



Technologieoverdracht door spin-offs

Vrijdag 2 oktober 1998
CWl, Kruislaan 413, 1098 SJ Amsterdam

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

CWl IN BEDRIJF
'98

Technologieoverdracht door spin-offs

Een nieuw ondernemend elan waart door de Europese onderzoekswereld. Via allerlei programma's, plannen en initiatieven worden studenten en wetenschappelijk onderzoekers aangezet tot het oprichten van een eigen onderneming. Europees Commissaris Edith Cresson belegde in december 1997 een "roundtable" om het Europese beleid ten aanzien van startende ondernemingen handen en voeten te geven. Kort daarop kwam het Ministerie van Economische Zaken met het Twinning Initiatief en kondigde McKinsey de business-planwedstrijd New Venture 1998 aan.

De nieuwe ondernemerszin lijkt een belangrijk alternatief te zijn voor traditionele manieren van technologieoverdracht die, alle externe stimulansen zoals het Europese Kaderprogramma ten spijt, ons bedrijfsleven onvoldoende concurrerend houden met bijvoorbeeld de Verenigde Staten. Deze ontwikkeling komt dus op een goed moment maar werpt ook vele vragen op.

Is het ondernemerschap in Europa wel voldoende ontwikkeld? Hier gaat het niet alleen om de kwaliteit van het ondernemerschap maar ook om de sociale status van de ondernemer. Welke stimulerende impulsen moeten worden gegeven: cursussen ondernemerschap in universitaire curricula, businessplan wedstrijden, incubators, seed capital? Is er een Europese of misschien wel Nederlandse manier van ondernemen? Op dit moment wordt vooral naar de VS gekeken als lichtend voorbeeld waar het gaat om ondernemerschap. Aanbevelingen gaan vaak niet veel verder dan simpele adviezen om het Amerikaanse model te kopiëren. Veel interessanter lijkt het om een eigen model te ontwikkelen, gebaseerd op bestaande sterke punten van de Europese economie. Maar kan iemand de contouren van zo'n model al uittekenen? Past ondernemerschap wel in de Nederlandse universitaire cultuur? Deze vragen zullen aan de orde komen in het ochtendprogramma van CWI in bedrijf.

Ochtendprogramma

Gerard van Oortmerssen, directeur van het CWI, zal in zijn voordracht ingaan op het spin-off beleid van het CWI en de resultaten daarvan, waarna **Marcel Holsheimer**, directeur van Data Distilleries BV, zal spreken over de totstandkoming en het huidige reilen en zeilen van zijn bedrijf dat enige jaren geleden als spin-off uit het CWI ontstond.

Vanuit het Twinning initiatief van EZ zal een voordracht worden verzorgd over twinning als manier om ondernemerschap te stimuleren op het gebied van de informatie en communicatietechnologie. Aardig detail daarbij is dat één van de twee eerste zogenaamde Twinning Centra op het terrein van het Amsterdam Science Park gehuisvest zal worden.

Na de pauze spreekt **Alexander van Wassenae**r van McKinsey over het belang van ondernemerschap voor de Nederlandse economie en over de door McKinsey opgezette businessplanwedstrijd New Venture 98. **Gerard Montanus** van Atlas Venture spreekt vervolgens over de rol van de Venture Capitalist in de op- en doorstart van high-tech ondernemingen. **Paul Bradstock** tenslotte, directeur van de Oxford Trust en voorzitter van een Europese werkgroep op het gebied van het stimuleren van ondernemerschap, zal in zijn voordracht spreken over spin-off initiatieven rond Oxford en over het Europese spin-off beleid binnen het Vijfde Kaderprogramma.

Middagprogramma

Het middagprogramma biedt een tiental voordrachten over CWI-onderzoek in parallelle sessies. Deze voordrachten hebben een sterk demonstrerend karakter: steeds zal worden aangegeven hoe fundamenteel onderzoek uiteindelijk leidt tot praktische toepassingen en gereedschappen. Het laat zich aanzien dat de overdracht van de resultaten van het gedemonstreerde onderzoek in een aantal gevallen zal plaatsvinden door nog op te richten spin-offs.

PROGRAMMA:

- 9.00 Ontvangst
- 9.30 Spin-off constructies als een manier van technologieoverdracht.
Gerard van Oortmerssen (directeur CWI)
- 9.55 Data Distilleries: een CWI spin-off
Marcel Holsheimer (directeur Data Distilleries BV)
- 10.20 Twinning als instrument voor het stimuleren van ICT-ondernemerschap
Twinning Netwerk
- 10.50 Pauze
- 11.15 De McKinsey analyse van de Nederlandse economie en de Businessplan wedstrijd New Venture 98
Alexander van Wassenae (partner McKinsey)
- 11.45 Kritische succesfactoren voor academische spin-offs
Gerard Montanus (directeur Atlas Venture)
- 12.15 Good practice in spin-off creation schemes
Paul Bradstock (directeur Oxford Trust, Voorzitter van EU Working Group "spin-off creation")
- 13.00 Lunch
- 14.00 Parallele sessies met de volgende voordrachten:
- GRINS - A Graphical User Interface for SMIL (the W3C multimedia standard)*
Dick Bulterman
- Gereedschappen voor Software Renovatie*
Arie van Deursen
- Wiskundige Modellen voor Transport van Vervuiling in Oppervlaktewater*
Ben Sommeijer en Jan Kok
- Evolutionaire Economische Systemen*
Han la Poutré
- MANIFOLD - A Language for Coordination*
Farhad Arbab
- Computer Gestuurde Mimiek*
Paul ten Hagen
- Hoe Wetenschappelijke Software Practische Problemen kan oplossen*
Jacques de Swart
- Mine your own Business! Technieken voor Datamining*
Arno Siebes
- Analyse van Software voor Embedded Systemen: een Modulair Auto-lift Systeem*
Jan Friso Groote
- High Performance Visualisatie*
Robert van Liere
- Wavelets en Toepassingen*
Nico Temme
- HTML en XML*
Steven Pemberton
- Hoe herkent een Computer een Koe: Het vergelijken van Beelden*
Ben Schouten
- 17.00 Sluiting en borrel

Demonstraties

Gedurende de hele dag worden demonstraties en presentaties verzorgd van lopend CWI-onderzoek en van CWI spin-offs.

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 selectie criterium voor nieuwe projecten.

Het CWI neemt deel in het Telematica Instituut en stond aan de wieg van ERCIM, het European Research Consortium for Informatics and Mathematics. Het CWI participeert in bijna honderd nationale en internationale onderzoeksprojecten en werkt samen met de bestaande onderzoekscholen op het gebied van wiskunde en informatica.

Als onderdeel van zijn technologieoverdracht-beleid voert het CWI een actief spin-off beleid, dat de laatste jaren zorgt voor een gestage stroom van nieuwe ondernemingen.



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 020-5924199, e-mail: margriet@cw.nl

Het webadres van het CWI is: <http://www.cwi.nl/>



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

Vooraankondiging

CW I in Bedrijf
CW I - Centrum voor Wiskunde en Informatica
Kruislaan 413
1098 SJ Amsterdam

Op **vrijdag 2 oktober** a.s. organiseert het CW I haar jaarlijkse Bedrijvendag "CW I in Bedrijf".

High-tech start-ups vormen een steeds belangrijker middel voor het exploiteren van resultaten van wetenschappelijk onderzoek. Daarom staat dit jaar de **"startende ondernemer"** centraal, en dan met name die startende ondernemer die zijn/haar oorsprong heeft in de onderzoekswereld.

Begin dit jaar introduceerde EZ haar twinning initiatief en kondigde McKinsey de business-planwedstrijd NewVenture 1998 aan. Daarvoor al, in december 1997, had Europees Commissaris Edith Cresson een "roundtable" belegd om het Europese beleid ten aanzien van startende ondernemingen handen en voeten te geven. Ondernemen is dus zonder meer "in", en zeker gezien CW I's "track record" op het gebied van spin-off creatie is het belichten van dit thema tijdens CW I in Bedrijf een logische keuze.

Zoals gebruikelijk is er ook volop aandacht voor onderzoek in uitvoering. Middels voordrachten en demonstraties kunt u zich op de hoogte stellen van het werk dat aan het CW I wordt uitgevoerd. Daarnaast zijn er presentaties van spin-off bedrijven van het CW I.

Een greep uit de onderwerpen:

- Animatie
- Coördinatietalen
- Datamining
- Evolutionaire algoritmen
- Financiële wiskunde
- Information retrieval
- Milieuwiskunde
- Nieuwe media
- Regeling van autosnelwegnetwerken / hybride systemen
- Scientific computing
- Software engineering
- Visualisatie
- 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 2 oktober in uw agenda te reserveren voor "CW I in Bedrijf" 1998.

Voor nadere informatie kunt u contact opnemen met Margriet Brouwer, tel. 020.592.4253, fax 020.592.4199, email: Margriet.Brouwer@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

41198731 KvK Amsterdam
Alg. Voorwaarden nr. 3851 KvK Amsterdam
BTW nr. NL 002953390B01

Deelnemerslijst CWI in Bedrijf vrijdag 2 oktober 1998

Aalbers	A.	TechForce
Abrams	J.	Netherlands Design Institute
Aerts	P.J.C.	NCF
Afman	H.B.	OMEGAM
Aken	F.G.J. van	TNO-MET
Anthony	S.	Rijkswaterstaat
Arbab	F.	CWI
Aspers	W.A.M.	NWO
Baeten	J.C.M.	Technische Universiteit Eindhoven
Baljon	M.H.	ICIN
Beemt	F.C.H.D. van den	STW
Berg	F. van den	STW
Berg	G.J. van den	Business Service Center TUD
Bexelius	S.	Adviesdienst Verkeer en Vervoer
Blom	J.G.	CWI
Boeve	E.	General Design
Böhmer	R.L.	TNO-FEL
Bokkers	M.	ECT
Bontekoe	Tj.R.	Bontekoe Data Consultancy
Bopp	F.	Fiaber BV
Bosch	S.	Holland Venture
Bottema	M.	Provincie Zuid-Holland
Bouwhuis	R.	Boreas
Bradstock	P.	Oxford Trust
Brouwer	M.W.	CWI
Brouwer	I.	Cisco Systems International
Brummelen	H. van	CWI
Bulterman	D.C.A.	CWI
Bijsterveld	J.J. van	Ballast Nedam
Coehoorn	D.J.	Transferpunt Vrije Universiteit
Dasselaar	M.R.	SENER-Den Haag
Dekker	J.	TNO
Delhaas	R.	Econ Group b.v.
Deursen	A. van	CWI
Diekema	E.	Advimedon
Dijk	A.M. van	Océ-Technologies
Does	R.J.M.M.	IBIS UvA BV
Dongen	S. van	Eidetica BV (i.o)
Du Croix	M.J.	Cross Impact
Duinker	W.	ING Nederland
Dumay	A.C.M.	TNO
Elkenbracht-Huizing	M.	ABN AMRO
Emde Boas	P. van	ILLC-WINS/Universiteit van Amsterdam
Eijck	D.J.N. van	CWI
Ernest	P.	Desk
Evers	V.H.C.M.	Philips Research
Galen	P.Chr. van	FENIT
Geerken	B.M.	Universiteit van Amsterdam
Geerling	M.A.M.	Chess - iT
Gerards	A.M.H.	CWI
Gerrits	W.A.M.	SENER-Zwolle
Gerritse	F.B.	SENER-Den Haag
Goossen	P.D.J.	IMK Nederland
Groenink	A.V.	Eidetica BV (i.o)
Groote	J.F.	CWI
Haan	C.	Rabofacet/Spectrum
Hagen	P.J.W. ten	CWI

Ham	L. van der	Silicon Graphics
Hardmann	L.	CWI
Heemstra	S. van	High Tech Automation
Hirges	F.	TechForce
Hoek	M.J. van der	TTP advies & management b.v.
Holsheimer	M.	Data Distilleries
Hoogland	J.	CWI
Houtsma	M.	Telematica Instituut
Huisken	L.	Telematica Instituut
Huijsmans	R.H.M.	MARIN
Itersen	M. van	TNO-MET
Jasperse	D.	Adviesdienst Verkeer & Vervoer
Jong	M. de	STW
Julianus	J.A.	Ministerie van Economische Zaken
Kalb	L.	Desk
Karssenberg	H.	Hogeschool van Utrecht
Keijser	N.M.	AWT
Klint	P.	CWI
Kok	J.	CWI
Kok	J.W.M.	Elsevier Science
Kok	S.	Desk
Kroon	K.	Register accountant
Kruithof	H.	SENDER-Den Haag
Kuiper	G.	MARIN
Kurpershoek	D.B.	Arcadis Heidemij Advies
Laar	R. van de	CBS
Langelaar	B.	Amsterdam Science Park
Langeveld	R.H.	
Leigh	R.	
Liem	M.	NCP New Media Communications
Liere	R. van	CWI
Luesink	R.	Libertel BV
Luyn	W.L.M. van	Consensus Engineering International
Maanen	R.S. van	Rep IT b.v.
Marquering	H.	Océ-Technologies
Mertens	T.	Baan Nederland
Mettrop	M.W.	CWI
Milikowski	R.	Amsterdamse Telematica Raad
Mol	L.	Kluwer Academic Publishers
Montanus	G.	Atlas Venture
Moonen	J.A.H.M.	DSM Research
Mulder	G.H.	Biolateral BV
Mulder	M.	Desk
Muyer	R. van	Libertel BV
Mynett	A.E.	Waterloopkundig Laboratorium
Nieuwenhuis	C.H.M.	SARA
Noot	H.	CWI
Nuy	A.	Desk
Oonincx	P.J.	CWI
Oortmerssen	G. van	CWI
Pattenier	F.J.	Lucent Technologies
Paulisma	J.C.P.	Hogeschool Windesheim
Pemberton	S.	CWI
Poel	W.M. van der	NLR
Poerwoatmodjo	J.	Telematica Instituut
Poot	H.J.G. de	Telematica Instituut
Poutré	H. la	CWI
Prins	W.J.	CMG Finance b.v.
Rikken	D.	TNO-MET
Rooijen	R.M. van	CWI

