.	RWS-AVV
Mynett	A.E.	Waterloopkundig Laboratorium
Neessen	J.T.A.	TNO Multimedia & Telecommunicatie
Neggers	C.A.M.	SURFnet
Nieland	H.M.	CWI
Niewind	A.C.	Ministerie OC&W
Nool	M.	CWI
Nuez Queija	S.	CWI

Oonincx	P.J.	CWI
Oortmerssen	G. van	CWI
Oosten	J.M.J. van	SERC
Oosterhuis	J.G.	Senter Zwolle
Ornee	R.J.	IC/DC
Os	A.G. van	Waterloopkundig Laboratorium
Ouibrahim	H.	Lucent Technologies
Peeters	R.C.M.	ECN
Pemberton	S.	CWI
Ploeg	A. van der	CWI
Poot	H.J.G. de	Telematica Research Centrum
Rademaker	L.	Ten Hagen & Stam Uitgevers
Radstaak	B.G.	Nederland Distributieland
Reinshagen	P.	Freelance journalist
Riele	H.J.J. te	CWI
Rienks	N.	Ex-topsporter
Roos	F.A.	CWI
Rooijen	R.M. van	CWI
Ruyen	L.J. van	VR OPTO BV
Ruyter	H.D.	Ministerie van Economische Zaken
Salomon	M.	Rabofacet
Schotting	R.J.	CWI
Schrauwers	A.	Zelfstandig journalist
Schuling	F.M.	Philips Medical Systems
Schumacher	J.M.	CWI
Schuppen	J.H. van	CWI
Shair-ali	S.R.	IBM
Siebes	A.P.J.M.	CWI
Simons	M.	Coopers & Lybrand
Simons	S.	KennisKring Amsterdam
Sips	H.J.	Technische Universiteit Delft
Smedema	A.L.	Getronics Software
Smit	J.H.A. de	Universiteit Twente
Snijders	F.A.M.	CWI
Soete	L.	RL-MERIT
Spee	E.J.	CWI
Spohr	P.	TNO Multimedia en Telecom
Stijn	Th.L. van	RWS/RIKZ
Swart	J.J.B. de	CWI
Tan	S.G.	MARIN
Temme	J.Th.	Ordina Telecom bv
Temme	N.M.	CWI
Tok	J.A. van	CWI
Tostmann	W.F.	Ministerie van Economische Zaken
Veld	R. op het	Computable
Veltman	B.P.	
Verschoor	C.D.	Nieuwsselect
Vervest	P.H.M.	Multimedia Skills
Verwer	J.G.	CWI
Vis	J.P.M.M.	RWS/AVV
Vissers	Chr.	Telematica Instituut
Vogel	J.A.	TNO-FEL
Vos	J.	X/OS BV
Vreekamp	H.B.	Journalist

Vuuren
Werkhoven
Wezel
Wezenbeek
Wielinga
Zeeuw
Zuidwijk
Zwaard

V. van
L.D.C. van
M. van
W.J.S.M. van
R.F.
P.M. de
R.A.
P.H.

Provincie Noord Holland
SENER/EG Liaison
CWI
Elsevier Science
SENER
CWI
CWI
TNO-FEL



CWI IN BEDRIJF

'97

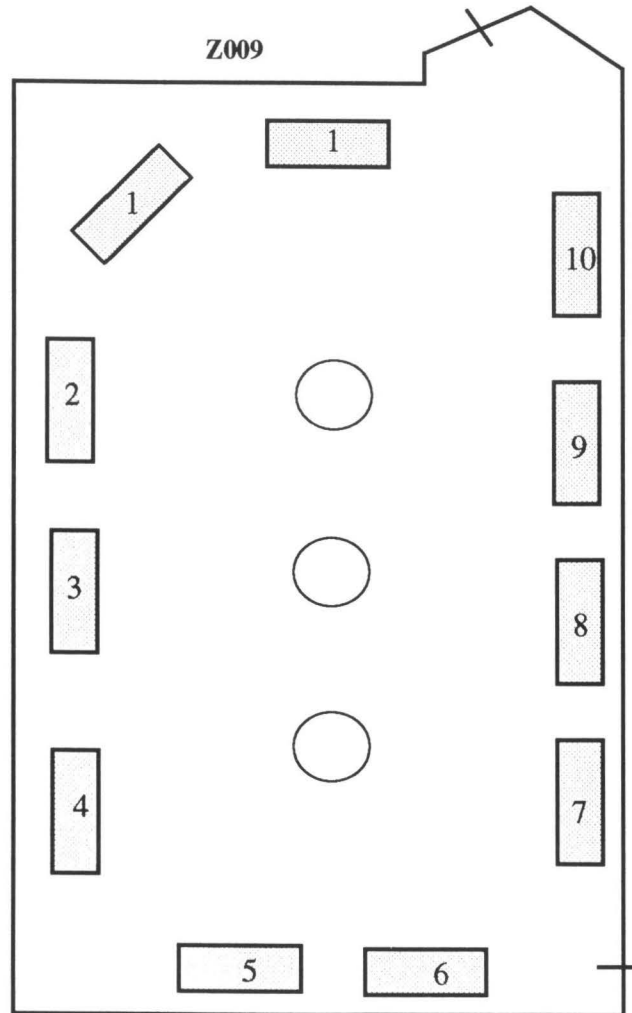
Programma

- 09.30 Ontvangst
- 09.55 Opening
- 10.00 *Het CWI in het Topinstituut: uitdaging en ambitie*
Gerard van Oortmerssen (CWI)
- 10.30 *Het belang van het Telematica Topinstituut voor IBM, de industrie en de maatschappij*
Amandus Lundqvist (IBM)
- 11.00 *Het belang van Technologische Topinstituten voor het wetenschappelijk onderzoek*
Luc Soete (RL-MERIT)
- 11.30 Pauze
- 12.00 *Het belang van teamwork voor topprestaties*
Nico Rienks
- 12.30 *Tussen wetenschap en toepassing*
Chris Vissers (TRC/TTI)
- 13.00 Lunch
- 14.00 *Multimedia en de informatiesnelweg: is het fileprobleem oplosbaar?*
Dick Bulterman
- 14.30 *Prestatie-analyse van communicatienetwerken*
Onno Boxma
- 15.00 Pauze
- 15.30 *Ontwikkelingen in parameterschatten*
Piet Hemker
- 16.00 *Het bewijzen van de veiligheid van de NS spoorbaanregeling*
Jan Friso Groote
- 16.30 Sluiting en borrel

CWI in Bedrijf 3 oktober 1997

Demonstraties Z009

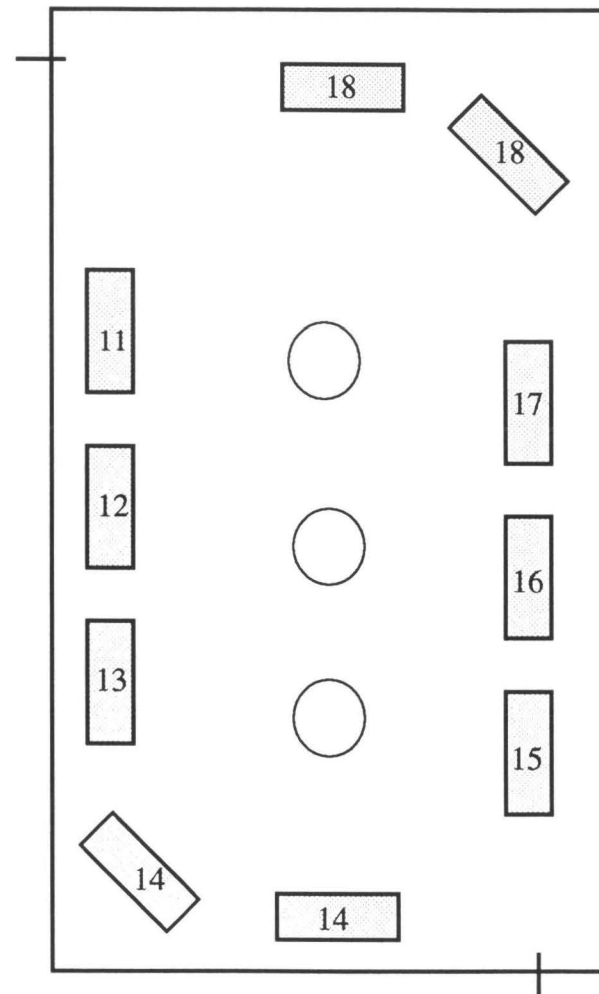
1. wetenschappelijke visualisatie
2. milieuwiskunde (joke Blom)
3. absorptie in poreuze media
4. milieuwiskunde
5. human computer interaction
6. neurale netwerken
7. bereken van eigenwaarden
8. financiële wiskunde media
9. geheimschrift en getallen ontbinding
10. circuitanalyse



Z010

Demonstraties Z010

11. datamining
12. multimedia
13. wavelets/beeldcompositie
14. bibliotheek- en informatie-dienst
15. software renovatie
16. wachtrijtheorie- en prestatie-analyse
17. systeemidentificatie
18. luchtstromingen in garenblazers

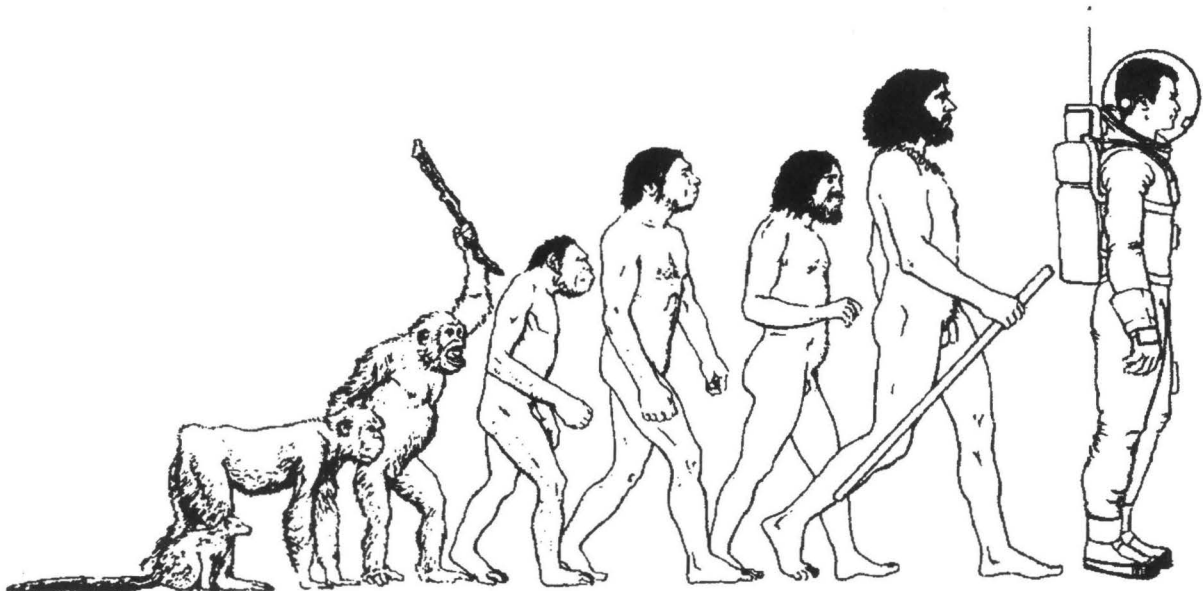


GENETISCHE ALGORITMEN EN NEURALE NETWERKEN

Genetische algoritmen en neurale netten zijn recente ontwikkelingen in de informatica, die momenteel prominent in de aandacht staan. Deze berekeningsmethoden zijn geïnspireerd op de biologische principes van de natuur, zoals evolutie, 'survival of the fittest', leerprocessen en parallelisme. Ze leveren belangrijke nieuwe mogelijkheden op om complexe management-gerelateerde problemen snel en goed op te lossen.

Genetische algoritmen (GA's) zijn berekeningsmethoden, die gebaseerd zijn op de evolutieleer. Hierbij wordt een goede collectie van oplossingen voor een (optimaliserings-) probleem ontwikkeld door middel van natuurlijke selectie, namelijk 'survival of the fittest'. Zodoende is er geen expliciete kennis nodig over hoe een goede oplossing moet worden gecreëerd: het genetisch algoritme bouwt zelf de kennis over goede oplossingen impliciet op. Daarom zijn GA's vaak zeer geschikt voor complexe optimaliseringsproblemen met ingewikkelde of vage criteria, of bijvoorbeeld voor problemen met variërende of onnauwkeurige data of modellering, waarbij een stabiele oplossing moet worden gevonden. Het gebied van de genetische algoritmen is relatief nog jong, maar er bestaan al vele resultaten en toepassingen, die bovendien een veelbelovend perspectief bieden.

Neurale netwerken (NN's) zijn berekeningsstructuren, die geïnspireerd zijn door biologische modellen van de hersenen. Hierbij wordt een adaptieve structuur van elementaire rekeneenheden ('neuronen') gebruikt, die op bepaalde wijze aan elkaar verbonden zijn (door 'axonen'). Zodoende ontstaat er een flexibel adaptief netwerk dat in staat is (autonoom) te leren en extraheren uit een verzameling gegevens. Daarom zijn NN's vaak heel geschikt voor toepassing binnen beslissingsprocessen, zoals voor het autonoom classificeren en structureren van relevante gegevens uit beperkte data of voor het voorspellen van of anticiperen op toekomstige ontwikkelingen.



Op het CWI wordt bij de groep 'Evolutionary Computation and Applied Algorithmics' onderzoek en ontwikkeling verricht aan genetische algoritmen, neurale netwerken en discrete algoritmen. De primaire toepassingsgebieden zijn daarbij gerelateerd aan (maar niet beperkt tot) management-situaties, zoals die voorkomen in bedrijven (bijvoorbeeld optimalisatie, detectie, classificatie) of in de technologie (bijvoorbeeld 'embedded process management'). Hieronder geven we enige voorbeelden van projecten bij de onderzoeksgroep.

Air Traffic Flow Management: een tool voor het op grote schaal managen van vliegverkeer, met behulp van het 'free route model', dat een efficiënter gebruik van het luchtruim toelaat. De tool is een evolutionaire planner, dat wil zeggen, een planner gebaseerd op genetische algoritmen. Het project is uitgevoerd samen met het Nationaal Lucht- en Ruimtevaart Laboratorium NLR.

Neural Vision: een tool voor visualisatie en clustering van hoog-dimensionale data door middel van data-projectie. De tool gebruikt hiervoor verschillende soorten neurale netwerken. Als zodanig is het een belangrijk onderdeel voor exploratieve data-analyse binnen een besluitvormingsproces. Het project is in samenwerking met de Universiteit van Nijmegen en met Rijkswaterstaat.

Customers Choice: hier wordt door middel van clustering met behulp van neurale netwerken bepaald welke klantkenmerken belangrijk zijn voor het koopgedrag. Hierbij wordt de informatie uit verkoopbonnen gebruikt, dus een gigantische hoeveelheid van zeer beperkte, maar eenvoudig te verkrijgen informatie. Het project is in samenwerking met een groothandel en de Universiteit Leiden. Op dit gebied zal ook samenwerking plaats vinden met de groep Datamining and Knowledge Discovery van het CWI.

Unsupervised Classification: hierin wordt uit remote-sensing data informatie over rampgebieden gehaald. Dit gebeurt door middel van clustering en classificatie van data. De classificatie is 'unsupervised', dat wil zeggen dat er geen informatie van experts of van grondmetingen hoeft te worden verkregen (tijdrovend en duur). Het project is in samenwerking met het Centre for Computer Science in Organization and Management (CCSOM — UvA) en het CRREL (Cold Regions Research and Engineering Laboratory, USA).

On-line Process Management in Information Technology: het betreft hier beslissingsproblemen die voorkomen in moderne informatie-technologie, bijvoorbeeld in computernetwerken of multimediasystemen. Hierbij moet het management on-line zijn, dat wil zeggen dat continu (real-time) de beslissingen binnen een actief systeem moeten worden genomen. Het project is in samenwerking met SION (Stichting Informatica Onderzoek in Nederland) en het Philips Natuurkundig Laboratorium.

Dr. ir. J.A. La Poutré
Telefoon 020 - 592 4082
E-mail: Han.La.Poutre@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon 020 - 592 9333, telefax 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

september 1997

TOEGEPASTE KANSREKENING VOORKOMT ERGERNIS BIJ WACHTEN

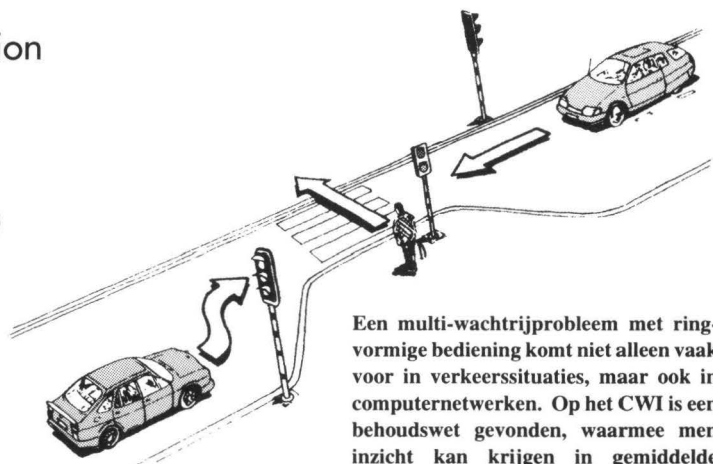
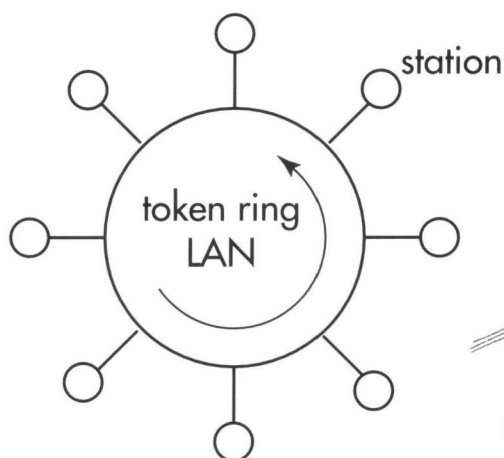
Wachten is zo algemeen dat de ergernis waarmee het gepaard gaat eveneens deel is gaan uitmaken van het dagelijks bestaan. Wachten in de file, op het postkantoor of het 'aantal wachtenden vóór u' bij de telefoon lijkt bovendien steeds maar toe te nemen, terwijl in onze informatiemaatschappij tegelijkertijd steeds meer geavanceerde en snellere systemen in gebruik komen.