Rotmans	J.	Universiteit Maastricht
Ruttkay	Zs.M.	CWI
Ruyven	L.J. van	VR OPTO BV
Schelvis	E.A.	Rijkswaterstaat
Schilder	R.	Microsoft B.V.
Schmidt	D.Ph.	TNO-TPD
Schouten	B.A.M.	CWI
Schrauwers	A.	Journalist
Schuppen	J.H. van	CWI
Siebers	T.J.H.	Océ-Technologies
Siebes	A.P.J.M.	CWI
Simons	M.	Vectrix Consultants
Simons	S.D.	Kenniskring Amsterdam
Soentjens	F.H.J.	CSC Computer Sciences
Sommeijer	B.P.	CWI
Strausz	I.	Philips Research
Strien	A.C.G. van	TNO International
Swart	J.J.B. de	CWI
Temme	N.M.	CWI
Titulaer	C.	Chriet Titulaer Produkties
Tok	J.A. van	Anderen&VanTok
Tomas	J.J.C.	Getronics Software
Veldhuis	T.	Desk
Veldhuis	T.	VCNM/Multimediair
Verkerk	D.	Can Diensten
Versmissen	A.G.P.	KEMA
Visser	B.A.	Gilde investment
Vos	J.	X/OS BV
Vos	J.	Bureau Kennistransfer UvA
Wassenaer	A. van	McKinsey
Weel	G.M.	Ministerie van OC&W
Werkhoven	L.D.C. van	SENER-Den Haag
Westerman	M.	Twinning Netwerk
Wielinga	R.F.	SENER-Zwolle
Wolff	P. de	Oud bestuurslid CWI
Wolters	J.	SARA
Zeeuw	P.M. de	CWI
Zwartkruis	T.J.G.	DSM Research

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.

route nummer	2128	2127	2126	2125	2124	2123	2122	2121	2120	2119	2118	2117	2116	2115	2114	2113	2112	2111	2110	2109	2108	2107	2106	2105	2104	2103	2102	2101	2100	2099	2098	2097	2096	2095	2094	2093	2092	2091	2090	2089	2088	2087	2086	2085	2084	2083	2082	2081	2080	2079	2078	2077	2076	2075	2074	2073	2072	2071	2070	2069	2068	2067	2066	2065	2064	2063	2062	2061	2060	2059	2058	2057	2056	2055	2054	2053	2052	2051	2050	2049	2048	2047	2046	2045	2044	2043	2042	2041	2040	2039	2038	2037	2036	2035	2034	2033	2032	2031	2030	2029	2028	2027	2026	2025	2024	2023	2022	2021	2020	2019	2018	2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008	2007	2006	2005	2004	2003	2002	2001	2000	1999	1998	1997	1996	1995	1994	1993	1992	1991	1990	1889	1888	1887	1886	1885	1884	1883	1882	1881	1880	1879	1878	1877	1876	1875	1874	1873	1872	1871	1870	1869	1868	1867	1866	1865	1864	1863	1862	1861	1860	1859	1858	1857	1856	1855	1854	1853	1852	1851	1850	1849	1848	1847	1846	1845	1844	1843	1842	1841	1840	1839	1838	1837	1836	1835	1834	1833	1832	1831	1830	1829	1828	1827	1826	1825	1824	1823	1822	1821	1820	1819	1818	1817	1816	1815	1814	1813	1812	1811	1810	1809	1808	1807	1806	1805	1804	1803	1802	1801	1800	1799	1798	1797	1796	1795	1794	1793	1792	1791	1790	1789	1788	1787	1786	1785	1784	1783	1782	1781	1780	1779	1778	1777	1776	1775	1774	1773	1772	1771	1770	1769	1768	1767	1766	1765	1764	1763	1762	1761	1760	1759	1758	1757	1756	1755	1754	1753	1752	1751	1750	1749	1748	1747	1746	1745	1744	1743	1742	1741	1740	1739	1738	1737	1736	1735	1734	1733	1732	1731	1730	1729	1728	1727	1726	1725	1724	1723	1722	1721	1720	1719	1718	1717	1716	1715	1714	1713	1712	1711	1710	1709	1708	1707	1706	1705	1704	1703	1702	1701	1700	1699	1698	1697	1696	1695	1694	1693	1692	1691	1690	1689	1688	1687	1686	1685	1684	1683	1682	1681	1680	1679	1678	1677	1676	1675	1674	1673	1672	1671	1670	1669	1668	1667	1666	1665	1664	1663	1662	1661	1660	1659	1658	1657	1656	1655	1654	1653	1652	1651	1650	1649	1648	1647	1646	1645	1644	1643	1642	1641	1640	1639	1638	1637	1636	1635	1634	1633	1632	1631	1630	1629	1628	1627	1626	1625	1624	1623	1622	1621	1620	1619	1618	1617	1616	1615	1614	1613	1612	1611	1610	1609	1608	1607	1606	1605	1604	1603	1602	1601	1600	1599	1598	1597	1596	1595	1594	1593	1592	1591	1590	1589	1588	1587	1586	1585	1584	1583	1582	1581	1580	1579	1578	1577	1576	1575	1574	1573	1572	1571	1570	1569	1568	1567	1566	1565	1564	1563	1562	1561	1560	1559	1558	1557	1556	1555	1554	1553	1552	1551	1550	1549	1548	1547	1546	1545	1544	1543	1542	1541	1540	1539	1538	1537	1536	1535	1534	1533	1532	1531	1530	1529	1528	1527	1526	1525	1524	1523	1522	1521	1520	1519	1518	1517	1516	1515	1514	1513	1512	1511	1510	1509	1508	1507	1506	1505	1504	1503	1502	1501	1500	1499	1498	1497	1496	1495	1494	1493	1492	1491	1490	1489	1488	1487	1486	1485	1484	1483	1482	1481	1480	1479	1478	1477	1476	1475	1474	1473	1472	1471	1470	1469	1468	1467	1466	1465	1464	1463	1462	1461	1460	1459	1458	1457	1456	1455	1454	1453	1452	1451	1450	1449	1448	1447	1446	1445	1444	1443	1442	1441	1440	1439	1438	1437	1436	1435	1434	1433	1432	1431	1430	1429	1428	1427	1426	1425	1424	1423	1422	1421	1420	1419	1418	1417	1416	1415	1414	1413	1412	1411	1410	1409	1408	1407	1406	1405	1404	1403	1402	1401	1400	1399	1398	1397	1396	1395	1394	1393	1392	1391	1390	1389	1388	1387	1386	1385	1384	1383	1382	1381	1380	1379	1378	1377	1376	1375	1374	1373	1372	1371	1370	1369	1368	1367	1366	1365	1364	1363	1362	1361	1360	1359	1358	1357	1356	1355	1354	1353	1352	1351	1350	1349	1348	1347	1346	1345	1344	1343	1342	1341	1340	1339	1338	1337	1336	1335	1334	1333	1332	1331	1330	1329	1328	1327	1326	1325	1324	1323	1322	1321	1320	1319	1318	1317	1316	1315	1314	1313	1312	1311	1310	1309	1308	1307	1306	1305	1304	1303	1302	1301	1300	1299	1298	1297	1296	1295	1294	1293	1292	1291	1290	1289	1288	1287	1286	1285	1284	1283	1282	1281	1280	1279	1278	1277	1276	1275	1274	1273	1272	1271	1270	1269	1268	1267	1266	1265	1264	1263	1262	1261	1260	1259	1258	1257	1256	1255	1254	1253	1252	1251	1250	1249	1248	1247	1246	1245	1244	1243	1242	1241	1240	1239	1238	1237	1236	1235	1234	1233	1232	1231	1230	1229	1228	1227	1226	1225	1224	1223	1222	1221	1220	1219	1218	1217	1216	1215	1214	1213	1212	1211	1210	1209	1208	1207	1206	1205	1204	1203	1202	1201	1200	1199	1198	1197	1196	1195	1194	1193	1192	1191	1190	1189	1188	1187	1186	1185	1184	1183	1182	1181	1180	1179	1178	1177	1176	1175	1174	1173	1172	1171	1170	1169	1168	1167	1166	1165	1164	1163	1162	1161	1160	1159	1158	1157	1156	1155	1154	1153	1152	1151	1150	1149	1148	1147	1146	1145	1144	1143	1142	1141	1140	1139	1138	1137	1136	1135	1134	1133	1132	1131	1130	1129	1128	1127	1126	1125	1124	1123	1122	1121	1120	1119	1118	1117	1116	1115	1114	1113	1112	1111	1110	1109	1108	1107	1106	1105	1104	1103	1102	1101	1100	1099	1098	1097	1096	1095	1094	1093	1092	1091	1090	1089	1088	1087	1086	1085	1084	1083	1082	1081	1080	1079	1078	1077	1076	1075	1074	1073	1072	1071	1070	1069	1068	1067	1066	1065	1064	1063	1062	1061	1060	1059	1058	1057	1056	1055	1054	1053	1052	1051	1050	1049	1048	1047	1046	1045	1044	1043	1042	1041	1040	1039	1038	1037	1036	1035	1034	1033	1032	1031	1030	1029	1028	1027	1026	1025	1024	1023	1022	1021	1020	1019	1018	1017	1016	1015	1014	1013	1012	1011	1010	1009	1008	1007	1006	1005	1004	1003	1002	1001	1000	999	998	997	996	995	994	993	992	991	990	989	988	987	986	985	984	983	982	981	980	979	978	977	976	975	974	973	972	971	970	969	968	967	966	965	964	963	962	961	960	959	958	957	956	955	954	953	952	951	950	949	948	947	946	945	944	943	942	941	940	939	938	937	936	935	934	933	932	931	930	929	928	927	926	925	924	923	922	921	920	919	918	917	916	915	914	913	912	911	910	909	908	907	906	905	904	903	902	901	900	899	898	897	896	895	894	893	892	891	890	889	888	887	886	885	884	883	882	881	880	879	878	877	876	875	874	873	872	871	870	869	868	867	866	865	864	863	862	861	860	859	858	857	856	855	854	853	852	851	850	849	848	847	846	845	844	843	842	841	840	839	838	837	836	835	834	833	832	831	830	829	828	827	826	825	824	823	822	821	820	819	818	817	816	815	814	813	812	811	810	809	808	807	806	805	804	803	802	801	800	799	798	797	796	795	794	793	792	791	790	789	788	787	786	785	784	783	782	781	780	779	778	777	776	775	774	773	772	771	770	769	768	767	766	765	764	763	762	761	760	759	758	757	756	755	754	753	752	751	750	749	748	747	746	745	744	743	742	741	740	739	738	737	736	735	734	733	732	731	730	729	728	727	726	725	724	723	722	721	720	719	718	717	716	715	714	713	712	711	710	709	708	707	706	705	704	703	702	701	700	699	698	697	696	695	694	693	692	691	690	689	688	687	686	685	684	683	682	681	680	679	678	677	676	675	674	673	672	671	670	669	668	667	666	665	664	663	662	661	660	659	658	657	656	655	654	653	652	651	650	649	648	647	646	645	644	643	642	641	640	639	638	637	636	635	634	633	632	631	630	629	628	627	626	625	624	623	622	621	620	619	618	617	616	615	614	613	612	611
--------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

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 planningen.

- 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 1998

TOEGEPASTE KANSREKENING VOORKOMT ERGERNIS BIJ WACHTEN

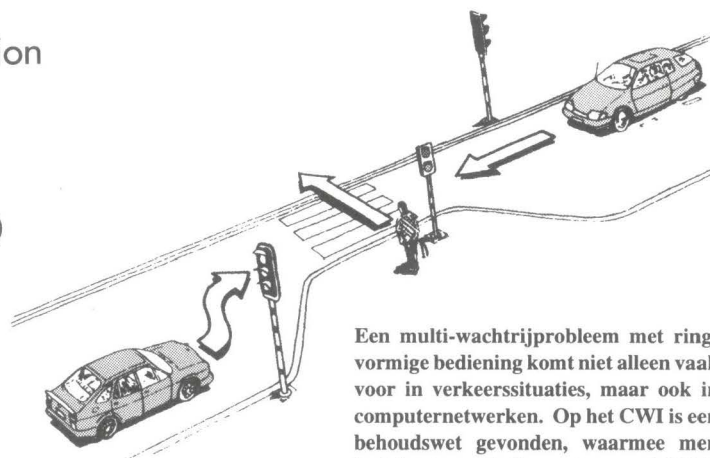
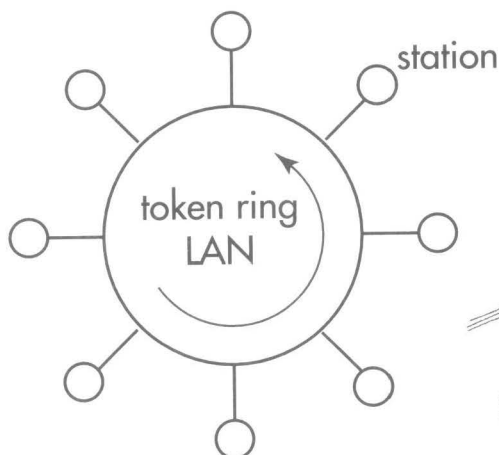
Wachten is zo algemeen dat de ergernis waarmee het gepaard gaat eveneens deel is gaan uitmaken van het dagelijks bestaan. Wachten in de file, op het postkantoor of het 'aantal wachtenden vóór u' bij de telefoon lijkt bovendien steeds maar toe te nemen, terwijl in onze informatiemaatschappij tegelijkertijd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

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.

Prof.dr.ir. S.C. Borst
Telefoon 020-592 4094
E-mail: Sem.Borst@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 1998

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 routingsalgoritme. 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 voldoen 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, Annual Review '98.

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.

Prof.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 1998

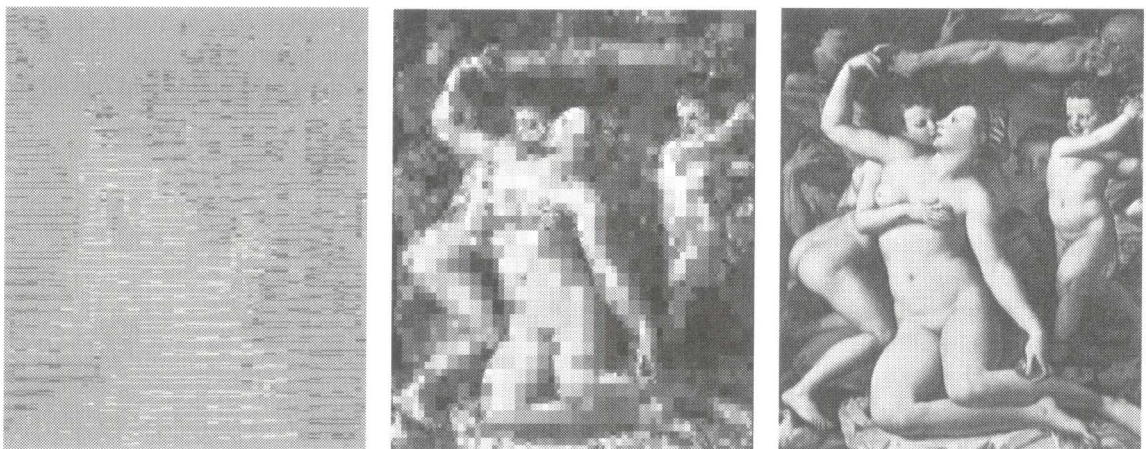
FRACTALE BEELDCODERING

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 beeldcodering. 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 beelden, 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 (natuuropname, 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 gedeprimeerd.

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.

Een van de meest recente ontwikkelingen is op het gebied van de multimedia. Daar wordt al jaren gezocht naar een zoekmethode waarbij beelden niet op hun begeleidende tekst worden teruggevonden, maar op hun werkelijke gelijkenis met andere beelden. Men wil bijvoorbeeld alle plaatjes met gele bloemen op het world-wide web zoeken. Men typt nu niet 'gele bloem' in, maar toont gewoon een voorbeeld, waarop de computer samen met een zoekmachine vergelijkbaar met 'altavista' alle soortgelijke beelden op het web weergeeft. Deze techniek is erop gebaseerd dat ieder beeld kan worden gekenmerkt door een aantal features (innerlijke eigenschappen) zoals kleursamenstelling, beeldcompositie en aanwezige structuur of textuur in het beeld. Fractale codering blijkt een uitermate geschikte 'feature' te kunnen leveren waarmee structuur (=zelfgelijkende vorm) kan worden beschreven. Zo wordt deze compressietechniek gecombineerd met de mogelijkheid beelden te herkennen.

Prof.dr. M.S. Keane, drs. B.A.M. Schouten
Telefoon: 020 - 592 4050, 592 4257
E-mail: {Mike.Keane,B.A.M. Schouten}@cwi.nl
<http://www.cwi.nl/~bens/>

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 1998

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 1998

SYSTEEMRENOVATIE

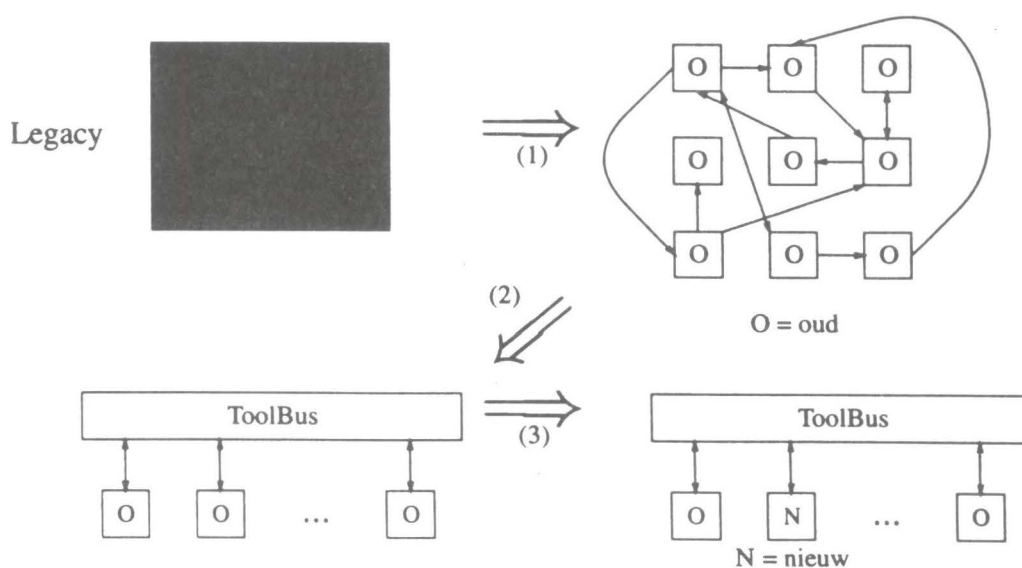
Oude software, geschreven in een oude taal, wel gebruik makend van goto's en niet van object-oriëntatie, en vaak enorm in omvang, is moeilijk aanpasbaar. Toch zijn aanpassingen altijd nodig: het jaar 2000 en de euro komen eraan, hardwareplatforms verdwijnen, en gebruikers stellen nieuwe eisen. In samenwerking 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 coördinatietechnologie.

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

In opdracht van Roccade Finance en ABN AMRO heeft het CWI meegewerkt aan de ontwikkeling van tools en technieken ten behoeve van de analyse en verbetering van COBOL legacy systemen, in het kader van het door het Ministerie van Economische Zaken gesubsidieerde Resolver-project.

Een belangrijk aandachtspunt in Resolver is de migratie van procedurele code naar object-georiënteerde programmatuur. Met behulp van de ontwikkelde COBOL analyse-tools kan allerlei informatie over een legacy systeem verzameld worden, bijvoorbeeld welke programma's, schermen, databases, enz., waar worden gebruikt, en hoe al deze onderdelen met elkaar samenhangen. Gebruik makend van deze informatie is het mogelijk (door middel van filtering en clustering) op semi-automatische wijze een object-georiënteerd herontwerp van het legacy-systeem te verkrijgen.

Het tweede aandachtspunt in Resolver is het uitvoeren van fabrieksmatige code-transformaties op grote COBOL systemen. Hiertoe is een COBOL grammatica ontwikkeld, waarmee de gewenste transformaties op hoog niveau kunnen worden gespecificeerd. Door het gebruik van deze technologie is het mogelijk een aantal onderhoudsactiviteiten sneller en beter door te voeren, en kunnen dialectmigraties worden geautomatiseerd.

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/>

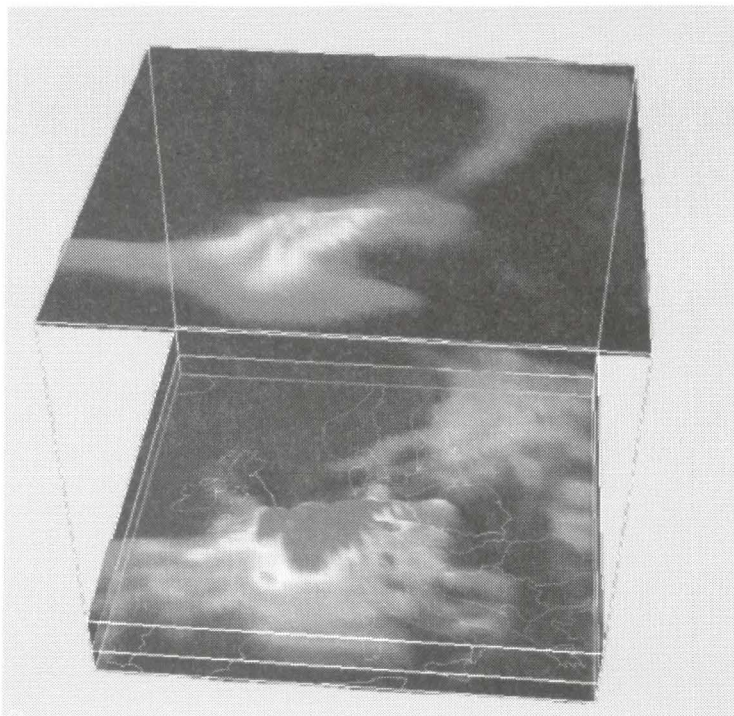
september 1998

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 weergegeven 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 advection-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/>

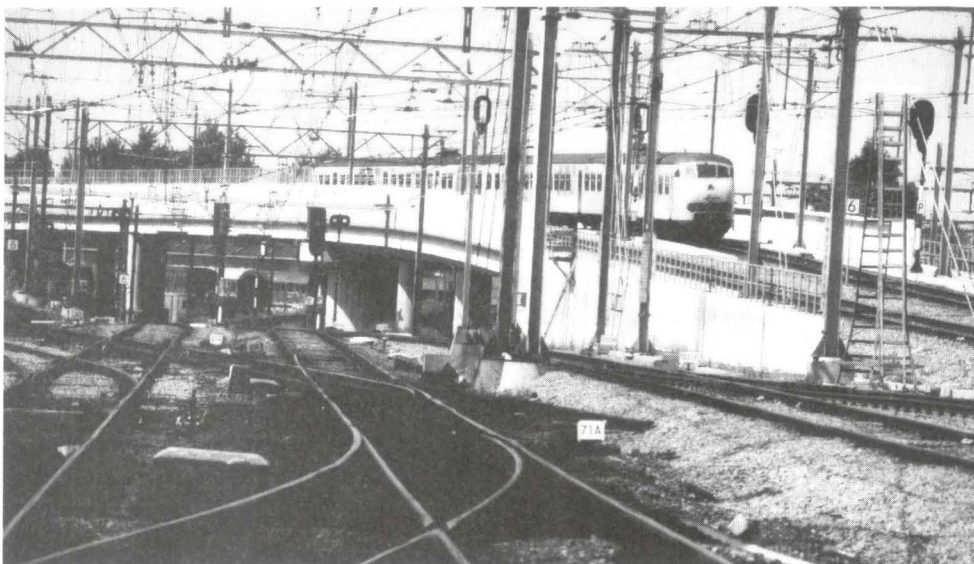
september 1998

SPECIFICATIE EN ANALYSE VAN EMBEDDED SYSTEMEN

Steeds meer apparatuur bevat ingebouwde software die van vitaal belang is voor het goed functioneren van die apparatuur. Voorbeelden vindt men onder meer in de luchtvaartelektronica, de regeling van industriële processen, robotica, telecommunicatie en in diverse consumentenprodukten. Vanzelfsprekend worden aan dergelijke 'embedded' software hoge kwaliteitseisen gesteld. Het CWI doet onderzoek op dit gebied via twee wegen: bestudering van specificatietechnieken teneinde te komen tot een eenduidige beschrijving van embedded systemen, en van analysetechnieken om aan te tonen dat de implementatie van die systemen de verwachte functionaliteit ook daadwerkelijk bezit ('doet wat het moet doen'). Beoordeling van de uitvoerbaarheid van die technieken gebeurt door experimenten met fundamentele gedistribueerde algoritmen en door concrete industriële toepassing.