Het wachtrijprobleem verheugt zich al sinds het begin van deze eeuw in de aandacht van wiskundigen. Sterker nog, de kanstheoretische aanpak van deze problemen heeft zich ontwikkeld tot een essentieel hulpmiddel bij het ontwerpen en dimensioneren van communicatiesystemen (die al of niet via computers werken), het oplossen van problemen bij het wegverkeer en bij allerlei fabricageprocessen. Kort gezegd: daar waar een beperkte capaciteit voor 'dienstverlening' beschikbaar is voor elkaar beconcurrerende gebruikers. Het kernprobleem bij wachtrijen is: hoe wijs je de beperkte capaciteit zo goed mogelijk toe aan zo veel mogelijk gebruikers?

Om een dergelijk systeem voor dienstverlening optimaal te laten functioneren wordt een wiskundig model gemaakt van de manier waarop de wachtenden moeten worden bediend. Omdat het aankomstproces van de klanten en hun bedieningsvraag stochastische aspecten bevatten, zijn ook de belangrijkste grootheden (het aantal wachtende klanten en de wachttijden) stochastisch: wachtrijtheorie is een onderdeel van de toegepaste kansrekening.

Het CWI doet al jaren fundamenteel onderzoek naar modellen en methoden uit de wachtrijtheorie. Het onderzoek spitst zich de laatste jaren toe op wachtrijmodellen voor prestatie-analyse van computers en communicatiesystemen, en de integratie van wachtrij- en betrouwbaarheidsaspecten in één model (bijvoorbeeld defecte onderdelen die wachten op reparatie of bedieners die zelf aan slijtage onderhevig zijn).

Zo doet het CWI onderzoek naar de analyse en de optimalisering van zogenaamde pollingsystemen. Dit zijn wachtrijsystemen waarin een bediener afwisselend klanten bedient die in meerdere wachtrijen klaar staan. Een dergelijk systeem geeft het gedrag weer van bepaalde computernetwerken zoals het 'Token Ring' local area netwerk. De token (bediener) reist de ring rond met een opdracht van een der zenders en is dan bezet.



Een multi-wachtrijprobleem met ring-vormige bediening komt niet alleen vaak voor in verkeerssituaties, maar ook in computernetwerken. Op het CWI is een behoudswet gevonden, waarmee men inzicht kan krijgen in gemiddelde wachttijden van alle soorten gebruikers in zulke systemen.

Ook is onderzoek verricht naar de mogelijkheden om de bediener binnen een dergelijk systeem volgens een vast, niet noodzakelijk cyclisch, patroon naar de wachtrijen te sturen. Getracht werd een patroon te vinden dat de gemiddelde wachttijden minimaliseert. Het onderzoekprogramma omvatte zowel theoretische activiteiten als consultaties.

Pollingsystemen worden ook toegepast in flexibele produktiesystemen, bij verkeersmodellen en bij machinale robots die - als bedieners - verschillende bewerkingen aan produkten kunnen verrichten. Hier zijn omschakeltijden en -kosten belangrijke factoren.

Daarnaast vindt onderzoek plaats aan complexe systemen die bestaan uit een groot aantal aan slijtage onderhevige onderdelen, waarbij onderhoudsploegen het preventief en correctief onderhoud uitvoeren. Hierbij gaat het om een interactie van wachtrij- en betrouwbaarheidstheorie.

Het zwaartepunt van het onderzoek ligt momenteel bij de prestatie-analyse van breedband communicatienetwerken. Via glasvezelnetten lopen straks diverse vormen van communicatie, zoals het gesproken woord, data en beelden, die allemaal verschillende karakteristieken bezitten. Dat leidt tot interessante wachtrijproblemen. Dataverkeer mag in sommige gevallen wel even wachten, maar het gesproken woord meestal niet.

Tenslotte verricht het CWI rechtstreeks toegepast onderzoek voor bedrijven en andere organisaties. Daarbij wordt er meestal van uitgegaan dat bij het bedrijf medewerkers beschikbaar zijn die kennis hebben van de wachtrij-problematiek en van de wiskundige technieken die daarbij worden toegepast.

Praktijk

NS: In opdracht van de afdeling Vervoersonderzoek van de NV Nederlandse Spoorwegen is een wachtrij-analyse van spoorwegkruisingen en -splitsingen opgezet. Enige kansmodellen zijn ontwikkeld, waarmee conflictansen en gemiddelde wachttijden van treinen op kruisingen en splitsingen zijn berekend.

PTT Telecom: In opdracht van de PTT zijn wachtrij-modellen ontwikkeld en doorgerekend voor de verkeers-technische analyse van ATM-netten (Asynchronous Transfer Mode) zoals het ISDN-net van PTT Telecom.

Prof.dr.ir. O.J. Boxma

Telefoon 020-592 4094

E-mail: Onno.Boxma@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon 020-592 9333, telefax 020-592 4199

<http://www.cwi.nl/>

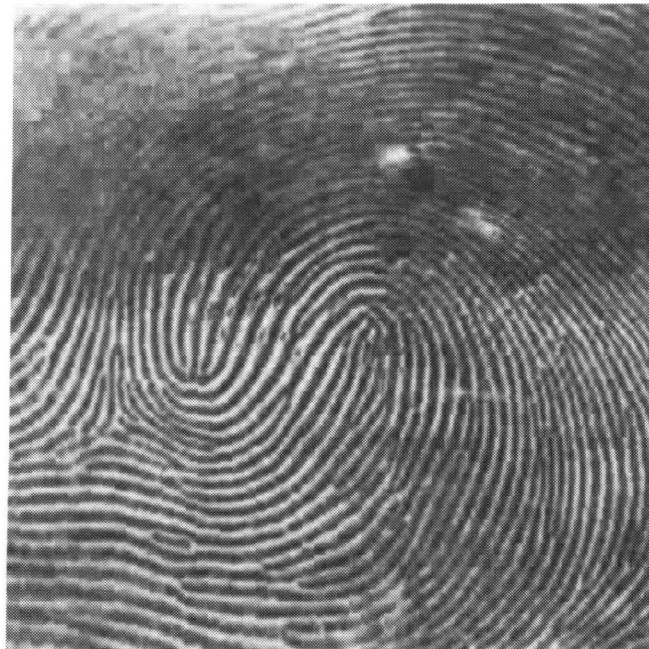
september 1997

WAVELETS — EEN WISKUNDIGE MICROSCOOP

Wavelets zijn golfpatroontjes van beperkte omvang, met behulp waarvan vooral abrupte overgangen in een signaal of scherpe contrasten in een beeld, en verschijnselen met structuur op verschillende schalen kunnen worden bestudeerd. De wavelet-methode, in de jaren tachtig ontwikkeld en inmiddels voorzien van een solide wiskundige basis, is uitgegroeid tot een machtig hulpmiddel bij toepassingen op het gebied van datacompressie, ruisonderdrukking en beeld- en geluidverwerking. Op het CWI loopt een door de Stichting voor de Technische Wetenschappen STW gefinancierd project dat zich richt op toepassingen van wavelets in de seismologie en geofysica.

Het krachtigste wiskundige hulpmiddel bij de analyse en verwerking van signalen en beelden is de Fourier-methode, bedacht in de jaren twintig van de vorige eeuw door de Franse wis- en natuurkundige Joseph Fourier. Hierbij wordt een signaal (wiskundig: een functie) gezien als opgebouwd uit 'bouwstenen' in de vorm van sinus-vormige golven van verschillende frequenties. Het grote succes van de Fourier-methode komt omdat in de praktijk vaak een beperkt aantal bouwstenen voldoende blijkt om een aantal belangrijke karakteristieken van een signaal te ontdekken, bijvoorbeeld de invloed van oceaangolven in de Noordzee. De 'Fourier-coëfficiënt' voor een bepaalde frequentie geeft aan hoe sterk die frequentie gemiddeld in het totale signaal is vertegenwoordigd. Omdat een sinus-functie tot in het oneindige blijft doorgolven geven de Fourier-coëfficiënten geen directe informatie over het lokale gedrag van een signaal; zij geven alleen een soort gemiddelde informatie over het hele signaal. Sla bijvoorbeeld op een piano een C aan en een seconde daarna de naasthogere G. Doe het vervolgens net andersom: eerst de G en dan de C. Aan de Fourier-coëfficiënten is het verschil nauwelijks te zien. De Fourier-methode is dan ook niet erg effectief in het ontdekken van snelle veranderingen in signalen, zoals het begin van een gesproken woord of een scherpe rand in een beeld. Verder vertonen vele signalen, bijvoorbeeld bij spraak en video, structuur op diverse schalen. De Fourier-methode 'mist' het grootste deel van deze multi-schaal structuur.

Jean Morlet, een Franse geofysicus in dienst van de oliemaatschappij Elf Aquitaine, ondervond begin jaren tachtig bij zijn analyse van seismische signalen dermate hinder van bovenstaande beperkingen van de Fourier-methode dat hij op zoek ging naar iets beters. Voortbouwend op eerder werk van onder anderen de fysicus en Nobelprijswinnaar Dennis Gabor kwam hij met het idee van 'wavelets'. Een wavelet is een golf-achtige functie die met een bepaalde frequentie rond het nulpunt schommelt in een klein gebied en daarbuiten gelijk is aan nul of zeer snel uitdempt. Een wavelet is dus gelokaliseerd zowel in frequentie als in positie. Van deze 'moeder'-wavelet $\Psi(x)$ wordt nu een hele familie andere wavelets afgeleid door de moeder, als een harmonica, uit te rekken of samen te drukken en te verschuiven. Een gebruikelijke keuze is: $\Psi_{j,k}(x) = 2^{j/2} \Psi(2^j x - k)$, met j en k gehele getallen (k regelt de verschuiving, j de schaling). In deze familie is op elke gewenste positie elke schaal vertegenwoordigd. De 'moeder' Ψ is, onder enkele milde wiskundige voorwaarden, vrij te kiezen. Een wavelet-familie is te vergelijken met de verzameling van sinus- en cosinus-functies van alle frequenties in de Fourier-analyse.



De FBI heeft zijn 200 miljoen vingerafdrukken met behulp van wavelets compact opgeslagen.

Met wavelets wordt een signaal in kaart gebracht door elke wavelet van de familie als een mal langs het signaal te schuiven en op elk tijdstip te meten hoe goed die mal past. De resulterende 'wavelet-coëfficiënten' zien er in een grafiek uit als een berglandschap boven het tijd-frequentie vlak. Een abrupte overgang in het signaal is direct zichtbaar als een piek bij de hoge frequenties op het tijdstip van overgang. Wavelet-analyse werkt als een microscoop: door de beschikbaarheid van wavelets van willekeurig kleine schaal kun je 'inzoomen' op elk gewenst detail van het signaal. Een belangrijk verschil met Fourier-analyse is dat de wavelet-coëfficiënten van een één-dimensionaal signaal een twee-dimensionale verzameling vormen (afhankelijk van tijd en frequentie). Juist deze extra vrijheidsgraad (flexibiliteit) verklaart het succes van wavelets bij de analyse van abrupte overgangen en multi-schaal structuren.

Een probleem is dat wavelets in het algemeen veel ingewikkelder functies zijn dan Fourier's sinus-golven. De 'eenvoudige' wavelets die Morlet gebruikte missen een belangrijke eigenschap: ze zijn niet orthogonaal. Orthogonaliteit is een bijna onmisbare eigenschap, zoals bekend is uit de Fourier-analyse. In 1988 slaagde de thans in de VS werkende Belgische wiskundige Ingrid Daubechies erin orthogonale wavelets te construeren die bovendien op een beperkt gebied ongelijk nul zijn. Deze theoretische doorbraak bracht een hele serie praktische toepassingen binnen handbereik. Weliswaar zijn deze wavelets alleen 'recursief' gegeven (er is geen expliciete formule voor), maar de computer weet juist daarmee heel goed raad. Bij het ontwerpen van efficiënte wavelet-algoritmen vormt de keuze van de moeder-wavelet voor een bepaalde toepassing een belangrijke schakel. Op algoritmisch gebied zijn vooral Frankrijk, de VS en Japan actief.

Wavelets opereren op dezelfde 'markt' als de Fourier-methode en zijn dus in principe zeer breed toepasbaar. Omdat de mens beeld en geluid voornamelijk door contrasten waarneemt, zijn wavelets bij uitstek geschikt om beelden en akoestische signalen efficiënt op te slaan en over te zenden door datacompressie. Zo heeft de Amerikaanse FBI enkele jaren geleden zijn bestand van 200 miljoen vingerafdrukken (meer dan duizend terabyte) door waveletcompressie weten terug te brengen tot een paar procent van de oorspronkelijke omvang, met behoud van de herkenbaarheid der afdrukken. Wavelets worden ook met succes gebruikt voor het verwijderen van ruis in oude geluidsopnamen en het opknappen van beelden afkomstig van MRI- en CT-scans. Omdat een wavelet-familie bestaat uit zelfgelijkende functies is de methode ook zeer geschikt voor het ontdekken van fractale structuren in waarnemingen. Recent is de wavelet-methode toegepast bij onder meer de studie van stromingsverschijnselen (turbulentie), klimatisering in kantoorgebouwen, opsporing van kortdurende onregelmatigheden in een signaal (bijvoorbeeld een ECG), het goed functioneren van een lopende band en spraaksynthese. Vermeldenswaard is nog tenslotte Japans wavelet-onderzoek naar een nieuwe golfbal met een 'sportief' geluid (de gangbare golfbal geeft in Japanse oren een 'armoedig' geluid en valt dus uit de toon in de veelal peperdure golfclubs).

In Nederland worden wavelets en hun toepassingen onder meer bestudeerd bij het KNMI (structuur van het wolkendeck), de TU Delft (bodemstructuren, in verband met oliewinning), de Rijksuniversiteit Groningen (beeldverwerking in de geneeskunde) en het CWI (analyse van geofysische/seismische signalen). Het onderzoek op het CWI heeft zich toegespitst op een nieuwe methode om de Radon-transformatie (alom bekend uit de computertomografie) met de wavelet-transformatie te combineren en voor deze 'Wavelet-Radon-transformatie' snelle algoritmen te ontwikkelen. De methode wordt toegepast om ongewenste signalen uit geofysische metingen te verwijderen. Een tweede onderwerp wordt samen met het KNMI bestudeerd en betreft polarisatieproblemen bij seismische signalen, waarbij het spectrum wordt geschat door voorbehandeling van de signaalgegevens.

(Voor nadere informatie over dit CWI-onderzoek: <http://www.cwi.nl/cwi/projects/wavelets.html>)

Dr. N.M. Temme
Telefoon 020 - 592 4240
E-mail: Nico.Temme@cwi.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon: 020 - 592 9333, telefax: 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

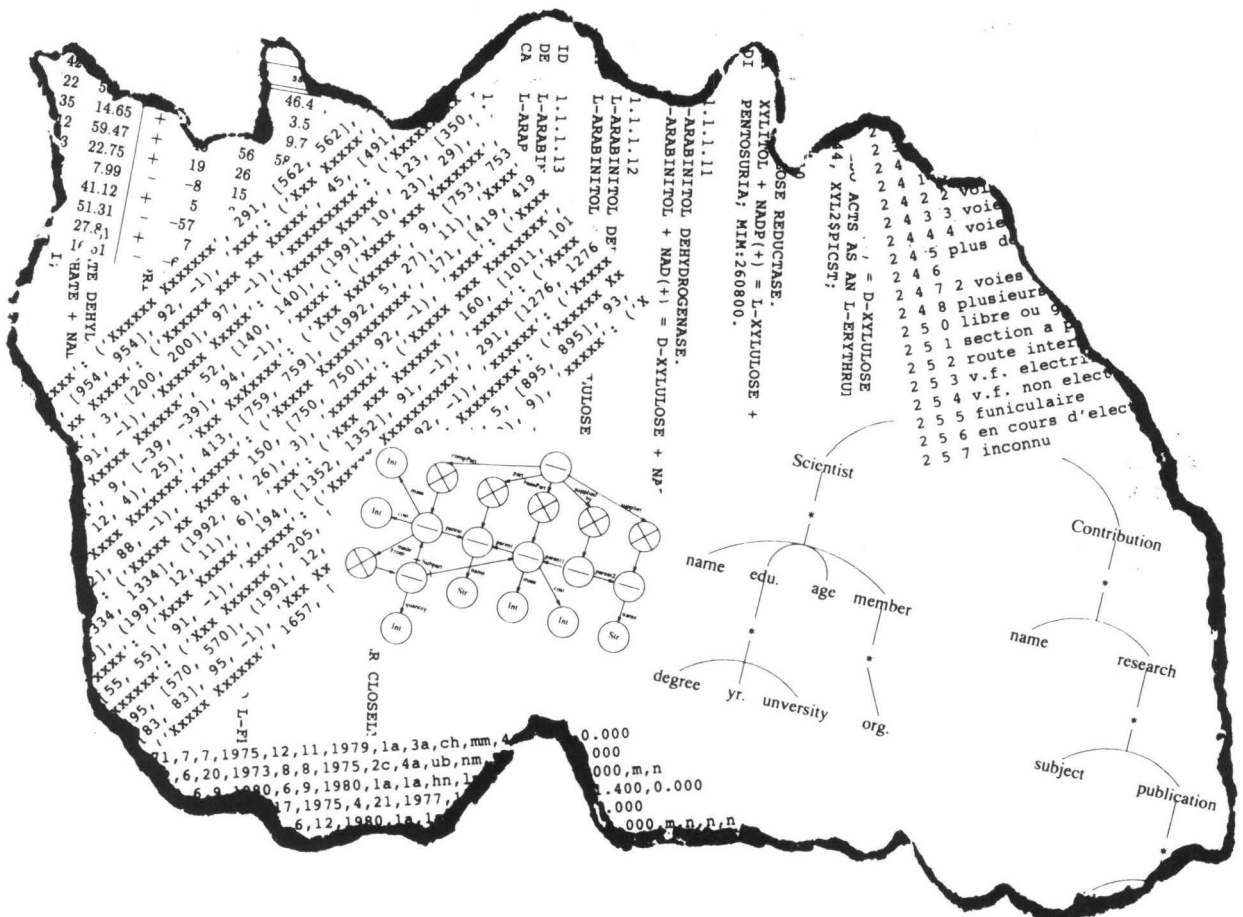
september 1997

KWALITEIT EN EFFICIËNTIE VAN DATABASE MANAGEMENT SYSTEMEN

Informatiesystemen ter ondersteuning van bedrijfsprocessen of ten behoeve van wetenschappelijk onderzoek zijn onderhevig aan snel wisselende eisen met betrekking tot het gebruik. Dit vereist van deze systemen grote flexibiliteit en betrouwbaarheid. Het CWI levert belangrijke bijdragen aan de studie naar datamodellen en architecturen voor database management systemen (DBMS) geschikt voor parallelle en gespreide computersystemen. Het onderzoek gebeurt zowel in nationaal als in Europees verband.

De huidige DBMSen zijn goed opgewassen tegen hun taken in een traditionele, sequentiële computer-omgeving. Ook op het terrein van administratieve toepassingen zijn er geen fundamentele technische problemen. Zolang men de database alleen voor de traditionele, administratieve toepassingen wil gebruiken zijn de beste beschikbare DBMSen efficiënt en hebben een goed prestatieniveau.

Dat wordt anders bij meer geavanceerde toepassingen. DBMSen presteren nog onder de maat in bijvoorbeeld een CAD/CAM of een multimedia omgeving. Men weet hier de aanwezige structuur nog niet goed uit te buiten. In de praktijk ontbreekt er in een database vaak informatie, hetgeen tot zoekproblemen kan leiden. Hoe een DBMSen op een consistente manier met onvolledige zoek-(indexerings-)informatie moet omgaan is nog een open vraag. Daarbij komt nog dat de computeromgeving waarin een database is ondergebracht tegenwoordig vaak bestaat uit een netwerk van onderling verschillende werkstations. Het onderzoek naar DBMSen in een gespreid, heterogeen computersysteem vormt een belangrijk onderdeel van het CWI-onderzoek. Een ontwikkeling die hierbij van grote invloed is op toekomstige DBMSen is dat in het komende decennium het interne RAM-geheugen (Random Access Memory) van de computers sterk zal groeien. Deze geheugens zullen een capaciteit in de orde van enige Gigabytes en een snelheid van meer dan 1000 tps (transactions per second) bereiken en qua prijs moeiteloos kunnen concurreren met schijfgeheugens. Het is dan aanzienlijk voordeliger om gegevens direct in het RAM-geheugen te bewaren, in plaats van op magneetschijf, zoals heel lang gebruikelijk was. Tegelijkertijd zal de snelheid van de gegevensverwerking toenemen door het gebruik van meerdere, parallelle, processoren. Deze nieuwe machine-architectuur stelt nieuwe, hoge eisen aan het DBMS.



Het CWI neemt in een aantal nationale en Europese programma's deel aan fundamenteel en strategisch onderzoek naar database management systemen.

MERCURY — Het CWI neemt deel in een grootschalig ESPRIT IV project (1995-1997) MERCURY — Performance Management of Commercial Parallel Database Systems — dat een vroegtijdige kwaliteitsbeoordeling van nieuwe DBMSen mogelijk moet maken. Nieuwe systemen vertonen nog vaak constructiefouten en knelpunten in de prestatie die pas in de praktijk aan het licht komen. Een belangrijk onderdeel is het ontwikkelen van benchmarks die het mogelijk maken met beperkte inspanning de betrouwbaarheid en kwaliteit van een DBMS te testen.

MONET — Een DBMS voor toepassingen zoals datamining, cartografie en kantoorautomatisering moet in staat zijn om complexe datastructuren efficiënt te verwerken. Het DBMS Monet, ontwikkeld op het CWI in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam, wordt gebruikt om te experimenteren met implementatie technieken voor nieuwe toepassingsgebieden op platforms voor parallelle en gespreide verwerking. Actuele toepassingen van Monet betreffen de computer-intensieve probabilistische berekeningen over grote gegevensbestanden (datamining) en de bouw van een Geografisch Informatie Systeem in het kader van het nationale project MAGNUM. In het Monet-project (1990-1997), gefinancierd door de stichting SION en het nationale HPCN-programma, werkt het CWI samen met drie Nederlandse universiteiten.

(Zie ook <http://www.cwi.nl/~monet>).

HPCN-IMPACT — Met steun van het nationale HPCN-programma wordt in dit project, in samenwerking met onder anderen de universiteiten van Amsterdam en Twente en ING Bank, onder meer gewerkt aan toepassingen van parallelle en gespreide database technologie op problemen in de financiële sector. De specifieke taak van het CWI is de ontwikkeling van algoritmen voor datamining van tijdreeksen en de verdere ontwikkeling van de Monet database architectuur.

KESO — In het ESPRIT IV project KESO — Knowledge Extraction for Statistical Offices — wordt gewerkt aan de ontwikkeling van een datamining systeem ten behoeve van aanbieders van grote databases, zoals nationale bureau's voor de statistiek. CWI's partners bij deze ontwikkeling zijn Data Distilleries (een spin-off van het CWI), GMD en de Universiteit van Helsinki. (Meer informatie over datamining is te vinden in de fact sheet 'Datamining: schatgraven in databases'.)

SION-AMIS — In dit project bestuderen toonaangevende Nederlandse onderzoeksgroepen van de Universiteiten van Amsterdam, Twente en Utrecht en het CWI samen de wisselwerking tussen data-organisatie en gebruiker bij het zoeken in multimedia databases. Responstijd, nauwkeurigheid en gebruiksvriendelijke display zijn belangrijke factoren in het onderzoek, dat is gericht op toepassing in een database voor beelden en video. Het CWI heeft zich als taak gesteld dit onderzoek te steunen met een experimentatie platform, waarin in de orde van een miljoen beelden zijn opgeslagen.

Prof.dr. M.L. Kersten
Telefoon 020 - 592 4066
E-mail: Martin.Kersten@cwi.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon 020 - 592 9333, telefax 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

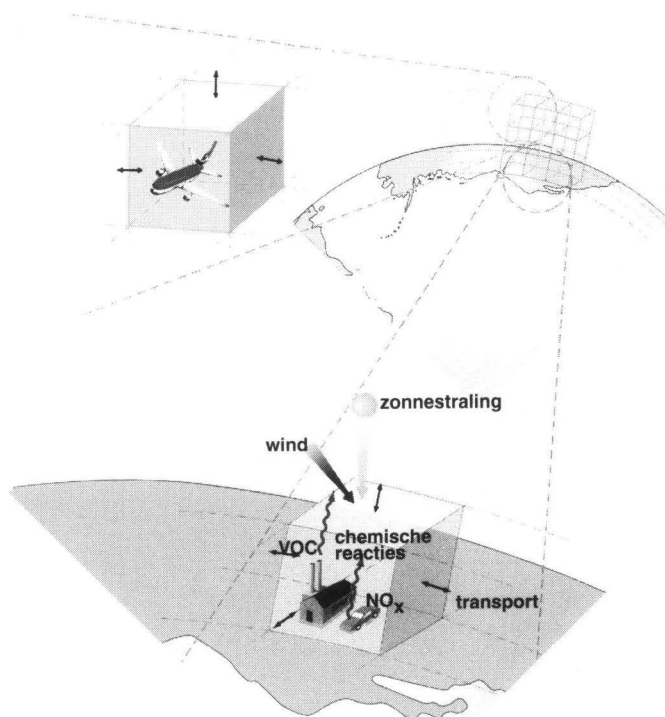
september 1997

HPCN VOOR WISKUNDIGE MILIEUMODELLEN

In dichtbevolkte geïndustrialiseerde landen wordt men zich steeds meer bewust van de schadelijke effecten van vervuiling. Beheersing en vermindering van die vervuiling is een kostbare zaak. Wiskundige modellering en computersimulatie zijn onmisbare hulpmiddelen om de strijd tegen vervuiling zo efficiënt mogelijk te voeren. Onderzoekers op het CWI, TNO, de TU Delft en het Waterloopkundig Laboratorium werken op dit gebied samen in het kader van het samenwerkingsverband TASC (Transport Applications and Scientific Computing). In het bijzonder wordt onderzoek verricht naar aspecten van High Performance Computing. Hiervoor is een subsidie ontvangen van het nationale HPCN-programma.

In het kader van deze interdisciplinaire samenwerking vindt numeriek onderzoek plaats naar de simulatie van vervuiling in de atmosfeer en in oppervlaktewater. Dit gebeurt binnen het project HPCN for Environmental Applications - onderdeel van het door het ministerie van Economische Zaken uit de aardgasbaten gefinancierde HPCN-programma (HPCN = High Performance Computing and Networking). De door te rekenen transportmodellen beschrijven het niveau van verontreiniging tengevolge van emissies, transport in een stromingsveld, en chemische en biochemische reacties. Om de kosten te minimaliseren is het noodzakelijk om zo nauwkeurig mogelijk kritieke niveau's vast te stellen en de effecten van vervuiling en te treffen maatregelen te voorspellen. Daarvoor moet men uitgaan van realistische modellen. Met de huidige rekenmethoden en computers is het echter niet goed mogelijk om dergelijke verfijnde, grootschalige drie-dimensionale modellen door te rekenen.

Een voorbeeld is de ontwikkeling op lange termijn van de ozonlaag boven Europa. Met het huidige, door TNO ontwikkelde LOTOS-model duurt een simulatie over één jaar op een grof rooster met slechts enkele chemische stoffen twee weken op een HP730 werkstation. De benodigde betrouwbare meerjarige simulatie vergt echter een berekening op een veel fijner rooster en een model met vele tientallen chemische stoffen. Dit is geheel buiten bereik van de huidige modellen en vereist een totaal nieuwe aanpak.



Een tweede voorbeeld betreft de kwaliteit van het oppervlaktewater, die onder meer wordt bepaald door het transport van warmte, zout, slib en (bio)chemische stoffen, afkomstig van uiteenlopende bronnen (de oceanen, fabrieken langs rivieren, schepen, etc.). Een realistische computersimulatie van dit transport vereist een zo nauwkeurige berekening uitgaande van drie-dimensionale hydrodynamische modellen, dat deze een betrouwbare voorspelling geeft van de effecten op lange termijn, in sommige gevallen vele jaren (bijvoorbeeld het gehalte van zware metalen in de Noordzee). In dit geval is het plan een drie-dimensionaal model van waterkwaliteit in te bouwen in het door het Waterloopkundig Laboratorium ontwikkelde hydrodynamische software-pakket TRISULA en het resulterende model geschikt te maken voor (massaal) parallele verwerking.

Momenteel vinden wereldwijd grote veranderingen plaats in modellering en computersimulatie als gevolg van de nog steeds versnellende groei in geheugencapaciteit en verwerkingssnelheid (van de huidige Gigaflop naar mogelijk een Teraflop rond de eeuwwisseling) van de modernste computers. Het ontwerpen van nieuwe methoden voor het gebruik van supercomputers, clusters van werkstations en grootschalige parallele computers kan dan ook een belangrijke stap voorwaarts betekenen. Alleen met de nieuwste technologie, zowel in hardware als software, en voortdurende ontwikkeling van verbeterde methoden kan men internationaal blijven meedoen. Ook in Europa zal de vraag naar geavanceerde gereedschappen, inclusief betrouwbare simulatietechnieken, voor de beheersing en de vermindering van vervuiling snel groeien. Deelname in het HPCN-onderzoek via TASC zal daarom leiden tot een versterkte positie op de internationale markt van vooral het Waterloopkundig Laboratorium en TNO. Dit onderzoek beoogt een bijdrage te leveren tot een goede balans tussen de vaak tegengestelde belangen van economische groei en een schoon milieu. Een voorbeeld is de toetsing van de verdeling van lozingspunten in de Rijn via computersimulaties aan een doel als: 'de zalm terug in de Rijn', daarbij rekening houdend met de wettelijke randvoorwaarden.

Hoofddoelen van het onderzoek in het kader van TASC zijn de ontwikkeling van hoogst efficiënte algoritmen en parallele software voor het simuleren van drie-dimensionaal transport van vervuilingen in volledig geïntegreerde modellen, en de toepassing op echte praktijkproblemen. Het samenwerkingsverband is gestart op 1 januari 1996 en loopt door tot in 1999.

Dr. J.G. Verwer, coördinator TASC
Telefoon 020 - 592 4095
E-mail: Jan.Verwer@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon: 020 - 592 9333, telefax: 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

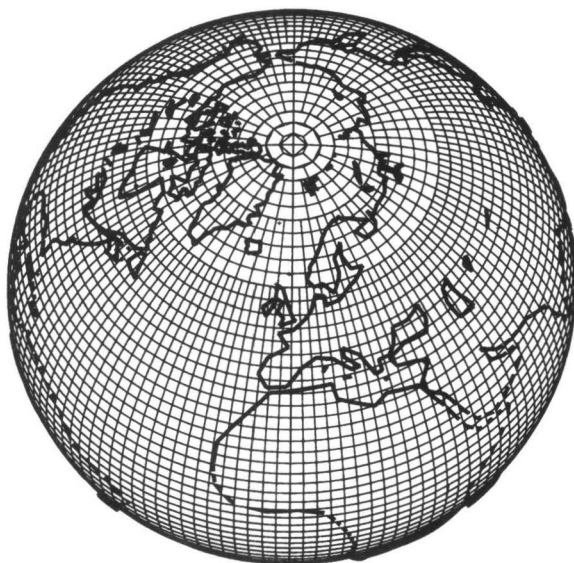
september 1997

WISKUNDIGE MILIEUMODELLEN VOOR WATER EN LUCHT

Aan het milieu-onderzoek wordt bijgedragen vanuit zeer veel wetenschapsgebieden. Wiskunde en informatica nemen daarbij een speciale plaats in. Met veel van de te bestuderen systemen kan men namelijk niet experimenteren. Wiskundige modellen en computersimulaties zijn dan de aangewezen middelen om inzicht te krijgen in het gedrag van die systemen. Het CWI is sinds begin jaren negentig actief op dit gebied en werkt daarbij samen met instellingen in binnen- en buitenland, onder meer KEMA, RIVM, KNMI en TNO. Belangrijke delen van het onderzoek vinden plaats in het kader van het nationale HPCN-programma.

Enkele voorbeelden van milieuproblemen, waarbij men is aangewezen op modellering en simulatie, zijn: aantasting van de biosfeer, plaatselijke luchtverontreiniging, verspreiding van schadelijke stoffen (bijvoorbeeld door grondwaterstromingen) en klimaatveranderingen op wereldschaal. De wiskundige modellering begint bij het opstellen van de partiële differentiaalvergelijkingen (PDV's) die het verloop in de tijd van de desbetreffende processen beschrijven. Voorbeelden zijn de ondiep-watervergelijkingen en de poreuze-mediumvergelijkingen, die respectievelijk de waterbeweging in ondiepe zeeën en grondwaterstromen beschrijven. Door de tijd- en plaatsvariabelen op rekenroosters te discretiseren verkrijgt men een numeriek model dat vervolgens wordt opgelost op de computer. Door de grote reken capaciteit van de huidige super- en parallelle computers is dit 'numeriek modelleren' tegenwoordig vaak vele malen goedkoper dan het bouwen van traditionele schaalmodellen. Daarnaast zijn er vele processen die met een schaalmodel niet goed zijn na te bootsen, zoals de verspreiding van verontreiniging in lucht, bodem en water.

Het numeriek oplossen van tijdsafhankelijke PDV's is zeer rekenintensief. Discretisering in de plaats-coördinaten leidt tot een reusachtig stelsel van gewone differentiaalvergelijkingen, waarin alleen de tijd nog als continue variabele voorkomt. Dit stelsel wordt vervolgens stap voor stap voorwaarts in de tijd gediscrètiseerd met behulp van een numerieke integratieformule. De keuze van de ruimtelijke discretisatie en de integratieformule dient af te hangen van de stabiliteit (gevoeligheid van het evolutieproces voor verstoringen), de gewenste nauwkeurigheid van de benadering, en de efficiëntie van het hele rekenproces in termen van rekentijd en geheugengebruik.



Mondiaal rooster zoals gebruikt in het CIRK project. Bij de polen is het rooster grover gekozen, ter voorkoming van numerieke problemen ten gevolge van de poolsingulariteit.

Het CWI-onderzoek betreft onder meer de numerieke modellering van ondiep-watervergelijkingen, en algoritmen voor de simulatie van verontreinigingen in de atmosfeer en het transport van verontreinigingen in ondiep water. Naast het modelleren van de kwaliteit van lucht en oppervlaktewater, waarvan hieronder een overzicht volgt, verricht het CWI ook onderzoek op het gebied van poreuze media. Aan het laatste onderwerp is een aparte fact sheet 'Transportverschijnselen in de bodem' gewijd. Veel van het CWI-onderzoek op milieugebied vindt plaats in het kader van TASC (een samenwerkingsverband van CWI, TNO, TU Delft en het Waterloopkundig Laboratorium, zie hiervoor de fact sheet 'HPCN voor wiskundige milieu-modellen').

Lucht: Met steun van het nationale HPCN-programma werkt het CWI samen met TNO aan 3D numerieke algoritmen voor gebruik in LOTOS (LONG Term Ozone Simulation). Dit door TNO ontwikkelde model doet dienst in diverse milieustudies over luchtvervuiling op Europese schaal. Gebruik van massaal parallelle computers is een belangrijk aspect van het onderzoek. Hiervoor komt steun van onder andere het Cray University Research Grants Programme.

In het project CIRK werkt het CWI samen met IMAU (Instituut voor Marien en Atmosferisch Onderzoek, Universiteit Utrecht), RIVM en KNMI aan de wiskundige modellering van de mogelijke veranderingen in chemische samenstelling van de troposfeer op wereldschaal, als gevolg van de verspreiding op lange termijn van vervuilende stoffen. Het specifieke doel is een 3D model te maken van de troposfeer, waarin uitwisseling met de stratosfeer is ingebouwd, ten behoeve van voorspellingen op lange termijn. Met steun van de NWO-stichting NCF en het Cray University Research Grants Programme zijn ontwikkelde numerieke methodes uitgetest op de CrayC90 bij het Amsterdams Academisch Rekencentrum SARA.

Water: Voor Rijkswaterstaat is in het verleden een efficiënt rekenmodel voor 3D ondiep-water vergelijkingen (multilayer model) ontwikkeld. Het betreft een parallel gevectoriseerd stromingsmodel, geïmplementeerd op een Cray supercomputer. Dit Shallow Water Equation Model (SWEM) vormt een uitgangspunt voor recent onderzoek betreffende de simulatie van watervervuiling, sediment-transport en andere biologische of chemische processen. Dit onderzoek vindt ten dele plaats in het kader van het EU-programma Marine Science and Technology in het project MMARIE (Modelling of Marine Eco Systems), met toepassing op vervuiling in het Continentaal Plat via sediment-transport door de Rijn en andere grote Europese rivieren. Verdere steun komt van het Cray University Research Grants Programme en het nationale HPCN-programma.