In veel gevallen moet de software in de toepassing functioneren in real-time en in een gedistribueerde omgeving. Dergelijke systemen nemen echter zo snel toe in omvang en complexiteit dat hoge eisen moeten worden gesteld aan de correctheid van de embedded software. Dit maakt het toepassen van formele methoden zeer gewenst.

De weg naar correcte software begint bij een specificatie van het probleem, waaruit criteria volgen voor het te ontwerpen programma. Dat programma heet dan 'correct' als aan die criteria is voldaan. De criteria worden geformuleerd in een specificatietaal, die bij voorkeur een hoog abstractieniveau heeft en bijvoorbeeld niet executeerbaar hoeft te zijn. In algebraïsche specificaties leveren axioma's regels voor de vereenvoudiging van uitdrukkingen en leggen de semantiek vast van de algebraïsche constructies. Dergelijke formele methoden worden steeds meer gebruikt bij de specificatie van complexe systemen. Zij hebben als voordeel dat alle aannamen al in een vroeg stadium van het ontwerp expliciet zijn gemaakt. Daardoor voorkomt men fouten, waarvan de opsporing en verbetering in een latere fase van de produktontwikkeling buitengewoon kostbaar zou zijn.



Door middel van formele methoden kon het CWI de correctheid bewijzen van het beveiligingssysteem op het stationsemplacement van Heerhugowaard.

De opkomst van gedistribueerde computersystemen en parallelle rekenmethoden schiep een behoefte aan nieuwe specificatietechnieken, bijvoorbeeld om synchronisatieproblemen te kunnen beschrijven. Een veelbelovende aanpak is het gebruik van procesalgebra, waarmee concurrente processen formeel kunnen worden beschreven. Het CWI heeft belangrijke bijdragen geleverd aan de ontwikkeling van procesalgebra en van de daarop gebaseerde specificatietaal μ CRL (micro Common Representation Language). Het theoretisch onderzoek op het CWI is thans tevens gericht op een real-time uitbreiding van μ CRL.

De expressiviteit van de taal wordt bestudeerd in praktische toepassingen. De effectiviteit van het gebruik van formele methoden werd goed aangetoond bij de keuring van (kritieke onderdelen van) de software in een aantal toepassingen binnen Philips, waaronder de komende generatie geïntegreerde schakelingen. Verder neemt het CWI deel in een project bij Philips, waarin het juiste functioneren van de in ontwikkeling zijnde DVB (Digital Video Broadcast) source decoder wordt bestudeerd. Het CWI zorgt voor de ontwikkeling en uitvoering van conformance tests gebaseerd op logische modellen en uitgebreide finite-state modellen, af te leiden uit de relevante standaarden en systeemdokumentatie.

Een tweede onderzoekstak op het CWI betreft bewijstheorie, met name het zoeken en het controleren van bewijzen. Het eerste doel is verhoging van de effectiviteit van gangbare symbolische technieken voor het verifiëren van aan een proces gestelde eisen. Daartoe wordt getracht op fundamenteel niveau inzicht te krijgen in het zoeken van bewijzen in eenvoudige logische systemen (*in casu* propositiologica). Voorts zijn methoden ontwikkeld voor het controleren van bewijzen, teneinde de correctheid van geprogrammeerde systemen 'buiten alle redelijke twijfel' vast te stellen. Een recente toepassing betreft de tool 'Heerhugo', gebaseerd op propositiologica. Heerhugowaard is het grootste station in Nederland dat werkt met één VPI (Vital Process Interlocking) systeem – een soort programmeerbare regelaar. Het systeem moet voldoen aan diverse veiligheidseisen, in de trant van: 'als een sein op groen staat, mag het volgende sein niet rood zijn'. Al deze eisen kunnen worden geformuleerd als statements in propositiologica. De controle of aan alle eisen is voldaan is een 'NP-compleet' probleem (ruw gezegd neemt de rekentijd exponentieel toe met de omvang van de beveiliging). In de praktijk moet men dan zijn toevlucht nemen tot een slimme benadering van het probleem met een aanvaardbare rekentijd. Voor dit speciale geval slaagde het CWI erin een werkbare 'prover' Heerhugo te ontwikkelen. Hiermee werd aangetoond dat de veiligheidssystemen van de Nederlandse Spoorwegen, in tegenstelling tot vele andere gevallen, van zeer hoge kwaliteit zijn. Heerhugo is ook met succes gebruikt bij consistentiecontroles op een grote databank, ontstaan uit samenvoeging van twee afzonderlijke databanken voor auto-onderdelen van NedCar en Volvo.

In de toekomst zal het onderzoek zich met name richten op een steeds grotere inzetbaarheid van specificatie- en analysemethoden, teneinde de kwaliteit van computer-gestuurde systemen verder te verbeteren.

Prof.dr.ir. J.F. Groote
Telefoon 020 - 592 4232
E-mail: JanFriso.Groote@cw.nl
<http://www.cwi.nl/~jfg/>

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 1998

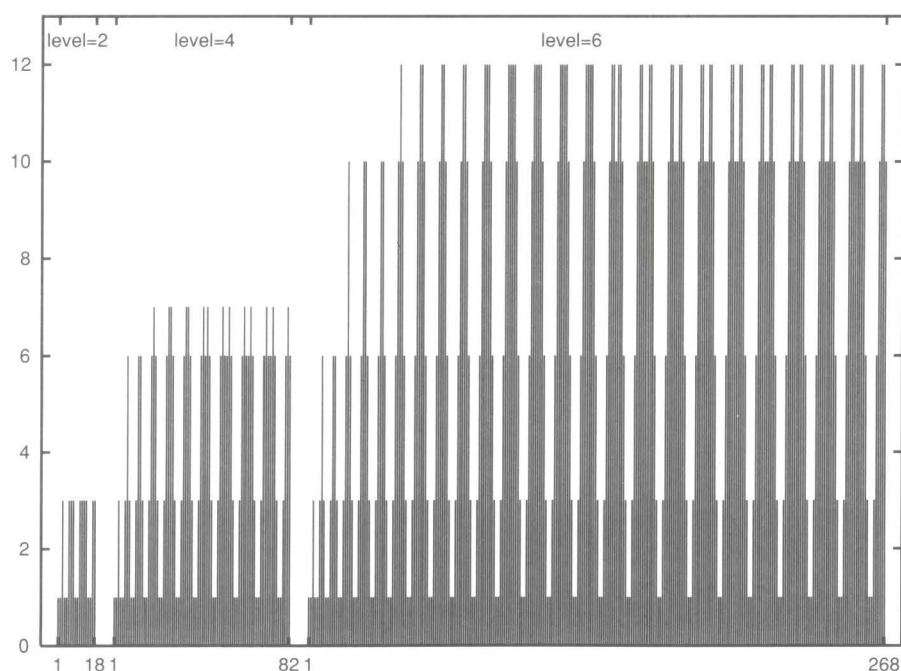
COÖRDINATIETALEN

Mensen gaan vaak samenwerken om een gemeenschappelijk doel te bereiken. Meestal treedt daarbij een van hen naar voren als leider. Deze coördineert dan de activiteiten van zijn medewerkers, om zo de samenwerking zo efficiënt mogelijk te laten verlopen. Dit ziet men ook steeds meer gebeuren in de computerwereld. Met behulp van een nieuwe klasse van parallele programmeertalen, coördinatietalen, kan men de samenwerking tussen de diverse onderdelen van een geautomatiseerd systeem specificeren, analyseren en regelen. Een belangrijk toepassingsgebied is het paralleliseren van rekenintensieve sequentiële programma's. Op het CWI begon het onderzoek naar coördinatie in 1990. Dit resulteerde in een nieuw coördinatiemodel (IWIM) en een daarop gebaseerde coördinatietaal MANIFOLD. Er zijn inmiddels diverse licentiehouders in Europa en de VS.

Computers doen tegenwoordig veel meer dan alleen rekenen. Zij treden ook op als bemiddelaar en coördinator. Het abstracte model voor de 'reken'-computer is de Turing Machine. Voor de 'regel'-computer, die naast zijn rekentaak ook die andere taken moet kunnen vervullen, introduceerde P. Wegner in 1995 het meer omvattende concept van een 'Interaction Machine', die communiceert met zijn omgeving via nieuwe soorten invoer en uitvoer. Zulke Interaction Machines blijken het gedrag van veel systemen in de praktijk te kunnen modelleren.

Onder coördinatie wordt verstaan de sturing van de wisselwerking tussen 'concurrente' programma's. Zoals de topologie zich concentreert op invariante eigenschappen van een meetkundig object onder bepaalde vervormingen, richt coördinatie zich op gemeenschappelijke eigenschappen van ogenschijnlijk sterk verschillende programma's, en wel op die eigenschappen die te maken hebben met interactie. De details van het rekenwerk van Interaction Machines doen dan niet ter zake.

Coördinatie is noodzakelijk bij ontwerp, ontwikkeling, debugging, onderhoud en hergebruik van concurrente systemen. Bij het ontwerp staat het modelleren van de samenwerking tussen de systeemcomponenten centraal. Coördinatietalen vormen de taalkundige tegenhanger van de tegenwoordig populaire 'middleware' die wordt gebruikt bij het ontwikkelen van concurrente toepassingen.



Ongeveer 2000 processen gecoördineerd door MANIFOLD rekenen aan een vliegtuigvleugel. Horizontaal het aantal 'worker-pools' gecreëerd tijdens de parallele applicaties, verticaal het aantal 'workers' in de 'pool'.

De coördinatietaal MANIFOLD, ontwikkeld op het CWI gedurende de jaren negentig, beschrijft de controle over de diverse processen binnen een concurrent systeem, in plaats van de (grootschalige) gegevensverwerking zelf. Daarom is de taal geschikt voor toepassing op bijvoorbeeld workflows in organisaties of op processen, waar de inhoud, het formaat en/of de aard van de informatie een aantal sterk verschillende fasen doorloopt. MANIFOLD is gebaseerd op het abstracte communicatiemodel IWIM (Idealized Worker Idealized Manager), waarin de 'managers' (coördinatiemodulen) door een strikte scheiding van de 'workers' (berekeningsmodulen) ook bruikbaar zijn in andere toepassingen. Zo deed op het CWI hetzelfde coördinatiemodul dienst in een parallelle/gespreide sorteeralgoritme en in een toepassing van domeincompositie in de numerieke wiskunde.

MANIFOLD werkt niet met 'berekenings'-begrippen als integer, float, string, loop, etc., maar kent alleen 'processes', 'ports', 'events', en 'streams'. De enige controlestructuur is een door events gedreven mechanisme van toestandsovergangen. MANIFOLD's coördinatiemodulen construeren en onderhouden een dynamische dataflow graaf, waarin elke vertex een proces voorstelt. De modulen veranderen dan alleen de topologie van de graaf door de verbindingen tussen processen anders te leggen. De berekeningsmodulen hebben geen invloed op de graaftopologie.

Het MANIFOLD systeem bestaat uit een compiler, een run-time systeembibliotheek, diverse utilities en bibliotheken van ingebouwde en voorgedefinieerde processen van algemene aard. Momenteel draait het op IBM RS6000 AIX, IBM SP1/2, Solaris, Linux, Cray en SGI IRIX systemen. Een MANIFOLD toepassing bestaat uit een (in principe zeer groot) aantal processen die verlopen binnen een netwerk van heterogene computersystemen, waaronder mogelijk enkele parallelle systemen. Binnen eenzelfde toepassing hoeven de processen niet in dezelfde programmeertaal te zijn geschreven. Ook hoeven zij niets te weten over MANIFOLD zelf of over hun samenwerking met andere processen via MANIFOLD.

Op het CWI is MANIFOLD met succes toegepast bij de implementatie van parallelle en gespreide versies van een half-vergroefde multirooster Euler algoritme. Het gaat hier om een realistische grootschalige toepassing uit de Computational Fluid Dynamics. Met behulp van zuivere coördinatieprotocollen in MANIFOLD kon de bestaande sequentiële Fortran programmatuur worden getransformeerd voor gebruik op parallelle en gespreide platforms. De resultaten waren zeer gunstig: geen aanpassingen van het berekeningsdeel van de Fortran 77 code, eenvoudige, kleine en herbruikbare MANIFOLD coördinatiemodulen, en lineaire versnelling van de totale executietijd met betrekking tot het aantal processoren (bijvoorbeeld van bijna negen uur tot ruim twee uur). Andere toepassingen van MANIFOLD betreffen de modellering van samenwerkende informatiesystemen, de coördinatie van zwak-gekoppelde genetische algoritmen op parallelle en gespreide platforms, de coördinatie van meervoudige solvers in een concurrent constraint programming systeem, en een gespreide checker van theorema's in de propositiële logica.