Dr. J.G. Verwer
Telefoon 020 - 592 4095
E-mail: Jan.Verwer@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon 020 - 592 9333, telefax 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

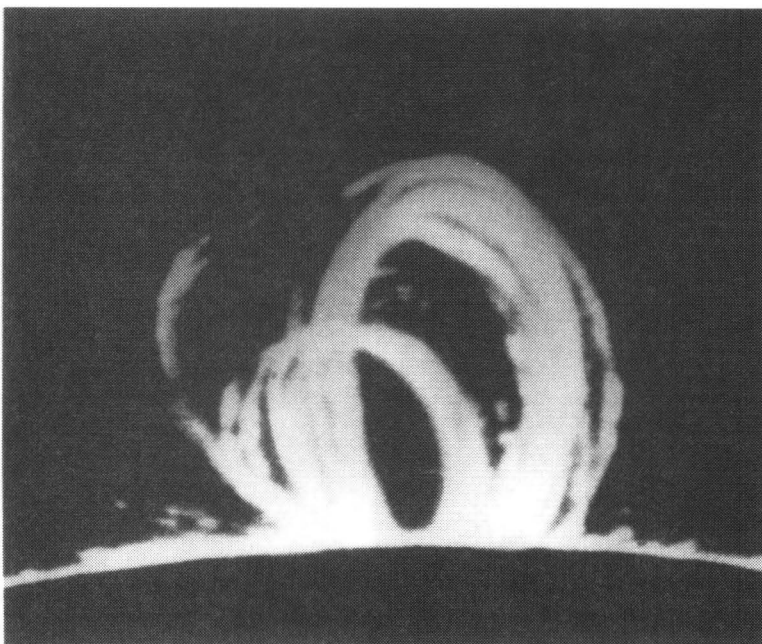
september 1997

GROOTSCHALIG REKENEN STEUNT OP PARALLELE VERWERKING

De rekenkracht en het geheugen van de snelste computers zijn in de jaren tachtig sterk toegenomen. Deze trend zal naar verwachting dit decennium onverminderd doorgaan. De toverformule achter de huidige groei luidt: massaal parallelle verwerking. De snelste computers van de toekomst zijn systemen met vele duizenden parallelle processoren. Optimale benutting van zulke architecturen vergt de ontwikkeling van nieuwe numerieke methoden. Het CWI-onderzoek op dit terrein heeft vooral toepassingen in de stromingsleer en de cryptografie (getaltheorie).

De snelste computers van het ogenblik zijn steeds beter in staat de werkelijkheid realistisch na te bootsen. Deze werkwijze kan aanzienlijk goedkoper uitvallen dan het werken met schaalmodellen, bijvoorbeeld bij het ontwerpen van vliegtuigen, of het fysisch experimenteren, zoals botsingsproeven bij het ontwikkelen van nieuwe automodellen. Het is zelfs de enige manier om processen te bestuderen waarbij realistische experimenten onmogelijk zijn, zoals bij de verspreiding van giftige stoffen in het milieu. Het grootschalig rekenen is in vele takken van wetenschap uitgegroeid tot een aparte discipline. Enkele voorbeelden: de studie van stromingen van vloeistoffen en gassen rond schepen c.q. vliegtuigvleugels, het ontwikkelen van nieuwe geneesmiddelen, macro-economische voorspellingen, het zoeken naar olie en gas, wereldwijde klimaatstudies, het ontwerpen van chips en het ontbinden in factoren van grote getallen.

Een belangrijk aspect bij deze toepassingen is de simulatie, zo belangrijk dat men in dat opzicht kan spreken van een autonome derde richting van onderzoek, tussen de traditionele theoretische en experimentele richtingen. Met behulp van een (super)computer kan men zo verschijnselen bestuderen die in het laboratorium een zeer lange tijd (duizenden jaren) of zeer korte tijd (enkele picoseconden) in beslag zouden nemen. Daarbij kan het model vaak zonder veel moeite een beetje worden veranderd, en de 'waarnemingen' worden niet beïnvloed door het apparaat waarmee de metingen worden uitgevoerd.



Magnetische fluxus in de corona van de Zon, komend uit de fotosfeer. Magneto-hydrodynamische (MHD) berekeningen, zowel in astrofysische als in thermonucleaire toepassingen, vereisen het gebruik van grootschalige parallelle rekenmethoden. Het CWI heeft dergelijke methoden ontwikkeld voor de bepaling van eigenwaarden van zeer grote, ijle complexe matrices die in de MHD-berekeningen voorkomen. (Foto: National Solar Observatory, Sacramento Peak.)

Met de door de natuur gestelde snelheidsgrenzen in zicht is er bij de bouw van toekomstige computersystemen alleen nog snelheidswinst te halen door andere, met name parallelle, architecturen. Het doorrekenen van realistische modellen vereist een dussdanige rekenkracht dat alleen parallellisme (machines met honderden, in de nabije toekomst duizenden processoren) uitkomst kan brengen. Het grootste probleem is hierbij de communicatie: de rekenchips van al die processoren zijn zo snel dat de hiervoor benodigde data niet snel genoeg kunnen worden aangevoerd. Ook het verwerken en analyseren van de resultaten stuit op grote problemen. Veel onderzoek wordt momenteel dan ook verricht naar grafische technieken voor het efficiënt zichtbaar maken van die resultaten. De voor massaal parallelle computers beschikbare software is over het algemeen nog van onvoldoende kwaliteit. De ontwikkeling van geschikte software tools staat nog in de kinderschoenen. Een bijkomend probleem is dat de hardware-ontwikkelingen zo snel doorgaan, dat tegen de tijd dat de software voor een bepaalde computer klaar is, deze al weer aan vervanging toe is. Portabiliteit (overdraagbaarheid) van software wordt daarom steeds belangrijker.

Vanaf 1984 doet het CWI onderzoek naar het optimaliseren van bestaande numerieke algoritmen voor vector- en parallelle computers en het ontwikkelen van nieuwe algoritmen. Daarbij wordt onder meer gebruik gemaakt van de bij de Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam (SARA) opgestelde Cray C90 supercomputer en de IBM SP-2 en Parsytec CC-40 massaal parallelle computersystemen, en van de bij de TU Delft opgestelde Cray T3E.

In het bijzonder onderzoekt het CWI parallelle algoritmen voor het bepalen van enkele eigenwaarden van zeer grote ijle matrices, het gegeneraliseerde eigenwaardeprobleem, het oplossen van grote lineaire stelsels met minimalisatie van geheugengebruik, multigrid-, en multi-precisie berekeningen. Toepassingen liggen onder andere op het gebied van de stromingsleer (bijvoorbeeld stromingen in ondiep water en rond vliegtuigvleugels) en in de magnetohydrodynamica (bijvoorbeeld de studie van verschijnselen in de corona van de zon en in kernfusiereactors). Ook bestudeert men het gebruik van 'software tools' (zoals PVM en MPI) voor het op een machine-onafhankelijke wijze ontwikkelen en onderhouden van parallelle programmatuur.

Tenslotte heeft het CWI een wereldnaam opgebouwd met toepassingen van grootschalig rekenen in het zuiver wiskundig onderzoek, met deels zeer praktische implicaties (in de cryptografie). Zo werden zeer uitvoerige berekeningen uitgevoerd aan de Riemann hypothese en aan de vermoedens van Mertens en Goldbach, drie klassieke wiskundige problemen; thans wordt onderzoek verricht naar de geschiktheid van moderne factorisatiemethoden (voor het ontbinden van grote getallen in priemfactoren) voor vector- en parallelle computers. Enkele malen, voor het laatst nog in september 1997, heeft het CWI hierbij getallen van recordgrootte weten te 'kraken'. Met name wordt gekeken naar de praktische bruikbaarheid van de theoretisch snelste methode, de Number Field Sieve, alsmede naar het oplossen van zeer grote stelsels lineaire vergelijkingen over eindige lichamen. Bij dit onderzoek wordt nauw samengewerkt met de Rijksuniversiteiten van Leiden en Groningen.

Dr.ir. H.J.J. te Riele
Telefoon 020-592 4106
E-mail: Herman.te.Riele@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon 020 - 592 9333, telefax 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

september 1997

VOLGORDEPROBLEMEN KOMEN OVERAL VOOR

In de praktijk doen zich vaak problemen voor die betrekking hebben op het bepalen van de beste volgorde van een aantal taken of het maken van de beste keuze van produktiemiddelen. Voorbeelden zijn het vaststellen van vestigingsplaatsen van een bedrijf, het opstellen van produktieschema's, roosters en dienstregelingen, het maken van snij- of knippatronen en het vaststellen van routes voor bestelwagens.

De oplossing van dit type vraagstukken bestaat steeds uit het maken van een keuze uit een groot aantal mogelijkheden. In theorie ligt de oplossing in het stuk voor stuk langsgaan van alle mogelijkheden, maar in de praktijk is dat aantal mogelijkheden zo groot dat zelfs met zeer snelle computers deze rechttoe-rechtaan methode veel te veel tijd vergt. De groep Combinatorische Optimalisering en Algoritmiek van het CWI heeft de laatste jaren veel onderzoek verricht naar dergelijke vraagstukken, hetgeen heeft geleid tot de ontwikkeling van aanzienlijk snellere computerprogramma's die ook voor zeer grote praktijkproblemen een oplossing kunnen bieden.

Een bekend voorbeeld is het zogenaamde handelsreizigersprobleem. Hierbij moet een (handels)reiziger een zo kort mogelijke route vinden langs een aantal te bezoeken steden. Dit vraagstuk komt in de praktijk in allerlei gedaanten voor: bijvoorbeeld het routeren van vrachtauto's, het boren van gaatjes in een printplaat van een computer en het besturen van de handelingen van een robot.

Tot voor kort kon de computer dergelijke opgaven met meer dan 40 'steden' niet aan. Met de in de afgelopen jaren ontwikkelde programmatuur kunnen echter inmiddels problemen van meer dan 3000 'steden' worden opgelost. Bovendien heeft het onderzoek verschillende nieuwe wiskundige technieken opgeleverd, die toepasbaar blijken bij vele verwante problemen.

ride number	2123	2127	2131	2135	2139	2143	2147	2151	2155	2159	2163	2167	2171	2175	2179	2183	2187	2191
Amsterdam	7.48	7.53	8.58	9.56	10.56	11.56	12.56	13.56	14.56	15.56	16.56	17.56	18.56	19.56	20.56	21.56	22.56	23.56
Rosendaal	7.53	8.58	9.58	10.58	11.58	12.58	13.58	14.58	15.58	16.58	17.58	18.58	19.58	20.58	21.58	22.58	23.58	
Vlissingen	7.30	8.01	9.02	10.03	11.02	12.03	13.02	14.02	15.02	16.30	17.01	18.01	19.02	20.02	21.02	22.02	23.02	
Amsterdam	7.40	8.41	9.41	10.42	11.41	12.41	13.41	14.41	15.41	16.41	17.41	18.41	19.41	20.41	21.41	22.41	23.41	
Rosendaal	7.43	8.43	9.43	10.43	11.43	12.43	13.43	14.43	15.43	16.43	17.43	18.43	19.43	20.43	21.43	22.43	23.43	
Vlissingen	8.38	9.38	10.38	11.38	12.38	13.38	14.38	15.38	16.38	17.40	18.40	19.40	20.38	21.38	22.38			

ride number	2108	2112	2116	2120	2124	2128	2132	2136	2140	2144	2148	2152	2156	2160	2164	2168	2172	2176
Vlissingen		8.30	8.54	9.56	10.56	11.56	12.56	13.56	14.56	15.56	16.56	17.56	18.56	19.56	20.56	21.56	22.56	
Rosendaal		8.35	9.48	10.50	11.50	12.50	13.50	14.50	15.50	16.50	17.50	18.50	19.50	20.50	21.50	22.50		
Rosendaal	8.29	8.43	9.52	10.53	11.53	12.53	13.53	14.53	15.53	16.53	17.53	18.53	19.53	20.53	21.53	22.53		
Amsterdam	8.28	9.32	10.32	11.32	12.32	13.32	14.32	15.32	16.32	17.32	18.32	19.32	20.32	21.32	22.32			
Rosendaal	8.31	9.28	10.28	11.28	12.28	13.28	14.28	15.28	16.28	17.28	18.28	19.28	20.28	21.28	22.28			
Vlissingen	9.31	10.28	11.28	12.28	13.28	14.28	15.28	16.28	17.28	18.28	19.28	20.28	21.28	22.28				

Table 1

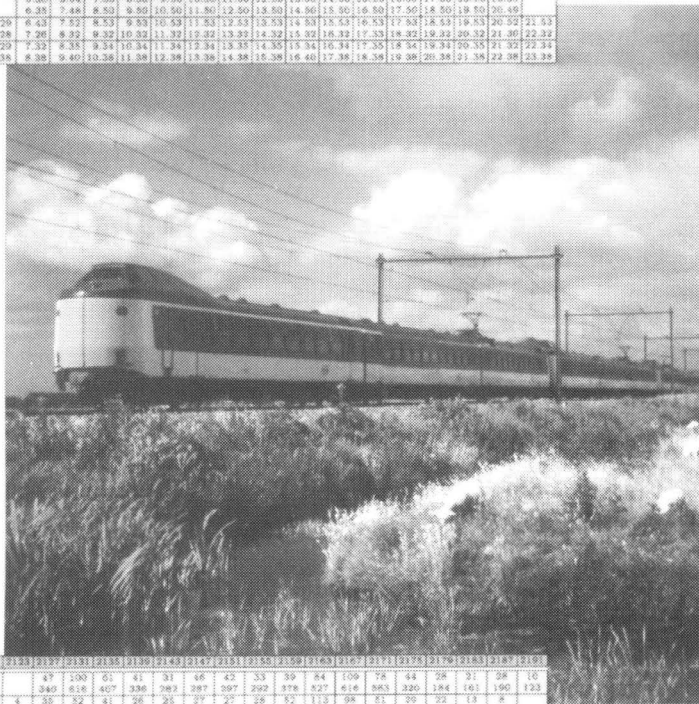


Foto: NV Nederlandse Spoorwegen

Table 2

train number	2123	2127	2131	2135	2139	2143	2147	2151	2155	2159	2163	2167	2171	2175	2179	2183	2187	2191
Amsterdam-Rosendaal	47	100	61	41	31	46	42	33	39	64	109	78	44	28	31	58	10	
Rosendaal-Amsterdam	540	818	407	336	263	287	297	292	276	827	616	583	320	184	163	190	123	
Rosendaal-Vlissingen	6	55	52	41	36	25	27	22	24	52	113	98	51	39	32	13	8	
Vlissingen-Rosendaal	58	372	306	364	240	231	259	267	267	497	749	684	398	254	185	130	77	
Amsterdam-Vlissingen	128	181	270	237	208	188	180	195	200	588	504	561	276	187	136			

train number	2108	2112	2116	2120	2124	2128	2132	2136	2140	2144	2148	2152	2156	2160	2164	2168	2172	2176
Vlissingen-Rosendaal	28	100	48	57	24	19	19	17	19	22	38	30	19	15	11			
Rosendaal-Vlissingen	19	68	134	57	71	34	56	32	21	35	31	51	32	20	14	14	9	
Rosendaal-Amsterdam	167	449	638	397	521	261	214	218	178	205	398	422	313	156	155	130	64	
Amsterdam-Rosendaal	7	58	106	105	56	75	47	36	32	34	39	67	74	37	23	18	17	11
Amsterdam-Vlissingen	61	230	386	545	427	512	344	303	285	530	338	518	606	337	189	157	154	143

In opdracht van de Nederlandse Spoorwegen is op het CWI een optimaal plan ontwikkeld voor de inzet van rijdend materieel op het traject Amsterdam-Vlissingen. (Foto NS)

De onderzoekers van de groep Combinatorische Optimalisering en Algoritmiek maken gebruik van een aantal van deze technieken, zoals optimaliserende algoritmen voor onderdelen van problemen en benaderingsalgoritmen of 'heuristieken' voor grote problemen (bijvoorbeeld een verkort aftelproces). Deze algoritmen lenen zich goed voor praktische vraagstukken als machinevolgordeproblemen of het 'schedulen' van programma's op computers die werken met parallelle processoren, meetkundige methoden afkomstig uit de lineaire programmering met toepassingen bij VLSI-ontwerp, patroonherkenning en robotiek.

Praktijk

In de praktijk bestaat veel behoefte aan flexibele oplossingsmethoden die geschikt zijn voor verschillende planningssituaties. De aanpak van het CWI bestaat uit de toepassing van recente algoritmische vondsten op deelproblemen, waardoor de gebruiker ondertussen het oplossingsproces -interactief- kan blijven sturen met de computer als hulpmiddel.

Ter illustratie een aantal projecten die zijn uitgevoerd voor bedrijven en organisaties:

- Voor de **Nederlandse Spoorwegen** heeft het CWI een praktisch systeem (CADANS) ontwikkeld dat dienstregelingen ontwerpt en knelpunten signaleert in infrastructuur en reizigerswensen. Zo kan worden aangegeven waar viaducten of extra sporen zouden moeten worden bijgebouwd, teneinde gewenste frequenties of aansluitingen te realiseren. Het systeem wordt onder meer gebruikt bij het ontwerpen van het 'spoorboekje van de 21e eeuw'.

Daarnaast is, eveneens voor de NS, onderzoek gedaan naar de meest effectieve inzet van treinstellen bij een gegeven dienstregeling en een aantal andere randvoorwaarden. Het CWI heeft hiervoor een praktische oplossing gevonden met behulp van polyhedrale combinatoriek.

- Voor de **Universiteit Maastricht** werd een systeem ontwikkeld dat een efficiënt rooster bepaalt voor de stages van de studenten geneeskunde.

- Voor **Van Gend & Loos** is een beslissingsondersteunend systeem ontwikkeld voor de routing van hangend confectievervoer (CAR= Computer Aided Routing). Het vervult alle functies, van kladblok en geheugensteuntje tot en met het genereren van volledige plannings.

- Voor **ECT/Nedlloyd** is een interactief planningssysteem gemaakt voor het wereldwijd of regionaal beheer van containers, waarbij computers ter ondersteuning van planningsdeskundigen zijn ingeschakeld.

- In samenwerking met het **TNO-Vezelinstituut** is een interactief planningssysteem ontwikkeld (KLIPP) voor de productieplanning in de naaizaal van een confectie-industrie.

De onderzoekers van het CWI hebben uitgebreide ervaring opgedaan met het toepassen van hun verworven theoretische kennis op praktische problemen. De oplossingen zijn gebruiksvriendelijk: voor de buitenwereld is de wiskundige basis niet direct herkenbaar.

Prof.dr. A. Schrijver

Telefoon 020-592 4087 (secretariaat 020-592 4189)

E-mail: Lex.Schrijver@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon 020-592 9333, telefax 020-592 4199

<http://www.cwi.nl/>

september 1997

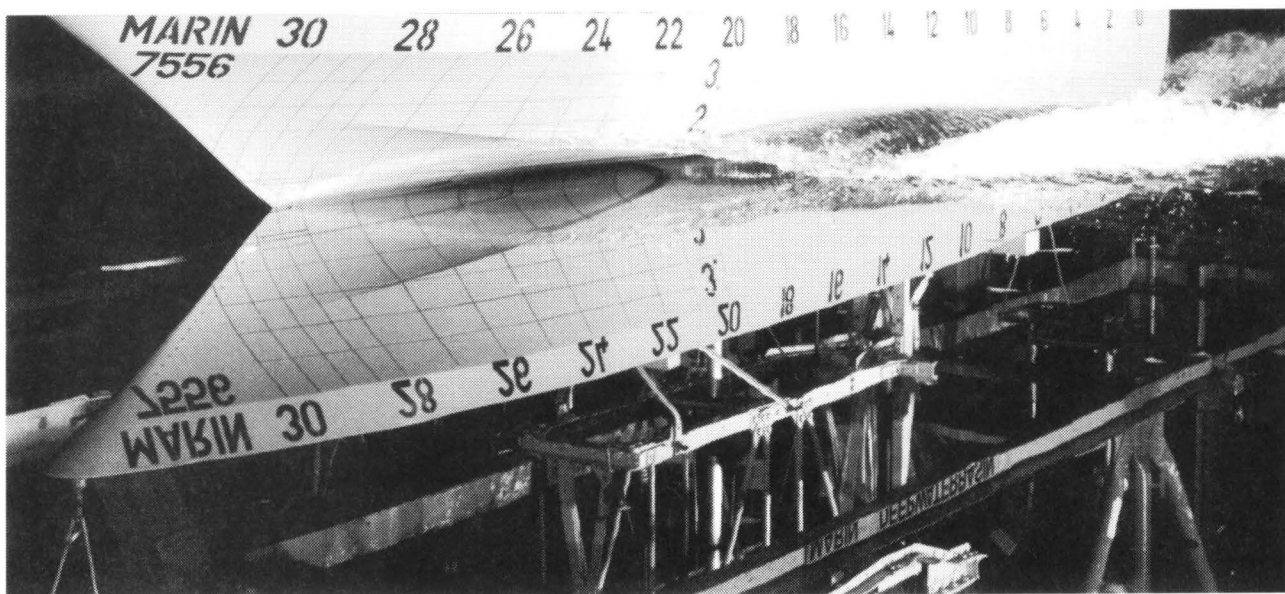
STROMINGEN BEGRIPEN MET BEHULP VAN COMPUTER

Wie melk door de koffie roert beseft meestal niet dat wetenschappelijk nog steeds niet goed is begrepen hoe de twee vloeistoffen zich mengen. Naast dit huis-tuin-en-keuken voorbeeld heeft men in een groot aantal industriële toepassingen te maken met stromingsverschijnselen, bijvoorbeeld waterstromingen rond scheepsrompen en luchtstromingen rond vliegtuigvleugels. De laatste decennia is het inzicht in de aard van deze verschijnselen vooral dankzij de computer aanzienlijk toegenomen. Er blijven echter nog veel vragen onopgelost, ook op fundamenteel niveau. De studie van stromingen van vloeistoffen en gassen met behulp van de computer (CFD — Computational Fluid Dynamics) vormt dan ook al sinds jaren een belangrijk onderzoeksthema op het CWI.

Wordt thans het belang van de stromingsleer voor het technologisch onderzoek alom erkend, vroeger was het voornamelijk een academische aangelegenheid, met resultaten die sterk afweken van waarnemingen. De praktijk ontwikkelde zich dan ook eerst vrijwel onafhankelijk van de theorie. Theoretische en technologische doorbraken (Euler, Navier-Stokes, von Neumann) hebben de kloof echter gedicht en er is nu sprake van een vruchtbare wisselwerking tussen theorie en praktijk.

In 1759 publiceerde Leonhard Euler zijn bewegingsvergelijkingen voor vloeistoffen, uitgaande van de tweede wet van Newton ($\text{massa} \times \text{versnelling} = \text{de som van de externe krachten}$). Euler's idee om kennis over vloeistofstromingen uit te drukken in de vorm van partiële differentiaalvergelijkingen was een revolutionaire vernieuwing. Voor praktische toepassing waren de vergelijkingen echter nog ongeschikt, omdat geen rekening werd gehouden met wrijvingskrachten. Pas bijna een eeuw later, in 1845, stelde George Stokes de algemene vergelijkingen op, die voor het geval van een niet-samendrukbare vloeistof al in 1822 waren gevonden door Claude Navier, en thans bekend staan onder de naam Navier-Stokes vergelijkingen. Nu leek het begrijpen en beheersen van een grote klasse vloeistofstromingen onder handbereik, want het probleem was teruggebracht tot het wiskundig oplossen van een paar fundamentele differentiaalvergelijkingen.

Hoewel Navier-Stokes theoretisch grote vooruitgang bracht, bleek de analytisch-wiskundige oplossing van de complete vergelijkingen te hoog gegrepen. Het gevolg was een fragmentatie in een groot aantal van Navier-Stokes afgeleide, vereenvoudigde vergelijkingen voor speciale gevallen die wèl analytisch, dat wil zeggen met potlood en papier, waren aan te pakken. Al deze verschillende modellen beschreven echter wel de stroming van dezelfde soort vloeistof, een theoretisch hoogst ongewenste situatie.



Modeltest bij MARIN op een motorjacht met brekende vrije-oppervlakte golven. Bron: MARIN Report 54 (1995).

De komst van de computer veranderde echter veel. Reeds in 1946 schetste John von Neumann een toekomstbeeld waarin 'automatische rekenmachines' de analytische oplossing van vereenvoudigde stromingsvergelijkingen zouden vervangen door een 'numerieke' oplossing van de complete, niet-lineaire stromingsvergelijkingen voor willekeurige geometrieën. (Volgens Von Neumann zou deze numerieke aanpak zelfs de experimentele vloeistofdynamica overbodig maken.) Daarmee stond hij aan de wieg van wat thans Computational Fluid Dynamics (CFD) heet. Von Neumann's voorspelling is in zoverre niet uitgekomen dat naast CFD het analytisch-theoretisch en het experimenteel onderzoek beide zijn blijven bestaan. Wel ontstond er een nieuwe tak van onderzoek: cruciale eigenschappen van CFD-methoden zoals consistentie, stabiliteit en convergentie moesten wiskundig worden bestudeerd. Nog steeds is veel fundamenteel onderzoek nodig om CFD nauwkeuriger, efficiënter en robuuster te maken. Het CWI draagt hieraan al vele jaren actief bij en past de daarmee opgebouwde expertise toe op stromingsproblemen die zich voordoen in de industrie.

Op het CWI rekent men aan stromingen ten behoeve van allerlei industriële toepassingen. Het kan daarbij gaan om gassen, vloeistoffen of plastic-achtige vaste stoffen, of combinaties van deze (meerfasen-stromingen). Het onderzoek richt zich op geavanceerde discretisatiemethoden voor systemen van niet-lineaire behoudswetten, multirooster- en ijrooster-methoden, lokale rooster-aanpassing en gespreide (parallele) berekeningen. De nadruk ligt op ijrooster-algoritmen voor 3D-stromingen. Het meeste onderzoek betreft toepassingen voor Nederlandse instellingen en industrieën, waarvan hieronder enkele voorbeelden volgen.

MARIN — Maritiem Research Instituut Nederland, Wageningen

MARIN's huidige visceuze CFD-technologie is gebaseerd op stationaire, vereenvoudigde Navier-Stokes vergelijkingen en het bijbehorende rekendomein is beperkt tot achterstevens en een vlak wateroppervlak. Het CWI en MARIN onderzoeken samen uitbreiding naar niet-stationaire, volledige Navier-Stokes vergelijkingen, met toepassing op complete schepen (boeg en achterstevens) en met vrije oppervlaktegolven. De nieuw te ontwikkelen CFD-methoden zullen worden gebruikt voor de bestudering van stromingstopologieën om scheepsrampen (loslating en aanligging, wervelvorming, etc.), onder uiteenlopende vaarcondities (kruisen, trimmen, inzinken).

AKZO/Nobel Central Research, Arnhem

Het CWI heeft recent een Navier-Stokes methode ontwikkeld voor de berekening van de samendrukbare luchtstroming in een blazer, gebruikt bij het trekken van garens in een smelt-spinproces. Dit proces wordt toegepast voor het maken van niet-geweven stof, die de basis vormt voor vele andere producten zoals tapijten, dakbedekking en verband. In het proces wordt een polymeer gesmolten en uitgerst tot een grote hoeveelheid zeer dunne garens, die vervolgens met hoge snelheid door de blazer worden getrokken. Doel van het onderzoek was de ontwikkeling van een stromingsberekeningsmethode voor het ontwerp van de garenblazer, teneinde de relatief hoge bedrijfskosten daarvan te verminderen.

MacNeal-Schwendler, Europees Ontwikkelingscentrum, Gouda

Het CWI heeft recent een haalbaarheidsstudie verricht naar het ontwikkelen van een rekenmethode voor een speciale klasse van vrije-randvoorwaarde problemen, namelijk bewegende grensvlakken tussen materialen, met toepassingen in gebieden als smeden, klotsen en explosies. Vooral het smeden stelt zeer hoge eisen aan de nauwkeurigheid waarmee het grensvlak in de berekening wordt meegenomen.

Dr.ir. B. Koren

Telefoon: 020 - 592 4114

E-mail: Barry.Koren@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon: 020 - 592 9333, telefax: 020 - 592 4199

<http://www.cwi.nl/>

september 1997

SYSTEEMRENOVATIE

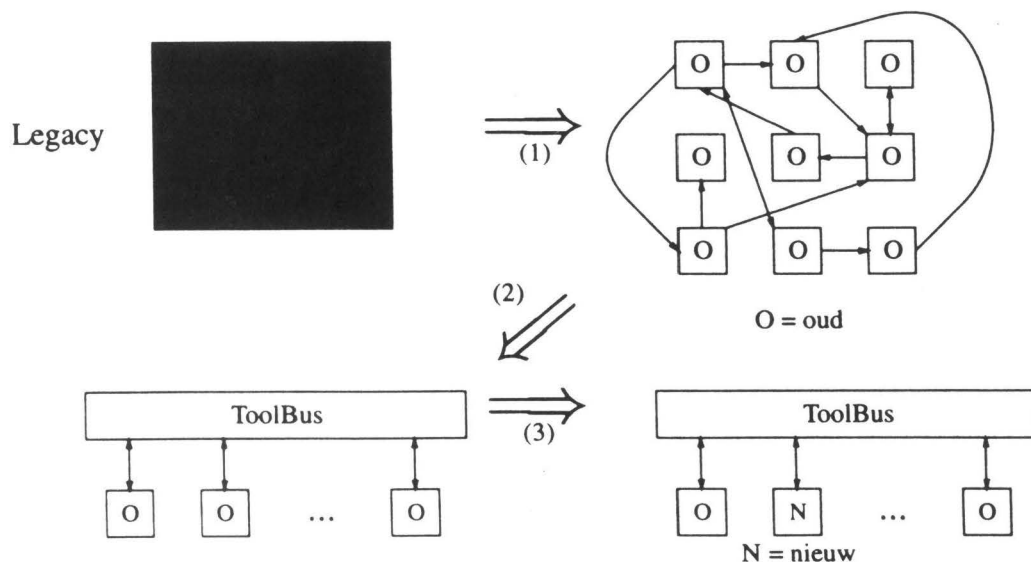
Oude software, geschreven in een oude taal, wel gebruik makend van goto's en niet van object-orientatie, en vaak enorm in omvang, is moeilijk aanpasbaar. Toch zijn aanpassingen altijd nodig: het jaar 2000 en de euro komen eraan, hardwareplatforms verdwijnen, en gebruikers stellen nieuwe eisen. In samenwerking met een aantal bedrijven die omvangrijke computersystemen in beheer hebben, ontwikkelt het CWI kennis die helpt grootschalige wijzigingen sneller, goedkoper, en beter beheersbaar uit te voeren.

Een *systeemrenovatie* heeft ten doel een oud (legacy) systeem zodanig te herstructureren dat het eenvoudig aanpasbaar wordt. Over het algemeen is dit niet gemakkelijk, omdat documentatie — indien aanwezig — verouderd is, de modulaire opzet verre van optimaal is, en er onoverzichtelijk veel afhankelijkheden tussen de softwarecomponenten bestaan. Het CWI doet onderzoek naar technieken die helpen een systeemrenovatie (gedeeltelijk) geautomatiseerd uit te voeren. Het onderzoek is gebaseerd op twee pijlers: taaltechnologie, en coördinatie technologie.

Taaltechnologie

De enige betrouwbare informatie over wat een systeem nu werkelijk doet zit in de source code. Stap nummer één in een renovatie is dan ook het analyseren van de sources van een oud systeem. Nodig daarvoor zijn tools die in staat zijn softwarecomponenten te identificeren, samenhangende componenten te clusteren, de impact van wijzigingen te voorspellen, en veranderingen systematisch door te voeren.

Voor systeemrenovaties, waarin vaak diverse talen en zeer speciale taaldialecten een rol spelen (COBOL, C, FORTRAN, JCL, ...) is het van groot belang taalspecifieke tools eenvoudig af te leiden. Op het CWI is de afgelopen jaren, in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam, de "ASF+SDF Meta-Environment" ontwikkeld, een generieke omgeving voor het produceren van taal-specifieke tools. De Meta-Omgeving genereert zulke tools automatisch uit een grammatica van de betreffende taal (bijv. COBOL) en een formele specificatie van de regels voor bijvoorbeeld typering, dataflow of programmatransformaties.



Stappen in het renovatieproces: (1) Systeemanalyse met behulp van taaltechnologie; (2) Globale herstructurering; (3) Incrementele renovatie per component.

Coördinatietechnologie

Essentieel in het eenvoudiger aanpasbaar maken van software is een flexibele architectuur, waarin goed geïsoleerde componenten op een duidelijk gedefinieerde manier met elkaar communiceren. Op het CWI en de Universiteit van Amsterdam is om die reden de "ToolBus" ontwikkeld, een architectuur die de interactie tussen (gedistribueerde) softwarecomponenten ("tools") coördineert. Een van de belangrijke eigenschappen van deze ToolBus is dat de communicatie tussen de diverse tools formeel is beschreven met behulp van procesalgebra. Programma's geschreven in allerlei talen kunnen aan de ToolBus worden gehangen: per taal is hiervoor slechts een eenvoudige "adapter" nodig voor de uitwisseling van events en data tussen het programma en de ToolBus.

Stappen in het renovatieproces

De tekening illustreert de samenhang tussen taal- en coördinatietechnologie. Beginnend met een zwarte doos, de legacy waar niets over bekend is, worden met behulp van taaltechnologie de losse softwarecomponenten en hun interfaces geïdentificeerd. Daarna worden de interfaces expliciet beschreven, geformaliseerd, en gestructureerd met behulp van een ToolBus script. Is de communicatie eenmaal op die manier gestructureerd, dan kunnen de losse componenten ieder apart worden aangepast.

Het Resolver project

Sinds begin 1996 werkt het CWI in opdracht van ABN Amro en DPFfinance, en in samenwerking met de Universiteit van Amsterdam en ID Research B.V. aan het "Resolver" project, een door het Ministerie van Economische Zaken gesubsidieerd project op het gebied van systeemrenovatie. In dit project, waaraan door een tiental onderzoekers wordt gewerkt, komen zowel praktische voorbeelden als breed inzetbare renovatietechnologie aan de orde.

Een primair aandachtspunt in Resolver is de migratie van procedurele code naar object-georiënteerde programmatuur. Er worden verschillende technieken bestudeerd om ondersteund door tools op systematische wijze ontwerp-informatie uit legacy code af te leiden. Ook worden technieken ontwikkeld om COBOL source code transformaties eenvoudig uit te drukken en fabrieksmatig toe te passen. In een eerder stadium van Resolver is verder gekeken naar Euro en jaar-2000 conversies.

Binnen het Resolver project wordt bovendien uitvoerig aandacht besteed aan een aantal meer fundamentele renovatieproblemen. Een belangrijk onderwerp hierbij is dataflow analyse: hoe stromen gegevens door (collecties van) programma's, rekening houdend met bijvoorbeeld aliases, pointers, renamings, en goto's?

Verdere samenwerking

Systeemrenovatie is een onderwerp van groot praktisch belang, dat tegelijkertijd een breed scala aan fundamentele vragen oproept. Het CWI levert diensten op het gebied van de kennisontwikkeling ten behoeve van systeemrenovatie, en streeft naar nauwe samenwerking met partijen die actief zijn in de renovatiepraktijk.

dr. Arie van Deursen en prof. dr. Paul Klint

Telefoon 020-5924075 / 020-5924126

E-mail: Arie.van.Deursen@cw.nl, Paul.Klint@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon 020 - 592 9333, telefax 020 - 592 4199

<http://www.cwi.nl/>

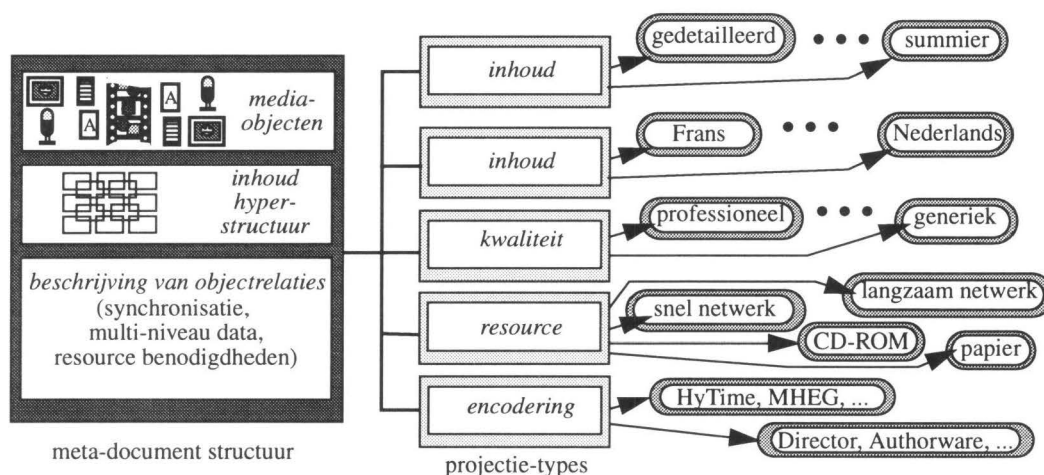
september 1997

MULTIMEDIA AUTEURSSYSTEMEN VOOR DUURZAME ELEKTRONISCHE PUBLIKATIES

De multimediatechnologie is inmiddels zo ver gerijpt dat duurzame elektronische publikaties van hoge kwaliteit, toegankelijk voor meerdere door een netwerk verbonden gebruikers, binnen handbereik zijn. Daarvoor zijn wel nieuwe gereedschappen en technieken nodig. In de afgelopen vier jaar heeft de Multimedia and Human-Computer Interaction groep op het CWI methodes onderzocht om multimedia documenten te creëren en te presenteren die het toestaan informatie slechts éénmaal te coderen en meerdere keren te gebruiken in de levenscyclus van het document. Dit onderzoek wordt nu voortgezet in samenwerking met Europese partners in het kader van het EU-programma ESPRIT. Hierdoor moet het mogelijk worden multimedia documenten te ontwikkelen met een levensduur vergelijkbaar met die van boeken en een onmiddellijke toegankelijkheid via computernetwerken. De CWI-groep is ook lid van de ESPRIT Working Group SIMOS voor interactieve multimedia on-line diensten. Verder werkt het CWI, als lid van het World Wide Web Consortium W3C — dat de ontwikkeling van door de industrie ondersteunde standaarden voor het Web coördineert — aan de ontwikkeling van een mark-up taal voor multimedia documenten op het Internet.