Dr. F. Arbab
Telefoon 020 - 592 4056
E-mail: Farhad.Arbab@cw.nl
<http://www.cwi.nl/~farhad/>

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

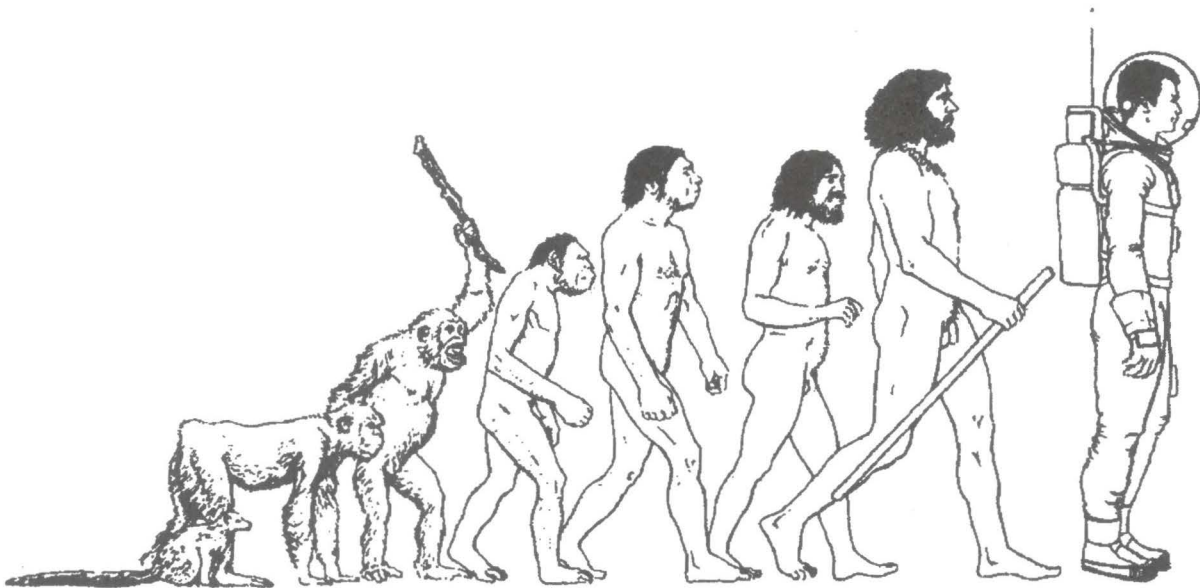
september 1998

EVOLUTIONAIRE ALGORITMEN EN NEURALE NETWERKEN

Evolutionaire algoritmen (ook wel: genetische algoritmen) en neurale netten zijn belangrijke nieuwe gebieden in de informatica, die momenteel prominent in de aandacht staan. Deze computermethoden zijn geïnspireerd op principes uit de natuur, zoals 'survival of the fittest', evolutie, leerprocessen en parallelisme. Ze leveren belangrijke nieuwe mogelijkheden op om complexe economische en management-gerelateerde problemen snel en goed op te lossen. In het bijzonder kunnen ze meer realistische aspecten van een concreet probleem meenemen in de computerberekening, terwijl die in andere methoden niet of nauwelijks kunnen worden betrokken.

Evolutionaire algoritmen (EA's) zijn computermethoden, gebaseerd op de evolutieleer. Hierbij worden 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 evolutionair algoritme bouwt zelf de kennis over goede oplossingen impliciet op. Daarom zijn EA's vaak zeer geschikt voor complexe optimaliseringsproblemen met ingewikkelde of vage criteria, of voor bestudering en optimalisering van economisch gedrag. Het gebied van de evolutionaire algoritmen is relatief nog jong, maar er bestaan al vele resultaten en toepassingen.

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 evolutionaire algoritmen, neurale netwerken en on-line algoritmen. De toepassingsgebieden zijn daarbij gerelateerd aan economische en management-situaties, zoals die voorkomen in bedrijven (bijvoorbeeld optimalisatie, marktontwikkelingen, detectie, classificatie) of in de technologie (bijvoorbeeld 'embedded process management'). Hieronder geven we enige voorbeelden van recente 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 evolutionaire 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 vindt ook samenwerking plaats met de groep Datamining and Knowledge Discovery.

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/>

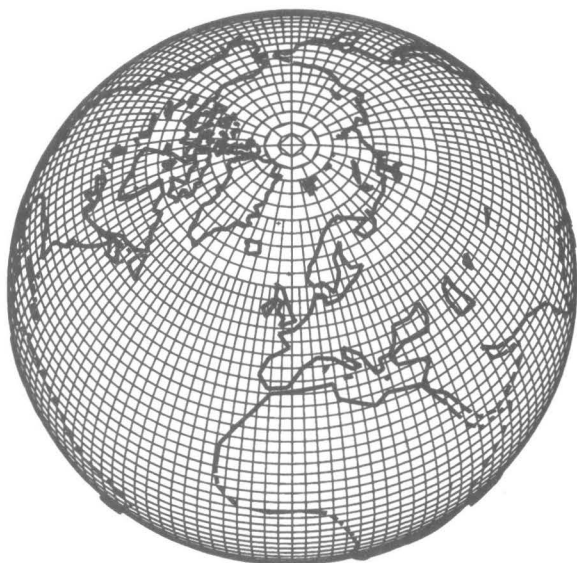
september 1998

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. 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.



Rooster zoals gebruikt in mondiale lucht-verspreidingsmodellen. 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 voor 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 verdere steun van onder andere het Cray University Research Grants Programme.

In het project TM3 werkt het CWI samen met IMAU (Instituut voor Marien en Atmosferisch Onderzoek, Universiteit Utrecht) en KNMI aan de wiskundige modellering van de mogelijke veranderingen in chemische samenstelling van de troposfeer op wereldschaal. Het specifieke doel is een operationeel model (TM3) te voorzien van snelle numerieke algoritmen en een parallelle versie te ontwikkelen. Het project wordt ondersteund door de Stichting SWON in het kader van het programma 'Wiskunde Toegepast'.

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/>

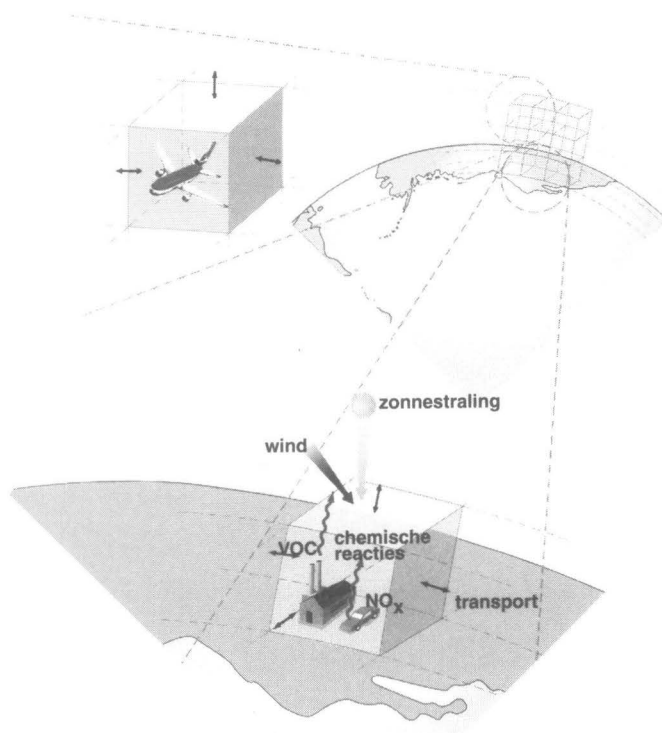
september 1998

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 en van de Stichting NCF in het kader van het Cray University Research Grants Programme.

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).

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 over een aantal jaren) van de modernste computers. Het ontwerpen van nieuwe methoden voor het gebruik van supercomputers, clusters van werkstations en grootschalige parallelle 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.

Hoofddoelen van het onderzoek in het kader van TASC zijn de ontwikkeling van hoogst efficiënte algoritmen en parallelle 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@cwj.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 1998

TRANSPORTVERSCHIJNSELEN IN DE BODEM

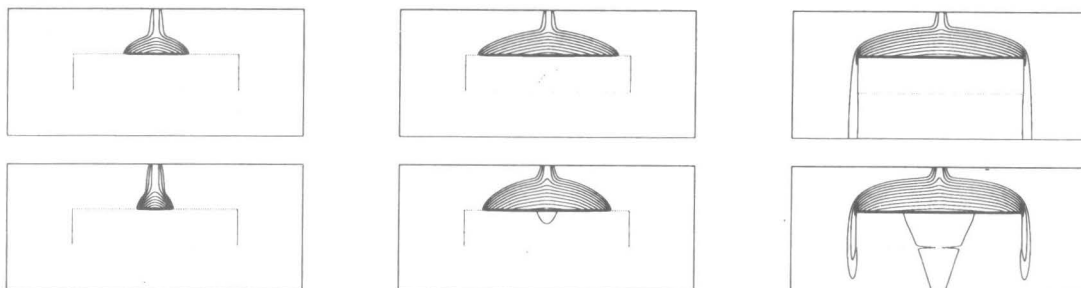
Onderzoek op het gebied van transportprocessen in de ondergrond speelt een belangrijke rol binnen de thema's milieu en energie. Hierbij denken we aan onderwerpen zoals bodemverontreiniging, zoutwater intrusie in kustgebieden of olie- en gas-productie uit ondergrondse reservoirs. Bij het CWI is een groep 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 1998

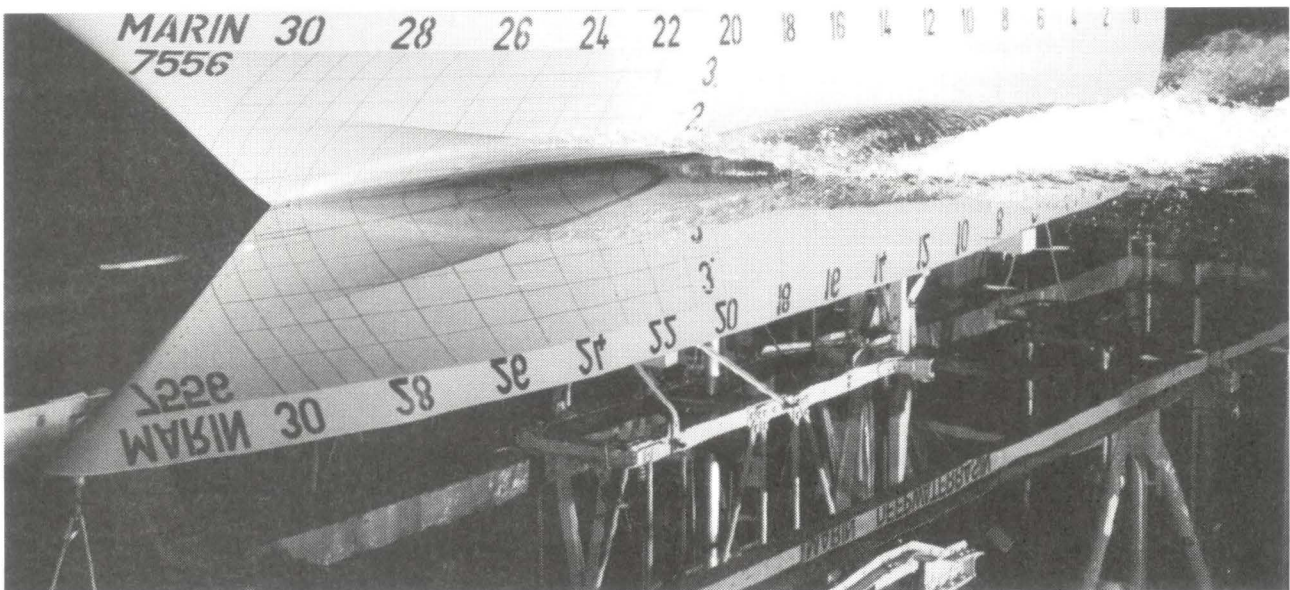
STROMINGEN BEGRIJPEN MET BEHULP VAN COMPUTER

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 wél 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 (parallelle) 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 scheepssrompen (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 produkten zoals tapijten, dakbedekking en verband. In het proces wordt een polymeer gesmolten en uitgeperst 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/>

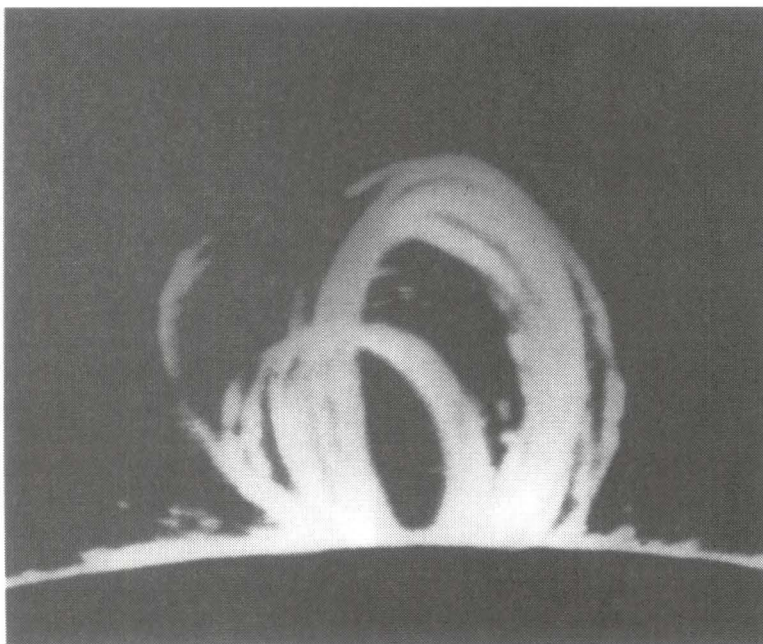
september 1998

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 Observatorium, 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 dusdanige 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 1998, 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 het 'Oxford Computing Laboratory' van de Universiteit van Oxford, en 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 1998

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.

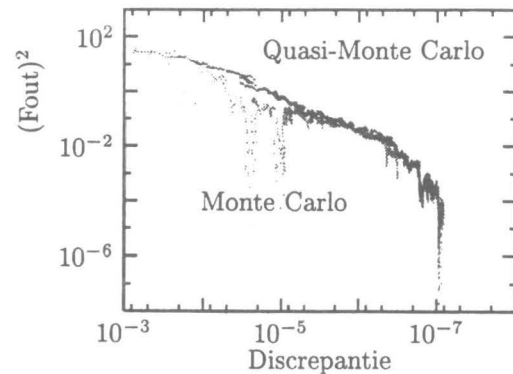
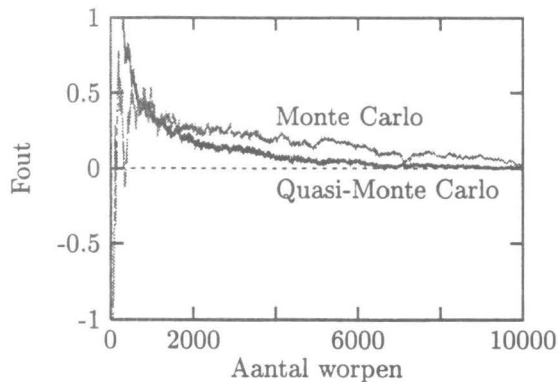
Derivaten zijn financiële producten die afhangen van aandelprijzen, rente, etc., en onder meer worden verhandeld op de financiële markten. Ze worden gebruikt om de invloed van fluctuaties in de koersen van aandelen, valuta en rente op portfolio's af te dekken. In het licht van bovenstaande voorbeelden 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 aandeelprijzen-fluctuaties. Zo krijgt men een schatting van de prijs van de optie als functie van de onderliggende aandeelprijzen (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

Telefoon 020-592 4090

E-mail: Hans.Schumacher@cw.nl

Centrum voor Wiskunde en Informatica

Kruislaan 413

Postbus 94079, 1090 GB Amsterdam

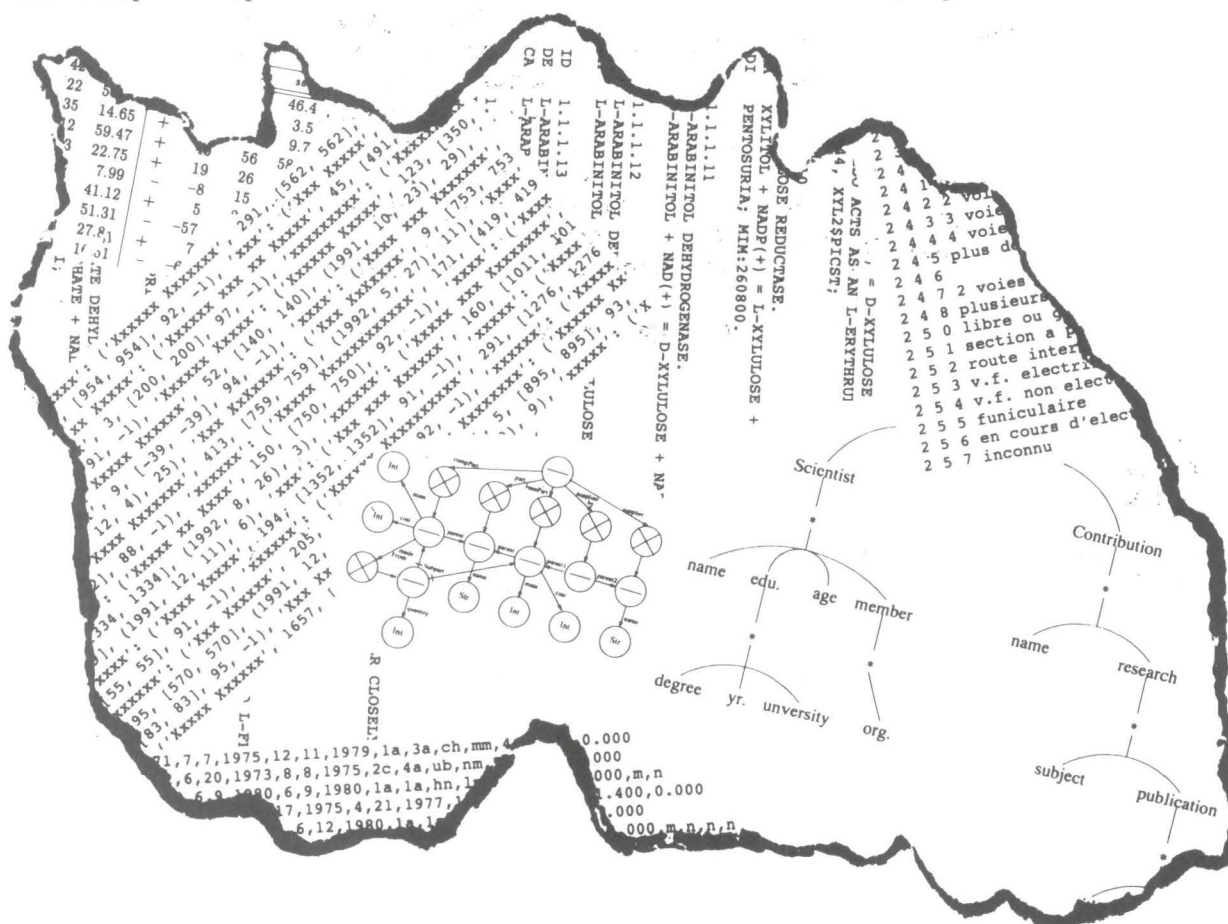
Telefoon 020-5929333, telefax 020-5924199

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

september 1998

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 parallele en gespreide computersystemen. Het onderzoek gebeurt zowel in nationaal als in Europees verband.

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 (1996-1998) **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, werkte 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/>*

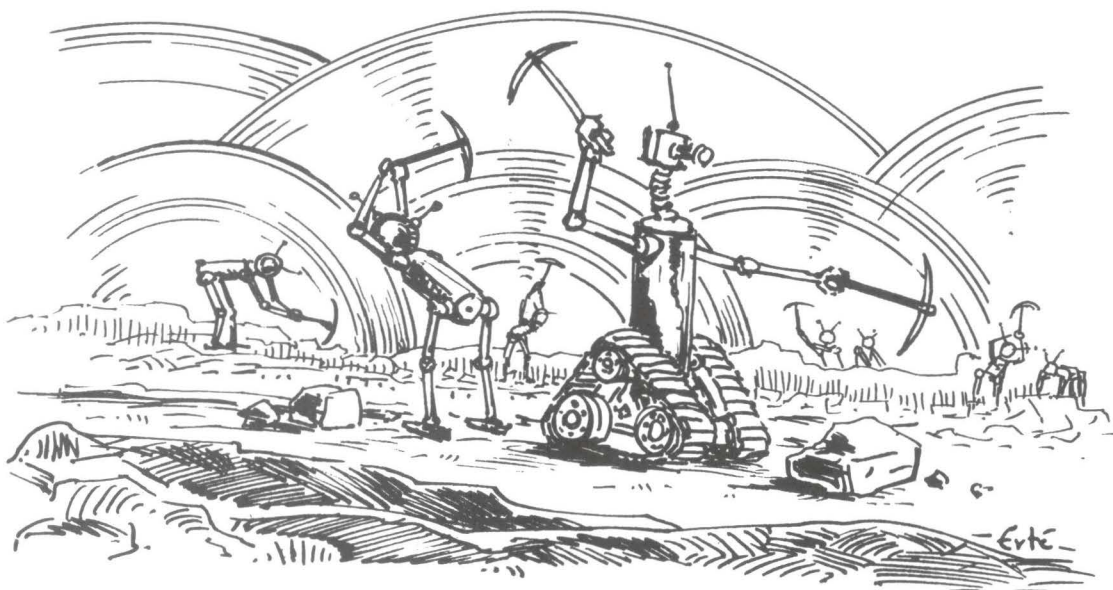
september 1998

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 gereden. 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 clusterings 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 heuvelandschap, 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@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/>

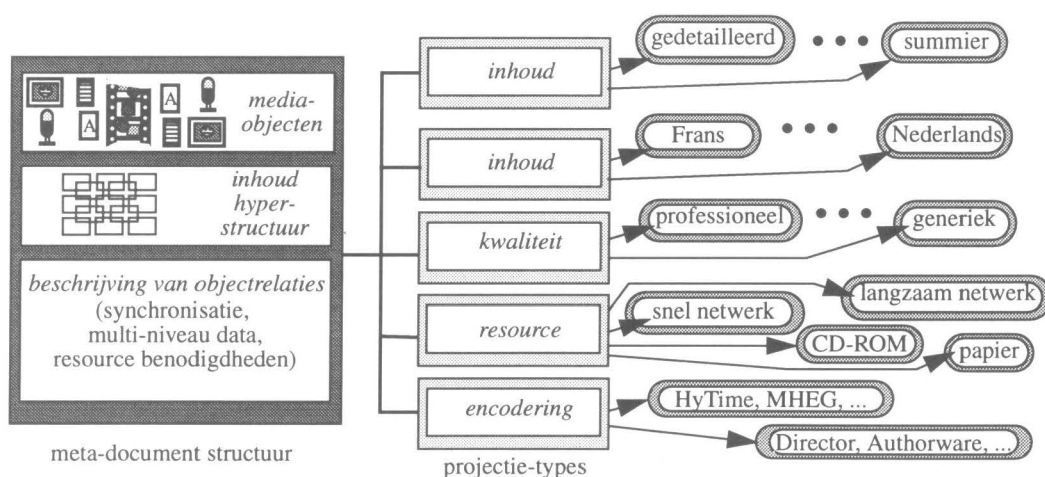
september 1998

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 zes 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 is 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, aan de ontwikkeling van door de industrie ondersteunde standaarden voor het Web. Dit heeft geleid tot de ontwikkeling van SMIL, een W3C Recommendation sinds juni 1998.

SMIL -- Synchronized Multimedia Integration Language -- is een specificatietaal ontwikkeld voor gesynchroniseerde interactieve multimedia presentaties op het Internet. SMIL is ontworpen door de W3C werkgroep SYMM, waarin naast het CWI ook Apple, Digital, Lucent, Netscape, Philips en RealNetworks hebben deelgenomen. SMIL vormt de eerste stap naar de toegang tot multimedia presentaties op het Internet in publieke formaten. Uitbreiding van bestaande HTML browsers met een SMIL plug-in en het maken van afzonderlijke SMIL-only browsers zijn beide mogelijk. Het formaat, dat lijkt op dat van HTML, is geschikt om eenvoudige multimedia presentaties met een standaard teksteditor te creëren. Voor ingewikkelder presentaties is een auteurssysteem gewenst.

SMIL is een van de formaten die door CWI's GRiNS multimedia auteurssysteem ge-edit kan worden. In het ESPRIT-4 project CHAMELEON wordt GRiNS gebruikt voor het definiëren van duurzame, professionele multimedia documenten. Zoals de projectnaam 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



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.

uitgevers, informatieleveranciers en een groep software- en marketing-bedrijven in zes landen is GRiNS uitgebreid om aan de eisen van industriële gebruikers in geheel Europa te voldoen. Met GRiNS wordt het document-model eenmalig gedefinieerd ("write-once" 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 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.

Ondanks de snelle ontwikkeling van multimediatechnologie - interfaces, input devices, display systemen - zijn de kosten voor het bouwen van multimedia-toepassingen nog steeds een belemmerende factor. Bovendien komt het 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.