De ontwikkeling van multimediatechnologie — interfaces, input devices, display systemen — is sneller gegaan dan de kunde van veel eindgebruikers om deze effectief toe te passen. Daardoor zijn de kosten voor het bouwen van multimedia-toepassingen een belemmerende factor geworden. Het komt vaak voor dat informatie niet gemakkelijk opnieuw gebruikt of aangepast kan worden voor een nieuwe groep gebruikers. Onderzoek op het CWI naar het creëren en modelleren van multimediadocumenten is gericht op het meer toegankelijk maken van informatie op een grote verscheidenheid van gebruikerssystemen met behoud van de gestructureerde interface voor de auteurs.

In het ESPRIT-4 project CHAMELEON wordt CWI's CMIFed auteurssysteem gebruikt voor het definiëren van duurzame, professionele multimediadocumenten. Zoals de naam al suggereert is het voornaamste doel dat een document zich met hulp van de auteur snel en eenvoudig aan een nieuwe omgeving kan aanpassen. Samen met commerciële uitgevers en informatieleveranciers en een groep software- en marketing-bedrijven in zes landen zal CMIFed worden uitgebreid om aan de eisen van industriële gebruikers in geheel Europa te



In CMIFed kan de definitie van een enkele documentstructuur dienen als basis voor een aantal applicatie-projecties die kunnen worden gebruikt om het document aan te passen aan de presentatie-eisen van de gebruikersomgeving. Centraal in deze benadering is het behoud van de benodigde flexibiliteit om aan de verscheidenheid aan gebruikerseisen te voldoen.

voldoen. Met CMIFed wordt het document-model eenmalig gedefinieerd (schrijf-éénmaal principe), waarna het semi-automatisch kan worden aangepast aan een grote verscheidenheid van presentatiesystemen. Zo kunnen coderingen voor verschillende industriestandaarden worden gemaakt uit een enkel (intern) brondocument. Dit maakt het mogelijk om efficiënt documenten te transporteren tussen verschillende platforms en het beschermt de hoge investeringen die nodig zijn om een multimediadocument van hoge kwaliteit te maken (zie illustratie). Ook kan men informatie op verschillende detail- en resolutieniveau's (en verschillende kostenniveau's) bekijken, zodat de toegang kan worden aangepast aan de wensen en het budget van de gebruiker. Samen zorgen deze eigenschappen voor een optimaal rendement van de investering voor het schrijven van een multimedia document.

In de W3C werkgroep SYMM, waarin naast het CWI ook Apple, Digital, Lucent, Microsoft, Netscape, Philips en Progressive Networks deelnemen, wordt een specificatietaal ontwikkeld voor gesynchroniseerde interactieve multimedia presentaties op het Internet. Deze taal, onder de voorlopige naam MML — Multimedia Markup Language, vormt de eerste stap van de toegang tot multimedia presentaties op het Internet in publiek formaten. Uitbreiding van bestaande HTML browsers met een MML interpreter en het maken van afzonderlijke MML-only browsers zijn beide mogelijk. Het format, dat lijkt op dat van HTML, is gericht op direct gebruik voor het creëren van eenvoudige multimedia presentaties. Voor ingewikkelder presentaties is een auteurssysteem gewenst, zoals CMIFed, waarmee het oorspronkelijke format wordt omgezet naar MML. Eveneens zouden MML presentaties op het Web kunnen worden ingevoerd in het afspeldeel van het systeem.

Gemeenschappelijk voor deze projecten is de integratie van complexe informatie met een levensduur die langer is dan een enkele toepassing. Ons onderzoek in de ontwikkeling van datamodellen, auteurssystemen en run-time ondersteuning voor heterogene afspelomgevingen over computernetwerken met variabele bandbreedte heeft een basis gelegd voor het onderzoek naar een grote variatie aan multimedietoepassingen. Ons toekomstige werk zal bouwen op ons CMIFed prototype (geschreven in de ook op het CWI ontwikkelde programmeertaal PYTHON) en het Amsterdam Hypermedia Model dat grote interesse heeft gewekt. In het bijzonder zullen we doorgaan met het bestuderen van hoog-niveau datamodellen en laag-niveau systeemondersteuning voor het presenteren van documenten van hoge kwaliteit in heterogene productieomgevingen.

Dr. D.C.A. Bulterman

Telefoon: 020 - 592 4147

E-mail: Dick.Bulterman@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon: 020 - 592 9333, telefax: 020 - 592 4199

<http://www.cwi.nl/>

september 1997

WORLD WIDE WEB CONSORTIUM SCHEPT ORDE IN CHAOTISCHE INTERNET-WERELD

Door de explosieve wildgroei in het gebruik van Internet werd al snel de behoefte gevoeld aan een wereldwijde organisatie die de ontwikkelingen in goede banen leidt. Ruim 200 bedrijven en instituten hebben daartoe het World Wide Web Consortium (W3C) gevormd. Het CWI neemt als lid deel aan de activiteiten van W3C, ook via mede-lid ERCIM (het European Consortium for Informatics and Mathematics).

Schattingen lopen ver uiteen, maar gemiddeld schat men de huidige groei van Internet op een verdubbeling van de omvang elke 50 dagen, terwijl er elke 4 seconden een WWW homepage bijkomt. Deze groei gaat gelijk op met de groei in het aantal toepassingen die worden ontwikkeld voor het gebruik van Internet. Vroeger, toen Internet nog een kleine omvang had, werden de nieuwe ontwikkelingen geleid door de Internet Engineering Task Force IETF. In het razendsnelle WWW-tijdperk, waarin men al spreekt van 'Web-jaren' (zoals een hondjaar, gelijk aan 7 mens-jaren), vond een stortvloed van nieuwe ontwikkelingen plaats buiten de tot dan formeel overeengekomen kanalen. Daardoor ontstond het gevaar dat Internet zou ontaarden in een broedplaats van concurrerende en tegenstrijdige protocollen zonder enige samenhang, waarmee een van de sterke punten van het World Wide Web zou worden teniet gedaan.

Om dit gevaar te bezweren is het World Wide Web Consortium W3C opgericht, volgens het model van het succesvolle X-consortium dat de ontwikkelingen van het X Window systeem coördineert. W3C bestaat thans uit meer dan 150 bedrijven en instituten die alle zijn geïnteresseerd in een ordelijke verdere ontwikkeling van WWW. Het consortium wordt vertegenwoordigd door het Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) in Europa, het Laboratory for Computer Science van het Massachusetts Institute of Technology (MIT/LCS) in de VS, en de Keio Universiteit in Japan.

W3C stelt zich ten doel voor het Web gemeenschappelijke specificaties te vinden, waardoor veel bedrijven onder de voortdurende snelle en dramatische veranderingen toch op hun eigen terrein kunnen opereren, daarbij bouwend op het door het Web gevormde globale informatiekader. Omdat de bij het Web gebruikte technologie zeer snel verandert, moet het W3C consortium efficiënt en flexibel opereren, teneinde tijdig in te kunnen spelen op de behoeften van de gebruikersgemeenschap. Tevens moet W3C zich duidelijk profileren als een neutraal forum, waarbij geen enkel lid a priori een zwaarder gewicht heeft dan de andere leden.



Het W3C consortium richt zich vooral op de volgende onderzoeksgebieden:

- nieuwe versies van de Web protocollen en data formats, zoals HTTP, HTML, Style Sheets, graphics formats en fonts;
- real time: audio en video;
- internationalisering van de protocollen en data formats;
- Content Rating protocollen, waarmee niet alleen bijvoorbeeld materiaal als 'voor volwassenen' kan worden aangemerkt, maar de inhoud op elke schaal en met betrekking tot elk onderwerp kan worden gewaardeerd;
- privacy en demografie;
- digitale handtekeningen;
- elektronische handel en veilige elektronische betaalsystemen;
- rechten van intellectueel eigendom;
- toegang voor gehandicapten.

Het CWI neemt deel in de activiteiten van het W3C consortium door het detacheren van onderzoekers bij de Europese W3C-vertegenwoordiger INRIA en via W3C-lid ERCIM (European Research Consortium for Informatics and Mathematics, in 1989 opgericht door CWI, INRIA en het Duitse GMD), alsmede door actief mee te werken in een aantal W3C-werkgroepen, zoals de CSS (Style Sheets), HTML en Multimedia werkgroepen.

Style Sheets voor HTML vormen een voorbeeld van het soort werk dat tot het terrein van W3C behoort. HTML is de taal waarmee de structuur van over het Web verzonden documenten wordt beschreven, in de trant van: dit is een kop, dit is een alinea, enzovoorts. De taal legt echter niet vast hoe het document er op het scherm of in afdruk uitziet. De Style Sheet notatie CSS (Cascading Style Sheets) is een afzonderlijke, maar verwante notatie waarmee kan worden aangegeven hoe een document of groep documenten er op het scherm of op een pagina zou moeten uitzien. Daarbij kan de gebruiker beslissen over zaken als fonts, kleur en positionering. CSS heeft als groot voordeel boven de tot nu toe gebruikte, enigszins willekeurige methoden voor het opmaken van Web-documenten dat het zeer snel is te laden vergeleken met de thans in gebruik zijnde grote en ingewikkelde beeldfiles. Bovendien geeft CSS controle over het uiterlijk van een complete Web Site vanuit een enkele plaats. Wie de huisstijl wil aanpassen hoeft dit slechts eenmaal te doen, waarna alles meeverandert; de documenten zelf kunnen onaangeroerd blijven. Nu de twee grote browser producenten, Microsoft en Netscape, browsers op de markt hebben gebracht die deze Style Sheet technologie bevatten, wordt een snelle acceptatie van deze technologie verwacht.

Steven Pemberton

Telefoon: 020 - 592 4138

E-mail: Steven.Pemberton@cw.nl

<http://www.w3.org/pub/WWW/>

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon: 020 - 592 9333, telefax: 020 - 592 4199

<http://www.cwi.nl/>

september 1997

REGELEN, VOORSPELLEN EN MODELLEREN

Hoe kan een automobilist een route kiezen door een autosnelwegnetwerk die de reistijd minimaliseert? Bij congestie en incidenten in een netwerk beschikt de weggebruiker niet over de voor deze keuze benodigde informatie. Daarom geeft Rijkswaterstaat via panelen met lichtborden boven de weg informatie of routeadviezen. Het achterliggende systeem bestaat uit meetapparatuur, een communicatienetwerk, computers en uiteraard de panelen zelf. De kern van het regelsysteem is een routeringsalgoritme. Op het CWI werkt men aan deze en andere problemen op het gebied van systeem- en regeltheorie, waarin naast de ontwikkeling van regeltheorie ook wordt gewerkt aan de constructie van wiskundige modellen in de vorm van regelsystemen.

De huidige technische apparatuur heeft intelligente regelalgoritmen nodig om te kunnen voldoen aan de hoge prestatie-eisen. Het met de hand regelen of gebruik maken van een standaard industriële regelaar voldoet al gauw niet meer. Voor het ontwerpen van intelligente regelaars is kennis van regeltechniek en systeemtheorie onontbeerlijk. Dergelijke regelaars zijn bijvoorbeeld nodig voor de opstelling van procedures voor de vluchtgeleiding van vliegtuigen, voor het detecteren van niet-functionerende onderdelen in grootschalige technische systemen zoals klimaatinstallaties voor gebouwen, en voor het bepalen van realistische modellen op basis van meetgegevens voor het transport van dioxine in mens of dier (deze modellen worden gebruikt bij het onderzoek op het gebied van volksgezondheid en milieu). Hiernaast doen zich bijvoorbeeld ook regelproblemen voor bij de regeling van treinverkeer, het tot stand brengen van telefoongesprekken en het overbrengen van berichten in communicatienetwerken.

Op het CWI is vooral kennis opgebouwd van stochastische systemen (wiskundige modellen voor verschijnselen met onzekerheid), van systemen met discrete gebeurtenissen (modellen voor het in volgorde zetten van logische operaties, zoals in regelcomputers), en van lineaire systemen waarbij het uitgangssignaal evenredig verandert met het ingangssignaal.

Voor de oplossing van een signaalverwerkings- of regelprobleem wordt eerst een wiskundig model gemaakt, gebaseerd op fysische principes of economische wetten. Het model bevat ingangen die zijn te beïnvloeden teneinde te voldoen aan de beoogde regeling. Het heeft ook uitgangen: bepaalde variabele waarden die kunnen worden gemeten en die veranderen afhankelijk van het ingangssignaal. Bovendien beschrijft het model de ontwikkeling van de toestand. Het ideaal is dat een model zo goed mogelijk aansluit bij de metingen en tegelijkertijd zo eenvoudig mogelijk van opzet is.



Dynamische Route Informatie Paneel (DRIP) in de omgeving van Amsterdam.
Bron: Traffic Technology International, June/ July 1997.

Afhankelijk van het probleem worden regeldoelen geformuleerd zoals: een korte responstijd, stabiliteit, minimalisering van regelenergie, robuustheid en dergelijke. Omdat het vaak onmogelijk is om aan al deze regeldoelen in gelijke mate te voldoen, is een afweging nodig, bijvoorbeeld met behulp van optimale regeltheorie. Voor de oplossing van een regelprobleem wordt een regelwet opgesteld (ook wel regelaar genoemd), gebaseerd op het terugkoppelingsprincipe: het verschil tussen het actuele uitgangssignaal en het gewenste uitgangssignaal wordt gebruikt om het ingangssignaal zodanig aan te passen dat dit verschil wordt verkleind. Tenslotte wordt de regelaar in de praktijk getest.

Rijkswaterstaat: In Europees verband werkt het CWI samen met Rijkswaterstaat aan het routeringsprobleem voor autosnelwegen. De totale reistijd van weggebruikers kan worden verminderd door hen informatie te tonen over de verkeersstoestand of hen route-adviezen te geven. Het onderzoek richt zich op het regelprobleem van de inzet van routeringsmaatregelen.

In samenwerking met de Adviesdienst Verkeer en Vervoer is ook onderzoek gedaan naar het effect van variabele snelheidslimieten op de verkeersstroom. Het bleek dat bij hoge verkeersdichtheden de doorstroming werd bevorderd door informatie te geven via het verkeerssignalerings-systeem. Het regelprobleem bestond uit de bepaling van de verkeersdichtheid bij welke de adviessnelheid op de matrixborden moet worden getoond. Voor dit probleem hebben wij een model opgesteld en een regelaar ontworpen. Een door Rijkswaterstaat nader uitgewerkt regelalgoritme werd in 1992 uitgetest op de A2 tussen Utrecht en Amsterdam.

Nederlandse Spoorwegen: Het CWI heeft een algoritme opgesteld voor de regeling van treinverkeer. Als door vertragingen besluiten moeten worden genomen over de vertrekvolgorde van treinen bij inhaalpunten, dan berekent de algoritme een optimale vertrekvolgorde.

PTT Telecom/Philips: Is er bij telefooncentrales veel vraag naar verbinding, dan ontstaan lange wachttijden. De effectieve capaciteit daalt door de grote vraag, waardoor de centrale in feite voor niets werkt en vrijwel geen gesprekken meer afhandelt. Het is daarom beter om alleen zoveel aanvragen binnen te laten als op korte termijn zijn af te werken. Op het CWI is fundamenteel onderzoek verricht naar toelatingsregelingen voor communicatiesystemen. Voor specifieke problemen ontwerpt en analyseert het CWI gepaste regelalgoritmen.

Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieuhygiëne (RIVM): Er is een toenemend besef dat het milieu om ons heen er slecht aan toe is. Op veel plaatsen zijn het water, de bodem en de lucht vervuild. Wat is het gevolg daarvan bij de mens? Welke stoffen zijn giftig en bij welke hoeveelheden richten ze echt schade aan? Beslissingen over de normen van de hoeveelheid gifstoffen in voedsel of lucht worden gebaseerd op wiskundige modellen van het gedrag van die gifstoffen in het lichaam. Hiervoor moet uit metingen een eenvoudig en realistisch model bepaald worden. Op het CWI is onderzoek verricht naar de bepaling van compartimentele systemen als modellen voor de verwerking van stoffen in het menselijk lichaam.

Dr.ir. J.H. van Schuppen
Telefoon 020 - 592 4085
E-mail: J.H.van.Schuppen@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon 020-592 9333, telefax 020-592 4199
<http://www.cwi.nl/>

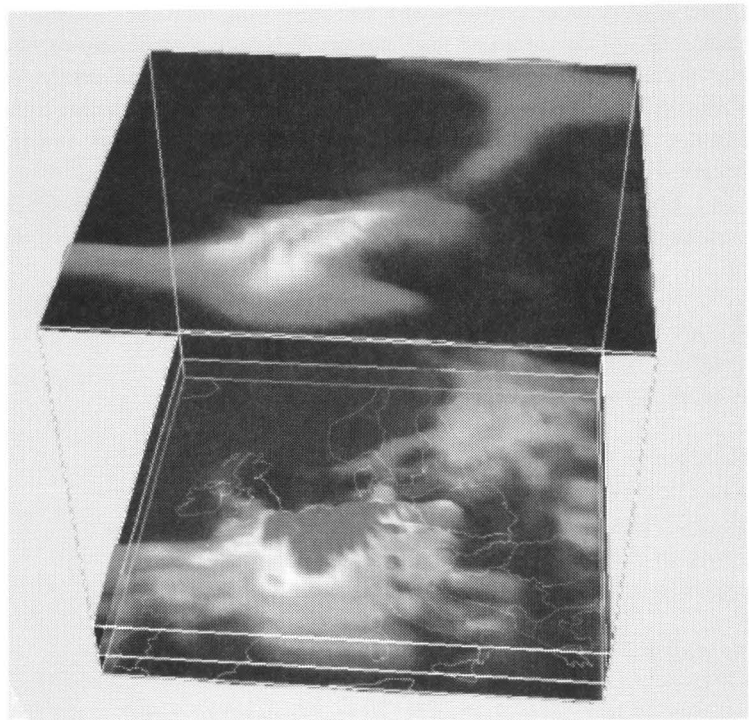
september 1997

VISUALISATIE VAN GEGEVENS GEEFT EXTRA DIMENSIE AAN ONDERZOEK

Computers spelen een steeds belangrijker rol in het wetenschappelijk onderzoek. Hun succes brengt echter ook problemen met zich mee: de gegevens worden geproduceerd in zulke hoeveelheden en zo snel dat het moeilijk wordt nog door de bomen het bos te zien. Visualisatie is hierbij een beproefd hulpmiddel, dat thans sterk in ontwikkeling is. Op het CWI wordt in het bijzonder aandacht besteed aan 'computational steering'.