Gemeenschappelijk voor dit onderzoek is de integratie van complexe informatie met een levensduur die langer is dan een enkele toepassing. Onze ervaring 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 multimediatoepassingen. Ons toekomstige werk zal bouwen op ons GRiNS auteurssysteem (geschreven in de ook op het CWI ontwikkelde programmeertaal Python) en het Amsterdam Hypermedia Model dat grote interesse heeft gewekt in onderzoekskringen. 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 productie-omgevingen. Bovendien zal onze groep, in W3C verband, werken aan de verdere ontwikkeling en integratie van standaarden voor hypermedia documenten op het World Wide Web, zoals SMIL, XML, XSL, XLL en HTML.

Dr. D.C.A. Bulterman
Telefoon: 020 - 592 4147
E-mail: Dick.Bulterman@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 1998

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. Bijna 300 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 276 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 heeft in verschillende landen kantoren gevestigd. In Nederland bevindt dit zich op het CWI.

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 (voorzitter Steven Pemberton) en Multimedia werkgroepen. Zo had het CWI een belangrijk aandeel in het ontwikkelen van de specificatietaal SMIL, die in juni 1998 een officiële W3C Recommendation werd (zie de fact sheet 'Multimedia auteurs-systemen voor duurzame elektronische publikaties').

Style Sheets 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 beeld-files. 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/>

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 1998

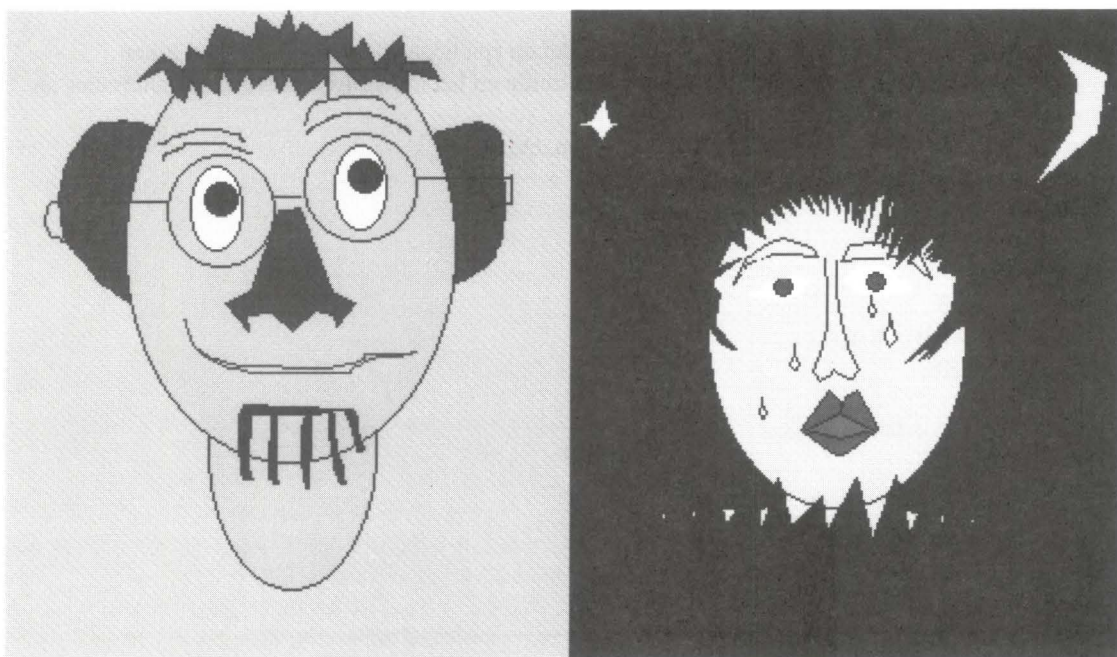
COMPUTER ANIMATIE VAN GEZICHTSUITDRUKKINGEN

In de film- en televisiewereld, maar ook in de telecommunicatie en bij diverse computertoepassingen bestaat een toenemende behoefte aan de mogelijkheid om gezichtsuitdrukkingen op een realistisch niveau te genereren en manipuleren. De huidige mogelijkheden zijn tijdrovend, kostbaar en niet-automatisch. Op het CWI wordt sinds begin jaren negentig aan dit probleem gewerkt. In een project van de Nederlandse Technologiestedichting STW wordt thans, in samenwerking met de TU Delft, een systeem ontwikkeld dat door een camera opgenomen gezichtsuitdrukkingen en -bewegingen kan herkennen, en deze informatie vervolgens gebruikt in een animatiemodel waarin de oorspronkelijke uitdrukkingen en bewegingen levensecht worden nagebootst.

Het toepassingsgebied van de resultaten van dit FASE-project (1997--2000) is zeer breed. Geautomatiseerde realistische drie-dimensionale (3D) weergave van gezichtsuitdrukkingen is van groot belang voor TV-productie- en -postproductie-bedrijven en in lage bandbreedte telecommunicatietoepassingen zoals video-conferenties en beeldtelefonie (efficiënte beeldopslag). Uit een camera-opname afgeleide twee-dimensionale (2D) karikaturen kunnen worden gebruikt bij het maken van animatiefilms en bij mens-machine interactie ('sociale' gebruikersinterfaces: avatars). Andere toepassingen zijn te vinden in de amusementssector (computerspelletjes, interactieve televisie, synthetische acteurs), lip-synchronisatie (op basis van tekst of geluid, mogelijk afgestemd op gebruik door doven) en plastische chirurgie (planning en simulatie). Diverse potentiële industriële gebruikers begeleiden het project (standaard bij STW-projecten): NOB (de belangrijkste Nederlandse TV-producent), KPN Research (communicatiesystemen), het Instituut voor Functioneel Onderzoek van Taal en Taalgebruik (UvA), het Instituut voor Doven (Sint-Michielsgestel) en General Design (een spin-off bedrijf van het CWI, dat onder andere Web-sites ontwerpt).

Vroeger werk in deze richting betrof onder meer het CWI-project FERSA van begin jaren negentig, waarin automatische real-time lip-gesynchroniseerde animatie van spraak werd bestudeerd. Uit deze en andere studies bleek dat twee technologieën een sleutelrol spelen bij de realisering van een systeem als beoogd in het FASE-project: gezichtsanalyse (Facial Analysis: FA) en gezichtssynthese (Facial Synthesis: FS). Verder werd duidelijk dat voor levensechte weergave een geïntegreerd gebruik van beide technologieën noodzakelijk is.

Het analyse-deel wordt uitgevoerd op de TU Delft. Uit video-opnamen van een gezicht (de 'acteur') en mogelijk andere informatie (bijvoorbeeld tekst of spraak) wordt een schatting gemaakt van de waarden der parameters die de uitdrukkingen en bewegingen van een gezicht beschrijven.



2D cartoons (stills), zoals gemaakt en geanimeerd door het CharToon systeem.

Het FS-moduul, ontwikkeld op het CWI, bevat een generiek gezichtsmodel en een animatiemodel. Met de uitFA afkomstige geschatte parameterwaarden als invoer wordt het gezichtsmodel vervormd en in beweging gezet, zodat een nabootsing (mimiek) ontstaat van de gezichtsuitdrukkingen van de acteur. Het resultaat wordt op zijn beurt gebruikt als invoer voor FA, waardoor een betere parameterschatting ontstaat, enzovoort. Verder is een speciale editor ontworpen ten behoeve van het opzetten en ontwikkelen van de gezichtsmodellen en het genereren van nieuwe animatiemodellen terwijl tevens het gehele proces van veranderende gezichtsparameters gemakkelijk onder controle is te houden. Dit laatste is zeer gewenst vanwege de nauwe relatie tussen analyse en synthese. De integratie van FA en FS wordt ook op het CWI uitgevoerd.

Het FS-moduul bevat twee soorten gezichtsmodellen: 3D fysieke modellen, te gebruiken voor een zo realistisch mogelijke weergave, en 2D tekeningen, bedoeld voor cartoon-achtige effecten, gestileerde avatar-gezichten, alsmede mogelijk ook voor animatie van 2D foto's van een echt gezicht.

Voor de 2D modellen is een Face Editor ontwikkeld, waarmee de te tekenen tekening kan worden ontworpen, een Animation Editor, waarmee het verloop in de tijd van de animatie-parameters van de tekening kan worden gespecificeerd, en een Face Player voor het animeren van de tekening op basis van het resulterende draaiboek. Deze drie gereedschappen zijn samengevoegd in het CharToon systeem. De implementatie in JAVA maakt het systeem geschikt voor toepassingen op het Web. Eind 1998 zal CharToon gratis beschikbaar worden gesteld voor onderzoekers.

Het hiërarchische tekenprogramma FaceEditor bestaat uit fundamentele bouwstenen zoals veelhoeken en ellipsen, componenten opgebouwd uit geanimeerde veelhoeken en andere van vorm veranderende elementen, en geheel afgeronde ingewikkelde componenten zoals een oog met een pupil en wimpers. Met AnimEditor kunnen de waarden van de animatieparameters voor gecomputeriseerde (gezichts)modellen grafisch worden gespecificeerd en aangepast. Deze editor werkt op een venster dat wat weg heeft van een muziekpartituur, met een 'balk' voor elke parameter, waarop stippen het gedrag in de tijd van de parameter aangeven. Geluidskanalen kunnen hierbij naar believen worden in- en uitgeschakeld. AnimEditor voert ook constraint management uit, bijvoorbeeld het rekening houden met bepaalde meetkundige beperkingen. Tenslotte kan AnimEditor, in combinatie met de tool PERSONA, realistische 3D gezichtsmodellen bouwen op basis van de ingevoerde gezichtsparameterwaarden. De aldus door FaceEditor en AnimEditor opgebouwde (geluids)film kan worden vertoond met FacePlayer. Voor kleine tekeningen wordt (net) een snelheid bereikt van 20 frames/seconde op een verder leeg Sun Sparc Ultra werkstation. De controle over de verschillende delen van een tekening kan parallel geschieden.

Het huidige onderzoek op het CWI betreft:

- verzameling van acteur-gegevens om daaruit algemene en persoonsafhankelijke karakteristieken van bepaalde gezichtsuitdrukkingen af te leiden
- fijnregeling van het spiermodel en prestatieverbetering van het fysieke model door het toevoegen van nieuwe aspecten
- ontwikkeling van een interactieve tool om het fysisch model op een bepaalde persoon te laten lijken
- uitbreiding van AnimEditor met mechanismen voor de definitie en het dynamisch gebruik van animaties als bouwstenen, synchronisatie en andere beperkingen
- uitbreiding van FaceEditor met uitlijnfaciliteiten, krommen, etc.
- testen van bestaande tools in uiteenlopende toepassingen.

Drs. P.J.W. ten Hagen

Telefoon 020 - 592 4133

E-mail: Paul.ten.Hagen@cw.nl

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

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 1998

LOGICA – DIDACTIEK EN DISSEMINATIE

Evenals het differentiaal- en integraalrekenen de kern was van de natuurwetenschappelijke revolutie uit de zeventiende eeuw, vormt de logische theorie over berekenbaarheid en bewijsbaarheid de kern van de informatierevolutie waar we nu middenin zitten. De hoofdideeën van het mechaniseren van redeneren en rekenen verdienen een plaats in het denken van iedere geïnteresseerde burger met een bêta-achtergrond. Logici en informatici slaan de handen ineen om ervoor te zorgen dat de kern van hun denkwereld het algemene publiek bereikt.

Het succes van de natuurwetenschappelijke revolutie van de zeventiende eeuw was in niet geringe mate te danken aan het feit dat de manier van denken van Newton, Leibniz en Huygens het algemene wereldbeeld beïnvloedde. Voltaire maakte reclame voor Newton's Principia. Differentiëren en integreren werden binnen enkele generaties opgenomen in het middelbare school curriculum. Het mechanistische wereldbeeld werd gemeengoed. Ons informatiserings-tijdperk heeft dezelfde potentie om het wereldbeeld te beïnvloeden, en het is de taak van informatie-wetenschap in het algemeen, en logica in het bijzonder, om te zorgen dat de logisch/mathematische kijk op informatie, informatiegroei, informatieverwerking en informatieoverdracht een plaats krijgt in het denken van iedereen die aan het begin van de eenentwintigste eeuw een middelbare of universitaire opleiding geniet.

De fragmentatie van kennis die wordt veroorzaakt door overspecialisatie draagt bij aan de slechte naam van wetenschap bij het algemene publiek, en die slechte naam betekent voor een op wetenschap gebaseerde democratische samenleving als de onze een ernstig gevaar. Wetenschapsbeoefenaars kunnen helpen de fragmentatie van kennis een halt toe te roepen door wetenschappelijk inzicht geïntegreerd toegankelijk te maken voor een breed publiek. Dit creëert dan tevens het broodnodige maatschappelijk draagvlak voor verdere steun aan wetenschappelijk onderzoek.



Kurt Gödel



Alan Turing



Alonzo Church

Drie kopstukken uit de logica wier fundamentele werk in de jaren dertig over berekenbaarheid en bewijsbaarheid aan de basis stond van de mechanisering van redeneren en rekenen.