Het is bijna ondoenlijk om uit een grote hoeveelheid gegevens, in de vorm van bijvoorbeeld getalwaarden, snel samenhangen of trends te destilleren. Als die gegevens echter in de een of andere vorm grafisch worden weergegeven, dan ziet een mens de opmerkelijke trekken vaak in één oogopslag. 'Eén beeld zegt meer dan duizend woorden', aldus het wat afgezaagde, maar daarom niet minder ware oude Chinese gezegde. Een serie metingen grafisch weergeven is al op school een standaard bezigheid. Iets ingewikkelder is het gebruik van een 'heuvellandschap' om bijvoorbeeld het temperatuurverloop in een vlakke ijzerplaat in kaart te brengen. Men zou daarvoor ook kleur kunnen gebruiken (bijvoorbeeld de heetste delen rood en de koudste blauw). Veel praktijkgevallen betreffen natuurlijk ruimtelijke verschijnselen, zoals luchtstromingen rond vliegtuigvleugels. Hierbij kan men bijvoorbeeld het snelheidsveld van de stroming visualiseren door in elk punt de snelheidsvector te tekenen en de luchtdruk weergeven in kleur.

Door de snel toegenomen rekenkracht en grafische mogelijkheden van computers zijn thans realistische simulaties, gebaseerd op wiskundige modellen en gebruik makend van vorm, kleur en beweging, mogelijk die tot voor kort ondenkbaar waren. In combinatie met het visueel vermogen van de mens levert dat een machtig hulpmiddel bij het wetenschappelijk onderzoek, waarbij het vooral gaat om het opsporen en bewaken van structuren die anders verborgen zouden blijven.



Gesimuleerde ozon-verdeling boven Europa in vier lagen.

Op het CWI wordt onderzoek gedaan naar 'computational steering'. Bij de meeste bestaande technieken en pakketten is het uitgangspunt dat de te visualiseren gegevens vastliggen. Na de simulatie vindt visualisatie en analyse plaats, op grond waarvan eventueel de simulatie met aangepaste invoergegevens wordt herhaald. In plaats van dit vrij omslachtige proces is het beter om invoer, simulatie en visualisatie van de uitvoer te integreren in één systeem, waardoor de onderzoeker het effect van wijzigingen in de invoer op de uitvoer snel kan zien. Men onderscheidt hier twee snelheden: voor 'interactie' is een responstijd van 3-10 seconden gewenst, voor 'animatie' 0.1-0.2 seconden. De behoefte aan computational steering technieken zal naar verwachting snel toenemen, omdat de gesimuleerde modellen steeds ingewikkelder worden.

De kern van zo'n geïntegreerd systeem vormt het begrip 'navigatie'. De onderzoeker varieert zijn invoer als functie van de tijd en volgt een bepaald plan om een doel te bereiken, bijvoorbeeld een lokaal maximum van een functie. Het visualisatiesysteem moet dan een efficiënt hulpmiddel zijn om de weg naar het doel te vinden. Ook is het van belang dat de invoer als functie van de tijd vastligt ('loggen') om eventueel te kunnen terugzoeken, en dat er verband wordt gelegd tussen invoervariabelen en eventuele grenzen in de uitvoer ('heuristiek'). Een andere gewenste functie van computational steering is die van waakhond: de onderzoeker hoeft lang niet altijd de voortgang van het simulatieproces op de voet te volgen. Hij moet in staat worden gesteld bijzondere omstandigheden te definiëren, zoals instabiliteit of convergentie. Alleen als deze optreden krijgt hij een melding en kan dan desgewenst een inspectie uitvoeren en de invoer wijzigen.

Voorbeeld: In het kader van de Landelijke High-Performance Computing and Networking (HPCN) activiteiten is op het CWI in enkele proefprojecten gekeken naar het visueel specificeren en bewaken van invoergegevens. Dit resulteerde in de ontwikkeling van een Computational Steering Environment (CSE) die de onderzoeker in staat stelt om de simulatie zelf, zonder hulp van visualisatie-experts, te sturen. Zo kan men in CSE direct manipuleren met grafische gegevens die tijdens de simulatie veranderen. Op het CWI vindt intensief onderzoek plaats op het gebied van het numeriek oplossen van grootschalige transportproblemen, beschreven door stelsels partiële differentiaalvergelijkingen van het advectie-diffusie-reactie type. Deze vergelijkingen spelen een belangrijke rol in bijvoorbeeld het wiskundig modelleren van milieuproblemen, zoals verontreinigingen van lucht, oppervlaktewater en grondwater. Bij het oplossen is de CSE gebruikt om de simulatie te sturen. De onderzoeker kan bijvoorbeeld emissie-velden manipuleren, terwijl de simulatie gewoon doordraait.

R. van Liere

Telefoon 020-592 4118

E-mail: Robert.van.Liere@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon 020-592 9333, telefax 020-592 4199

<http://www.cwi.nl/>

september 1997

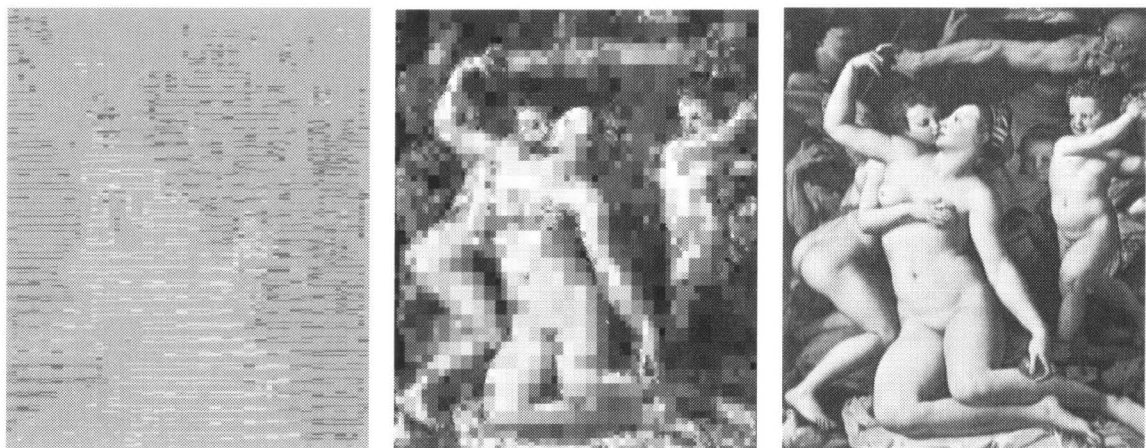
FRACTALE BEELDCOMPRESSIE

Met de explosief toenemende mogelijkheden van elektronische gegevensverwerking is ook de behoefte aan het oversturen van beelden snel groeiende. Het huidige gegevensverkeer bestaat al lang niet meer alleen uit gewone tekst. Zonder compressie gaat dat oversturen veel te traag en zelfs met compressie blijken de gangbare technieken voor verbetering vatbaar. Een veelbelovende, vrij nieuwe techniek is fractale beeldcompressie. Op het CWI is op dit gebied onlangs onderzoek gestart.

Een beeld, bijvoorbeeld een luchtopname van een stuk aardoppervlak, kan in een computer worden opgeslagen (gedigitaliseerd) door het op te delen in een groot aantal rechthoekige stukjes, de beeldelementen ('pixels'), en aan elke pixel een grijswaarde toe te kennen. Bij een typisch praktijkvoorbeeld gaat het om 512 x 512 pixels en 256 grijswaarden, bij elkaar dus ruim zestig miljoen bits. Zelfs met de huidige snelheden van het dataverkeer legt het oversturen van een dergelijke hoeveelheid gegevens (voor één plaatje!) een veel te groot beslag op de capaciteit van het netwerk.

Natuurlijk kan dat oversturen veel economischer. De pixels van een stuk blauwe lucht hebben bijvoorbeeld alle vrijwel dezelfde grijswaarde en hoeven niet elk afzonderlijk te worden overgestuurd. Ook is bij veel toepassingen niet elk detail van het beeld belangrijk om over te zenden en volstaat een - soms aanzienlijk - vereenvoudigd beeld. Er zijn dan ook diverse technieken in gebruik om een beeld eerst te comprimeren en na verzending weer 'uit te pakken'. Een standaardmethode voor videobeelden, JPEG (Joint Picture Enhanced Graphics), bereikt bijvoorbeeld een reductie van 1:20 van de ruimte die het oorspronkelijke beeld inneemt.

Fractale beeldcompressie is een vrij nieuwe methode waarmee een compressie van 1:35 haalbaar lijkt. De methode berust op de ontdekking in de jaren tachtig dat een computer met behulp van fractals bedrieglijk realistische beelden kan genereren. Fractals zijn zelfgelijkende meetkundige figuren, opgebouwd door herhaalde transformatie (iteratie) van een eenvoudig basispatroon dat zich daardoor op steeds kleinere schalen vertakt. Op elk niveau van detaillering lijkt een fractal op zichzelf (Droste-effect). De redenering is nu: als het mogelijk is om uit slechts enkele basispatronen in een beperkt aantal iteratieslagen bijvoorbeeld een berglandschap met wolken en bomen te genereren dat 'net echt' is, kan dan omgekeerd ook niet elk natuurlijk beeld (natuuroopname, menselijk gezicht, etc.) effectief worden opgeslagen in de vorm van de basispatronen van een klein aantal fractals, samen met het voorschrift hoe het oorspronkelijke beeld daaruit te reconstrueren?



Beeldopbouw in het decompressie-stadium.

Het blijkt dat werkelijke beelden toch ingewikkelder in elkaar zitten dan de fraai ogende door de computer gegenereerde plaatjes. Desalniettemin valt er met fractale beeldcompressie ook bij deze beelden nog voldoende winst te behalen om een serieuze studie van de methode te rechtvaardigen. De methode, in de jaren tachtig voorgesteld door Michael Barnsley, komt erop neer dat in het te coderen beeld wordt gezocht naar groepen pixels die min of meer gelijkend op andere groepen pixels kunnen worden afgebeeld. Men comprimeert dan het beeld door de gevonden transformaties in code vast te leggen. Hiermede ligt ook vast, hoe het beeld later weer wordt opgebouwd. Decompressie start vanuit een willekeurig beginbeeld dat steeds verder wordt gedetailleerd.

Bij fractale beeldcompressie gaat informatie verloren. Men moet er dus zeker van zijn dat die informatie voor het beoogde doel niet terzake doet. Bij toepassingen als televisiebeelden of beeldtelefonie is dit geen probleem. Bij opnamen die worden gebruikt voor wetenschappelijke doeleinden ligt dat echter vaak anders: de ene keer wil je deze informatie eruit distilleren, de volgende keer weer andere. De methode heeft als voordeel dat het beeld in elke gewenste resolutie kan worden opgebouwd: de resolutie wordt simpelweg vergroot door het decompressieproces langer te laten verlopen. Nadeel is dat compressie, in tegenstelling tot decompressie, relatief veel tijd vergt. Dat is voor bepaalde toepassingen geen probleem, bijvoorbeeld beelden op Internet, die alleen maar hoeven te worden gedecomprimeerd.

Wiskundig staan diverse aspecten van fractale beeldcompressie nog lang niet op de rails. Daarom heeft het CWI dan ook onderzoek gestart op dit gebied. Een kernvraag is bijvoorbeeld: hoe druk je wiskundig uit wanneer twee beelden 'min of meer gelijk' zijn? Want het is belangrijk dat de methode een zekere robuustheid heeft, anders zegt de computer bij het minste geringste verschil in pixelwaarden dat zij ongelijk zijn. Een toepassing is bijvoorbeeld beveiliging met behulp van toegangscontrole door het herkennen van gezichten, die er natuurlijk niet altijd precies hetzelfde uitzien. Zoals bekend is het menselijk oog een meester in het weglaten van irrelevante details. Dat gebeurt op grond van ingewikkelde criteria, waarover nog maar weinig bekend is. Het wiskundig modelleren van zulke criteria is dus ook een belangrijk aspect van het onderzoek. Tenslotte zijn veel van de bij fractale beeldcompressie gebruikte methoden - zoals trouwens in het hele gebied van beeldanalyse - van statistische aard en vanzelfsprekend krijgt ook dit aspect ruime aandacht.

Prof.dr. M.S. Keane
Telefoon: 020 - 592 4050
E-mail: Mike.Keane@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon: 020 - 592 9333, telefax: 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

september 1997

TRANSPORTVERSCHIJNSELEN IN DE BODEM

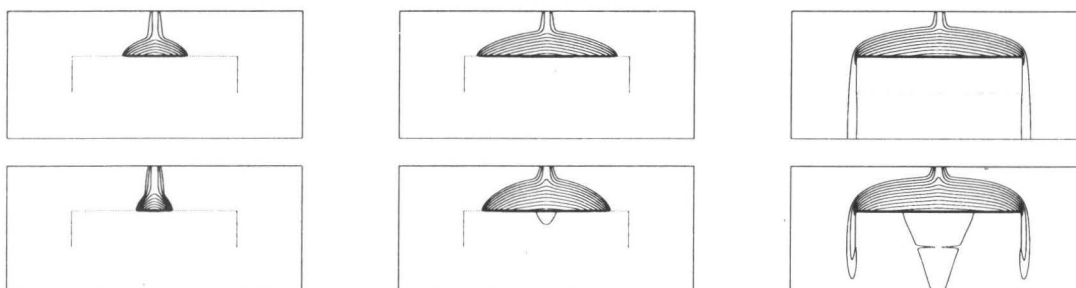
Onderzoek op het gebied van transportprocessen in de ondergrond speelt een belangrijke rol binnen de thema's milieu en energie. Hierbij denken we aan onderwerpen zoals bodemverontreiniging, zoutwater intrusie in kustgebieden of olie- en gas-productie uit ondergrondse reservoirs. Bij het CWI is een groep actief op dit gebied.

Het spreekt voor zich dat aan onderzoek op deze gebieden wordt bijgedragen vanuit verschillende wetenschapsdisciplines. Omdat veel van de te bestuderen systemen grootschalig van karakter zijn, nemen Wiskunde en Informatica hierbij een speciale plaats in. Experimenteren is immers vaak onmogelijk en metingen zijn erg kostbaar. Als gevolg hiervan is men aangewezen op modelleren, wiskundige analyse en computersimulaties om inzicht te krijgen in het gedrag van die systemen, teneinde zo het effect van menselijk ingrijpen in bodem- en grondwatersystemen te kunnen voorspellen.

Het onderzoek op het CWI wordt duidelijk geïnspireerd vanuit de gebruikerskant. Er zijn veel contacten met universiteiten, grote technologische instellingen en bedrijven. Het CWI speelt ook een centrale rol in het landelijke samenwerkingsverband 'Nonlinear Transport Phenomena in Porous Media', waarin TUD, RUL, LUW en RIVM participeren. Dit samenwerkingsverband wordt financieel gesteund door NWO. Lopend onderzoek binnen het CWI omvat de volgende onderwerpen.

DNAPL verontreiniging van het grondwater

DNAPL's (Dense Non-Aqueous Phase Liquid) zijn organische verbindingen, die zwaarder zijn dan water en die niet mengen met water. Sommige DNAPL's zijn uiterst giftig, bijvoorbeeld gechloreerde oplosmiddelen. Als DNAPL slecht doorlatende kleilagen verontreinigt, dan is het moeilijk om de bodem effectief te saneren: bij het spoelen van de bodem stroomt het water juist om de kleilagen heen. Het binnendringen van DNAPL in kleilagen wordt bepaald door capillaire krachten. Het CWI onderzoekt dit probleem wiskundig. Voorlopig resultaat van de analyse van een modelprobleem is dat DNAPL alleen in een kleilagen zakt als de DNAPL instroom voldoende groot is (zie figuur).



Contourlijnen van DNAPL saturatie: kleine DNAPL instroom (boven) en grote DNAPL instroom (onder). De kleilagen is hier voorgesteld als een gestippelde rechthoek.

Gasopslag

Bij Langelo, Grijpskerk en Alkmaar experimenteert de NAM met het opslaan van aardgas in uitgeputte gasvelden. Doel van ondergrondse gasopslag is het creëren van buffervoorraden, die dienen om piekbelasting van het aardgasnet te kunnen opvangen. Om gas van consistente kwaliteit te kunnen leveren is het belangrijk om het mengingsproces tussen het al aanwezige gas en het opgeslagen gas te controleren. In een door de NAM gesponsord project ontwikkelt het CWI, in samenwerking met de TUD (Centre for Technical Geoscience), modellen en efficiënte numerieke algoritmen voor computersimulaties van ondergrondse gasopslag.

Transport van reactieve stoffen

Als verontreinigd water weglekt uit een vuilstortplaats, komen ongewenste stoffen in het grondwater en worden daardoor verspreid door de ondergrond. Bepalende factoren hierbij zijn de grootte en richting van de grondwatersnelheid en het adsorptiegedrag van de opgeloste stoffen ten opzichte van het poreuze materiaal. In samenwerking met de LUW onderzoekt het CWI de gevolgen van fysische en chemische heterogeniteiten in de bodem. Als bijvoorbeeld in een zandlaag veel kleilenzen aanwezig zijn, met een verschillende doorlatendheid en adsorptiecapaciteit, wat is daarvan dan het effect op de grondwaterstroming en op de verspreiding van de daarin opgeloste stoffen? Analytische en numerieke methoden (onder andere Monte Carlo simulaties) worden ontwikkeld om de verspreidingsmodellen te analyseren.

Dichtheidsstroming

In samenwerking met het RIVM en de Faculteit der Civiele Techniek van de TUD onderzoekt het CWI wiskundige modellen die het stromingsgedrag in de bodem beschrijven van vloeistoffen met verschillende dichtheid. In het bijzonder gaat onze aandacht uit naar de effecten die optreden indien het dichtheidsverschil tussen de vloeistoffen extreem groot is. Zeer hoge dichtheidscontrasten treft men onder andere aan in het grondwater rond zogenaamde zoutkoepels waarin men overweegt hoog-radioactief afval op te slaan.

Een ander onderzoeksthema binnen het CWI is de stabiliteitsanalyse van (niet-stabiele) stroming in de bodem. In het grondwatersysteem onder afval- en baggerspeciedepots kan een pluim verontreinigd water (hoge dichtheid) in contact komen met het grondwater (lage dichtheid). Deze situatie is instabiel en geeft aanleiding tot extra menging van de vloeistoffen door het ontstaan van 'dichtheidsvingers' op het grensvlak tussen de vloeistoffen. Het CWI onderzoekt, onder andere in samenwerking met CSIRO in Australië, de wiskundige aspecten van dit soort instabiele verschijnselen. Kernvragen in het onderzoek zijn: onder welke omstandigheden treden instabiliteiten op en, indien er instabiliteiten ontstaan, hoe ontwikkelen die zich in de tijd?

Indien de diffuse mengzone tussen de vloeistoffen relatief klein is ten opzichte van het te beschouwen stromingsgebied, dan kan het grensvlak als 'scherp' worden gemodelleerd. Op het grensvlak is de dichtheid dan discontinu en springt van een hoge naar een lage waarde. Enerzijds onderzoekt het CWI de wiskundige eigenschappen van dit soort modellen, anderzijds worden er rekenmethoden ontwikkeld en geïmplementeerd in computerprogramma's voor praktische toepassingen.

Prof.dr.ir. C.J. van Duijn

Telefoon: 020-592 4208

E-mail: Hans.van.Duijn@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon 020-592 9333, telefax 020-592 4199

<http://www.cwi.nl/>

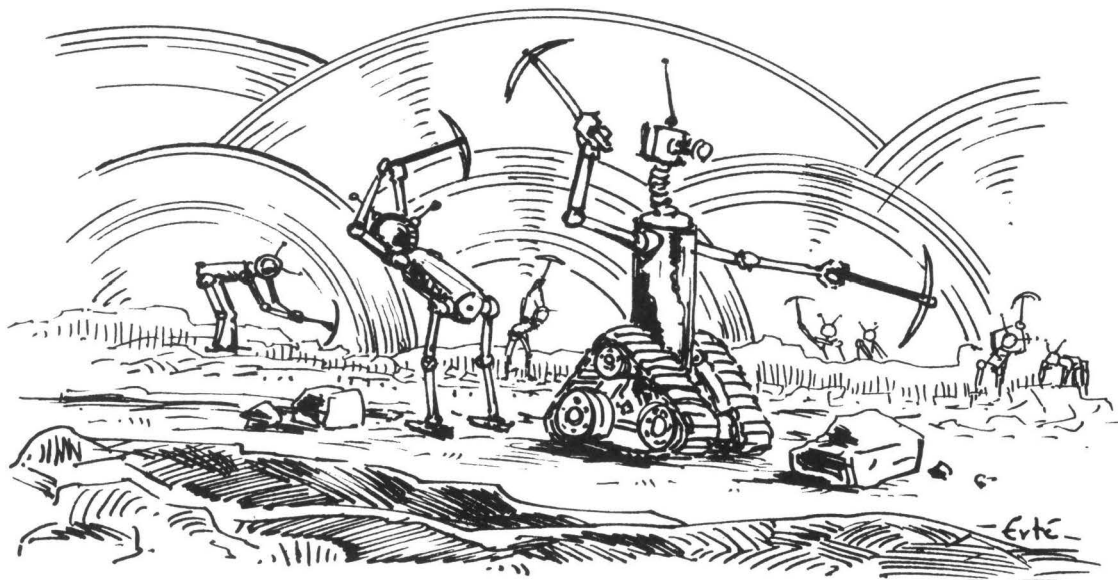
september 1997

DATA MINING: SCHATGRAVEN IN DATABASES

Steeds meer gegevens worden opgeslagen in databases. Deze grote hoeveelheden gegevens bevatten schatten aan strategische informatie, die echter met de gebruikelijke database management systemen moeilijk boven water komen. Dat is wel mogelijk met 'data mining', een recent in ontwikkeling gekomen techniek, die elementen uit de theorie van databases, statistiek en lerende machines in zich verenigt. Sinds enkele jaren loopt op het CWI, dat beschikt over expertise op alle drie terreinen, een project Data Mining.

Databases groeien zeer snel, zowel in omvang als in aantal. Schattingen van de groei in omvang lopen uiteen van een verdubbeling per drie jaar tot een vertienvoudiging per tien jaar. Naast de feitelijke in een database opgeslagen informatie is vooral ook de daaruit afgeleide informatie interessant. Neem bijvoorbeeld een verzekeringsmaatschappij die een database bijhoudt met alle informatie over haar autoverzekeringen. Zij kan dan heel eenvoudig nagaan hoeveel klanten ooit schade hebben geleden. Andere voor de maatschappij interessante informatie, bijvoorbeeld de risico-profielen, is wel impliciet aanwezig in deze database, maar veel moeilijker te vinden. Data mining is de techniek van het zoeken naar zulke karakteristieke patronen in een database. Eerst wordt de informatie in de database geclusterd, waarbij we bijvoorbeeld de brokkenmakers onderscheiden van de veilige rijders. Daarna wordt er gezocht naar een karakteristieke beschrijving van elke groep in de cluster. De zo verkregen regels geven strategisch inzicht in de inhoud en de samenhang van de database. De gevonden risico-profielen kunnen bijvoorbeeld worden gebruikt om de premie voor risico-groepen te verhogen, terwijl de premie voor de anderen wordt verlaagd.

Met data mining vinden we een hoog-niveau beschrijving van de database in de vorm van een indeling in groepen, elk met hun karakteristieke kenmerken. Dit soort beschrijvingen kan worden gebruikt om bijvoorbeeld regionale verschillen of trends te vinden. Stel dat onze autoverzekeringen database twee regio's beslaat, de Randstad en Friesland, en dat de ene regio relatief veel meer schade heeft dan de andere. Eerst maken we van elke regio zo'n hoog-niveau beschrijving in groepen met hun risico-profielen. Vervolgens vergelijken we deze beschrijvingen. Verklaringen voor de verschillen kunnen dan zijn dat de regio's verschillende groepen hebben, dat de relatieve grootte van de groepen verschillend is, of dat de risico-profielen van de groepen per regio verschillen. Door in plaats van regio's dezelfde database op verschillende tijdstippen te nemen, kunnen we op soortgelijke manier trends ontdekken in het tijdsverloop.



De huidige generatie database management systemen is niet geschikt voor datamining. Deze zijn wel te gebruiken om een vermeend risico-profiel te testen, maar de gebruiker zelf moet dit profiel opstellen. Als het profiel niet van tevoren bekend is, dan zou de gebruiker kunnen proberen erachter te komen door willekeurige profielen te testen. Omdat echter het aantal mogelijkheden het menselijk vermogen te boven gaat, dient men data mining tools te gebruiken. Deze beperken het aantal mogelijkheden door een combinatie van menselijk inzicht (niet alle clusteringen en lang niet alle patronen zijn zinvol) en 'slimme' algoritmen. Op deze wijze wordt het mogelijk om ook onbekende verbanden in de database te vinden.

Data mining wordt al in de praktijk toegepast. Zo kan IBM aanzienlijk besparen op het aantal laatste (dure) tests op disk-drives doordat zij een profiel hebben opgesteld waarmee men in een vroegtijdig stadium disk-drives kan herkennen die vermoedelijk in die laatste test zullen falen. Een ander voorbeeld is het Britse bankiershuis TSB, dat uit gegevens van oude leningen regels heeft afgeleid waarmee de kredietwaardigheid van nieuwe klanten beter kan worden beoordeeld.

Data mining heeft vier belangrijke facetten. De eerste is de clustering van de gegevens in de database. De kwaliteit van de gevonden regels hangt in hoge mate af van de gebruikte clustering. De gebruiker kan dan ook de computer sturen bij het vinden van een geschikte clustering. Als hij bijvoorbeeld is geïnteresseerd in het vinden van risico-profielen, dan moet hij het systeem laten clusteren op de hoogte van het schadebedrag. Na het clusteren moet er voor iedere groep een karakteristiek patroon worden gevonden, dat wordt uitgedrukt in een daartoe ontworpen representatietaal. Hoe rijker deze taal is, hoe nauwkeuriger de gevonden patronen zullen zijn, maar ook hoe langer het zoeken duurt en hoe moeilijker interpreteerbaar het resultaat zal zijn. Een van de zwaartepunten van het onderzoek is dan ook het ontwerpen van een representatietaal waarmee eenvoudig begrijpbare adequate beschrijvingen snel kunnen worden gevonden. Om de beste beschrijving te vinden gebruikt men een kwaliteitsfunctie die voor elk patroon aangeeft hoe goed die de cluster in kwestie beschrijft. De zoekruimte is nu voor te stellen als een heuvellandschap, waar de hoogte de kwaliteit aanduidt, en het doel is zo snel mogelijk de hoogste top te vinden. Hiertoe is een veelheid aan goede algoritmen bekend. De gebruiker kan dit zoekproces verder versnellen door bijvoorbeeld aan te geven dat sommige kenmerken onbelangrijk zijn voor het resultaat. Zo zal de naam van een verzekeringnemer geen rol spelen in een risicoprofiel. Het laatste facet is dat databases altijd onjuiste informatie (ruis) bevatten, bijvoorbeeld veroorzaakt door typefouten, en dat er soms informatie ontbreekt, omdat die op het moment van samenstelling niet van belang leek. Met behulp van statistische technieken, zoals het verwijderen van sterk afwijkende voorbeelden, kan de ruis grotendeels worden verwijderd. Bovendien blijkt dat data mining op een database met ruis toch vrij goed lukt. Het ontbreken van informatie is daarentegen in principe een onoverkomelijk probleem. De enige oplossing is hier te werken met waarschijnlijkheidsregels, die een uitspraak doen over de kans dat een object tot een klasse behoort, indien het aan bepaalde voorwaarden voldoet.

Begin 1993 is op het CWI het project Data Mining gestart. Hierin heeft de ontwikkeling van een state-of-the-art data mining tool, genaamd Data Surveyor, van meet af aan centraal gestaan. De bruikbaarheid van Data Surveyor is tijdens deze ontwikkeling regelmatig geëvalueerd aan de hand van strategische pilot-studies voor het bedrijfsleven. De vercommercialisering van Data Surveyor en de bijbehorende consultancy zijn per 1 september 1995 bij de spin-off Data Distilleries B.V. ondergebracht.

Het onderzoek en de verdere ontwikkeling van Data Surveyor vindt thans plaats in het kader van het ESPRIT project KESO (met o.a. CWI, Data Distilleries, GMD, de Universiteit van Helsinki en het CBS) en het nationale HPCN-project Impact (geleid door ING).

Dr. A.P.J.M. Siebes
Telefoon 020 - 592 4139
E-mail: Arno.Siebes@cwi.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam
Telefoon 020 - 592 9333, telefax 020 - 592 4199
<http://www.cwi.nl/>

september 1997

FINANCIËLE WISKUNDE: BEREKENEND RISICO'S NEMEN

Peter Baring, de voormalig voorzitter van de Barings bank, zal de naam Nick Leeson niet zo snel vergeten. Vanaf zijn tafel in Singapore verspeelde de derivaten-handelaar 830 miljoen Engelse ponden van de bank door onverantwoord handelen in derivaten tussen juli 1992 en februari 1995. Barings ging failliet en met het nodige gevoel voor understatement concludeerde de Bank of England dat 'Nick Leeson was not properly supervised'. Kort geleden raakte de National Westminster Bank in opspraak. Zes managers van de investment-tak van de bank namen ontslag na een verlies van 'slechts' 77 miljoen Engelse ponden bij het gebruik van interest-rate swaps en option books, twee voorbeelden van complexe derivaten die verhandeld worden op de internationale financiële markten.

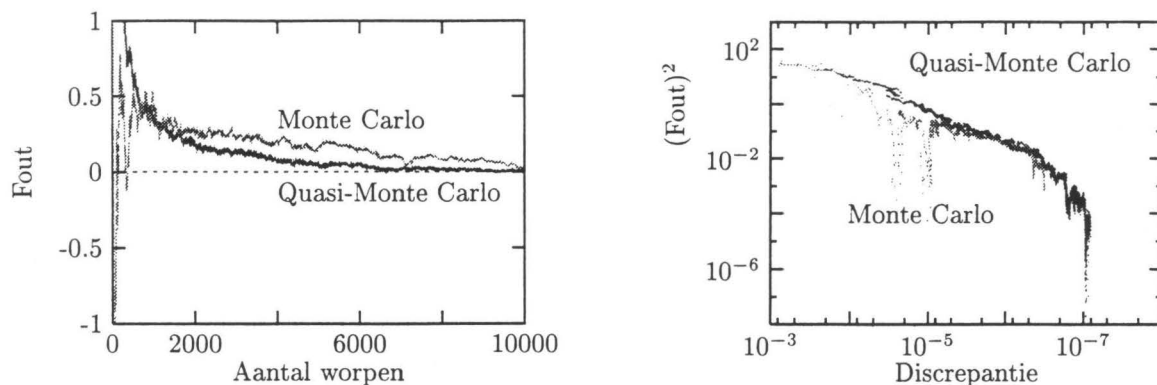
Derivaten zijn financiële producten die afhangen van aandelprijzen, rente, etc., en onder meer worden verhandeld op de financiële markten. Ze worden gebruikt om de invloed van fluctuaties in de koersen van aandelen, valuta en rente op portfolio's af te dekken. In het licht van bovenstaande voorbeelden lijken derivaten op het eerste gezicht zeer riskant. Zijn ze inderdaad zo risico-vol of is de oorzaak van deze voorvallen terug te voeren op irrationeel menselijk gedrag? Deze en andere vragen leiden er toe dat financiële instellingen in toenemende mate een beroep doen op wiskundigen in hun zoektocht naar methoden en technieken om de risico's op hun financiële instrumenten af te dekken. Voorbeelden van belangrijke vragen voor het afdekken van risico's op portfolio's zijn:

- Wat is een 'redelijke' prijs voor een derivaat?
- Hoe fluctueert de waarde van mijn portfolio over een bepaalde periode?

Deze informatie dient *snel en betrouwbaar* beschikbaar te zijn om snel te kunnen reageren op veranderingen in de markt. Bij het CWI houdt een actieve groep zich bezig met financiële wiskunde. De focus ligt hierbij op:

- Hoe kan ik de markt op een snelle en correcte wijze simuleren? Dit vindt zijn toepassing in onder andere het berekenen van prijzen van complexe derivaten en van risico's in een portfolio.
Trefwoorden zijn: *(Quasi-) Monte Carlo, variantie-reductie*.
- Hoe verwerk ik 'volatiliteit'-fluctuaties van een aandelprijs en vroege uitoefen-mogelijkheden in de prijzen van derivaten? Hoe bereken ik prijzen voor derivaten, die afhangen van meerdere aandelen?
Trefwoorden zijn: *Amerikaanse, rente- en exotische derivaten*.
- Hoe bepaal ik het krediet-risico van een bepaald aandeel in mijn portfolio aan de hand van historische data?
Trefwoorden zijn: *modellering en berekening van krediet-risico*.

Het wiskundig instrumentarium nodig om op bovenstaande vragen antwoord te geven is zeer rijk en uitgebreid. Voor de *modelvorming* wordt onder meer gebruik gemaakt van *stochastische differentiaalvergelijkingen* (hoe fluctueert een aandelprijs?), *martingalen* (wat is een redelijke prijs voor een derivaat, gebaseerd op die aandelprijs?), *partiële differentiaalvergelijkingen* (hoe ontwikkelt de optieprijs zich als functie van de tijd, de waarde van de onderliggende aandelen, de onderliggende rente, enzovoort?), *kansrekening* (welke fluctuaties in de waarde van mijn portfolio kan ik verwachten in de toekomst?), *getaltheorie* (hoe simuleer ik de markt optimaal in de computer?) en *tijdreeks-analyse* (welke structuur kan ik ontdekken in de aandelprijzen?). Voor de *berekening* van prijzen van derivaten en portfolio-risico's zijn numerieke methoden en technieken nodig, zoals de *(Quasi-)Monte Carlo methode* (simulatie), het *numeriek oplossen van vrije-randwaarde problemen* (partiële differentiaalvergelijkingen) en *neurale netwerken/genetische algoritmes* (data-analyse), waar mogelijk geïmplementeerd op *parallelle* computers. Bij het CWI is op elk van de bovengenoemde gebieden uitgebreide expertise aanwezig.



Europese optie op 8 onderliggende aandelen.

Als een voorbeeld van onderzoek waar op dit moment aan wordt gewerkt op het CWI, berekenen we de prijs van een Europese optie op meerdere onderliggende aandelen met behulp van de Monte Carlo en Quasi-Monte Carlo methoden. Deze methoden bieden in principe de mogelijkheid snel een prijs te berekenen van een complex derivaat. Voor dit specifieke geval kunnen we de prijs ook exact uitrekenen. Dit stelt ons in staat de fout (het verschil tussen het exacte en (Quasi-)Monte Carlo resultaat) te bepalen. Men gooit nu een heleboel keer met een of meerdere dobbelstenen en simuleert zo de aandelprijzen-fluctuaties. Zo krijgt men een schatting van de prijs van de optie als functie van de onderliggende aandelprijzen (in dit voorbeeld in totaal 8). De Quasi-Monte Carlo methode onderscheidt zich van de Monte Carlo methode door gebruik te maken van speciaal 'geprepareerde' (deterministische) dobbelstenen.

In het linker plaatje is te zien dat hoe meer worpen men gooit, hoe kleiner de fout wordt. Ook is te zien dat de Quasi-Monte Carlo methode een veel kleinere fout oplevert dan de Monte Carlo methode voor het zelfde aantal worpen. Dus indien mogelijk gebruiken we liever de Quasi-Monte Carlo methode dan de Monte Carlo methode.

Een probleem bij de Quasi-Monte Carlo methode is het bepalen van de theoretische fout op het antwoord. In het huidige voorbeeld kunnen we de prijs ook exact uitrekenen. In het algemeen echter is dit meestal niet mogelijk. Toch willen we ook in dat geval een uitspraak kunnen doen over hoe goed de Quasi-Monte Carlo methode de prijs heeft berekend, d.w.z. welke fout men maakt bij toepassing van de Quasi-Monte Carlo methode. Een manier om dat te meten is het berekenen van de *discrepantie*. Hoe kleiner de discrepantie, hoe kleiner de fout. De theoretische beschrijving van die fout is een lastig wiskundig probleem. Het oplossen van dit probleem zal leiden tot een snellere en betere berekening van prijzen van derivaten. Het rechter plaatje laat zien dat, bij een gelijk aantal punten, de Quasi-Monte Carlo methode een kleinere discrepantie en dus kleinere fout bereikt dan de Monte Carlo methode.

Prof. dr. J.M. Schumacher, Dr. J.K. Hoogland, Dr. ir. H.J.J. te Riele

Telefoon 020-592 4090, 020-592 4176, 020-592 4106

E-mail: {Hans.Schumacher, Jiri.Hoogland, Herman.te.Riele}@cwi.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

Telefoon 020-5929333, telefax 020-5924199

<http://www.cwi.nl/>

september 1997