Logica Didactiek en Disseminatie is een samenwerkingsprogramma van het CWI en het ILLC (Institute for Logic, Language and Computation) van de Universiteit van Amsterdam. Het maakt deel uit van het SPINOZA-programma Logic in Action onder leiding van prof.dr. J. van Benthem (Universiteit van Amsterdam), dat wordt gefinancierd door de Nederlandse organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek NWO. Doel van het samenwerkingsprogramma is een systematisch perspectief uit te dragen op ons werkteerrein als geheel, door middel van een reeks elektronische boeken met internet-ondersteuning, die we gratis ter beschikking willen stellen. Onze doelgroep bestaat in eerste instantie uit eerstejaars universitaire studenten, maar in een later stadium willen we ons ook gaan richten op middelbare scholieren en het algemeen geïnteresseerde publiek.

Hier is een voorlopige lijst van titels:

- *Logica, Representatie en Bewijs*: Bewijs is een kernbegrip in het wiskundig redeneren. Wat zijn de ingrediënten van een wiskundig bewijs? Hoe helpt logica om de structuur van bewijzen te doorzien?
- *Programmeren en Redeneren*: Welke ingrediënten hebben programmeren en redeneren gemeen? Hoe kun je logica gebruiken om programma's beter te begrijpen, en hoe kun je omgekeerd, de activiteit van logische bewijsvoering programmeren?
- *Hypertext Dynamische Logica*: Dynamische logica is de logica van het uitvoeren van acties. Hoe kan deze vorm van logica worden toegepast om acties van informatieoverdracht te beschrijven, in de informatica, maar bijvoorbeeld ook in de taalwetenschap?
- *Taal, Grammatica en Betekenis*: Hoe kan taalstructuur worden beschreven met formele middelen? Wat zijn de overeenkomsten tussen ontleden en bewijsvoeren? Hoe kan de betekenis van een zin worden afgeleid uit de betekenissen van de samenstellende delen?
- *Kennis, Informatiegroei en Leren*: Hoe vallen de processen van kennisverwerving en leren op grond van ervaring te begrijpen?

De bedoeling is om activiteiten op deze gebieden te coördineren met nationale initiatieven tot kwaliteitsverbetering van universitaire curricula door samen te werken met bestaande projecten, en om de banden aan te halen tussen universitair onderwijs en dat op middelbare scholen. Internationaal wordt samengewerkt in het kader van COMPULOG (een door de EU gefinancierd Network of Excellence) met een initiatief op het gebied van courseware ontwikkeling in computationele logica. Tenslotte willen we betrokken raken bij post-academisch onderwijs voor leraren wiskunde en informatica, en bijdragen leveren aan een nieuw middelbare school curriculum en aan speciale cursussen voor hoogbegaafde middelbare scholieren.

Prof.dr. J. van Eijck en Marc Pauly M.Sc.
Telefoon 020 - 592 4052, 020 - 592 4113
E-mail:{Jan.van.Eijck, Marc.Pauly}@cwi.nl
<http://www.cwi.nl/~pauly/spinoza.html>

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 1998

INFERENTIEMACHINES DRIJVENDE KRACHT ACHTER REDENEERPROCESSEN

Inferentiemachines zijn redeneerprogramma's die onderdeel uitmaken van bijvoorbeeld programmeertalen, elektronische boeken, en dergelijke. Automatisering van redeneren is een vorm van toegepaste logica. Het CWI wil inferentiemachines onder meer inbouwen in modern cursusmateriaal op het gebied van logica.

In inferentiemachines worden verschillende technieken gebruikt:

Resolutie redeneertechnieken – De resolutieregel stelt ons bijvoorbeeld in staat om uit (A of B of C) en (niet C of D of E) te concluderen tot (A of B of D of E). Resolutie is in feite een iets andere verschijningsvorm van de bekende redeneerregel Modus Ponens. Immers, de tweede premisse in bovenstaande redenering is equivalent aan: $(C \rightarrow (D \text{ of } E))$.

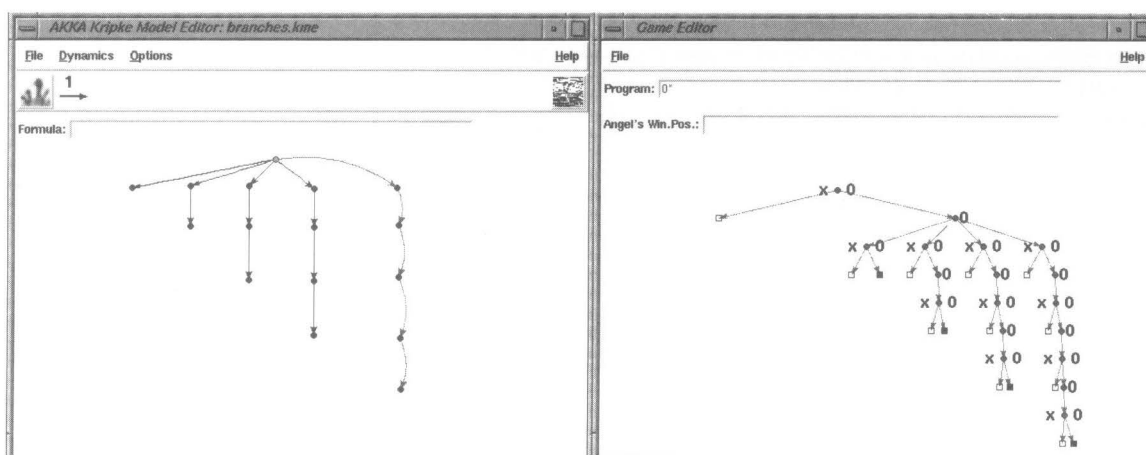
Tableaux redenering, modelconstructie en modeltoetsing – Een tableaux redenering is een vorm van systematisch zoeken naar een tegenvoorbeeld om een redenering te weerleggen. Zo'n tegenvoorbeeld is een logisch model – een situatie waarin zekere elementaire feiten waar zijn en andere onwaar – waarin de premissen van de redenering waar zijn, terwijl de conclusie onwaar is.

Dynamische logica redeneertechnieken – Dynamische logica is de logica van acties en hun begin- en eindvoorwaarden. Voorbeelden van premissen in dynamische logica zijn: 'steeds nadat actie *a* is uitgevoerd is A het geval' en 'steeds nadat actie *b* is uitgevoerd is B het geval'. Volgt hier nu uit: 'Steeds nadat acties *a* en *b* zijn uitgevoerd zijn A en B het geval'? Niet zonder meer: het resultaat kan bijvoorbeeld afhangen van de volgorde waarin *a* en *b* worden uitgevoerd, of van de vraag of er interactie is tussen de twee acties *a* en *b*.

Term-unificatie – Unificatie van uitdrukkingen is een techniek om uitdrukkingen die variabelen bevatten aan elkaar gelijk te maken door het toepassen van een geschikte substitutie. De termen $a(b, Y)$ en $a(Z, f(Z))$ worden geünificeerd door de substitutie van *b* voor *Z* en $f(b)$ voor *Y*.

Term-herschrijving – Herschrijving is het maken van elementaire rekenstappen door een uitdrukking te vervangen door een eenvoudigere uitdrukking met dezelfde betekenis. Zo kan $(1+3)+5$ worden herschreven tot $4+5$, en die nieuwe vorm is een stukje dichter bij de uitkomst 9. Een meer geavanceerde vorm is nodig voor de studie van functionele programma's zoals het volgende: een = '1': een. Uitvoering van dit programma levert een oneindige stroom 1-en op het scherm. Dit valt als volgt te begrijpen. 'een' staat hier voor een proces dat bestaat uit twee onderdelen: ten eerste een '1' schrijven, en ten tweede het 'een' proces opnieuw uitvoeren. Zo'n proces is ook weer te geven in een graaf. De theorie over de reductie van dit soort uitdrukkingen heet dan ook wel graaf-herschrijving.

Lambda reductie en type-inferentie – Lambda notatie is een universele notatie voor functionele uitdrukkingen. De actie '3 erbij optellen' ziet er in deze notatie uit als $\lambda x.x+3$. Als je deze functie toepast op het getal 5 is de uitkomst $5+3$. De reductie van $(\lambda x.x+3)(5)$ tot $5+3$ heet lambda reductie of conversie. In principe kan elk rekenproces als een proces van opeenvolgende lambda conversie stappen worden gezien.



Inferentiemachines spelen een rol in de volgende toepassingen:

- Instructie-programma's in wiskunde en logica
- Presentatie van wiskunde en logica in elektronische studieboeken
- Analyse van natuurlijke taal
- Automatische verificatie van bewijzen en van programmatuur
- Ontwikkeling van functionele en logische programmeertalen.

Het CWI onderneemt een aantal activiteiten op dit terrein:

Cursusontwikkeling Redeneren en Rekenen

In samenwerking met de UvA (Dr. Kees Doets, ILLC) wordt gewerkt aan een cursus 'Logic, Representations and Proofs', waarin inleiding in de mathematische bewijsvoering hand in hand gaat met representatie van formele definities als functionele programma's.

Cursusmateriaal Lambda Calculus

In samenwerking met de UvA (Prof.dr. Anne Troelstra, ILLC) wordt gewerkt aan concrete programma's die de fundamentele reductiestrategieën in lambda calculus demonstreren.

Dynamic Logic Hypertext

Marc Pauly werkt op het CWI aan een proefschrift dat beschrijving van nieuwe ontwikkelingen in dynamische logica giet in de vorm van een moderne elektronische inleiding in het vakgebied, compleet met implementaties van redeneerprogramma's voor dynamische logica.

LoLaLi Exemplar

In samenwerking met Elsevier Science BV wordt gewerkt aan een exemplarisch elektronisch handboek 'Logic and Language', waarin inferentiemachines aan het werk worden gezet om nieuwe ontwikkelingen in Logica en Taalanalyse te demonstreren.

Bliksem: Fast Resolution Theorem Proving

Dr. Hans de Nivelle (CWI/UvA) heeft een zeer snel automatisch deductiesysteem ontwikkeld dat is gebaseerd op resolutie-stellingbewijzen. Het systeem, Bliksem, werd tweede (van de zestien deelnemers) bij de tijdens de CADE-15 conferentie in Duitsland gehouden competitie voor automatisch stelling bewijzen in de zomer van 1998.

Deze activiteiten worden mede gesteund vanuit de stichting SION, het SPINOZA programma 'Logic in Action' onder leiding van prof. J. van Benthem (Universiteit van Amsterdam) en Elsevier.

Prof.dr. J. van Eijck

Telefoon 020 - 592 4052

E-mail: Jan.van.Eijck@cw.nl

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

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 1998

**Programma Parallele Sessies
CWI in Bedrijf 2 oktober 1998**

Zaal: Z009
Voorzitter: Dr. Nico Temme

Zaal: Z011
Voorzitter: Prof.dr. Paul Klint

14.00 - 14.20 Jan Friso Groote
Analyse van Software voor Embedded Systemen
Een Modulair Auto-lift Systeem

Ben Schouten
Hoe herkent een computer een Koe: Het vergelijken van Beelden

14.20 - 14.40 Jan Kok/Ben Sommeijer
Wiskundige Modellen voor Transport van Vervuiling
in Oppervlaktewater

Paul ten Hagen
Computer Gestuurde Mimiek

14.40 - 15.00 Nico Temme/Patrick Oonincx
Wavelets en Toepassingen

Dick Bulterman
GRINS - A Graphical User Interface for SMIL (the W3C multimedia standard)

PAUZE

15.20 - 15.40 Robert van Liere
High Performance Visualisatie

Han la Poutré
Evolutionaire Economische Systemen

15.40 - 16.00 Arno Siebes
Mine your own Business! Technieken voor Datamining

Jacques de Swart
Hoe Wetenschappelijke Software Practische Problemen kan oplossen

16.00 - 16.20 Steven Pemberton
HTML en XML

Arie van Deursen
Gereedschappen voor Software Renovatie

16.20 - 16.40 Farhad Arbab
MANIFOLD - A language for Coordination

Enquête CWI in Bedrijf vrijdag 2 oktober 1998

**Wat is uw mening over:
de dag in het algemeen?**

Slecht 1 2 3 4 5 Goed

**Bent u vooraf voldoende
geïnformeerd over deze dag?**

Slecht 1 2 3 4 5 Goed

**Wat vond u van de uitwerking
van het thema?**

Slecht 1 2 3 4 5 Goed

**Wat vond u van de onderzoeks-
presentaties?**

Slecht 1 2 3 4 5 Goed

**Wat vindt u van de locatie
op het gebied van:**

• bereikbaarheid

Slecht 1 2 3 4 5 Goed

• geschiktheid voor het evenement

Slecht 1 2 3 4 5 Goed

Wat was de reden voor uw aanwezigheid? ☐ algemene oriëntatie ☐ themavoordrachten

☐ contacten leggen ☐ onderzoeksvoordrachten

☐ demonstraties ☐ anders, namelijk.....

.....

Welke spreker(s)/voordracht(en) sprongen er voor u uit (zowel positief als negatief)

• Positief:

• Negatief:

Commentaar/suggesties:

Graag inleveren bij de registratiebalie !