

# Een netwerk-topologie met SCADA- en CASE-hulpmiddelen voor on-line procesbesturing in kassen en op proefbedrijven

H.J.J. Janssen,  
Th.H. Gieling,  
W.Th.M. van Meurs

IMAG-DLO  
Postbus 43  
6700 AA Wageningen  
E-mail: H.J.J.Janssen@IMAG.AGRO.NL

## Inleiding

Ten behoeve van het onderzoeksproject 'Bepaling van de optimale energiebenutting bij toepassing van assimilatiebelichting in de glastuinbouw' is op het terrein van het Instituut voor Mechanisatie, Arbeid en Gebouwen te Wageningen (IMAG-DLO) een nieuwe kas gebouwd.

Deze 'lichtkas' is de eerste die volgens een nieuw concept is geautomatiseerd. Dit concept is ontwikkeld door IMAG-DLO en is op specificatie gerealiseerd door de firma INCAA te Apeldoorn onder toezicht van TFDL-DLO.

Het automatiseringsproject omvat typische onderzoeksgerichte aspecten, naast de noodzaak tot het standaardmatig regelen van het kasklimaat ten behoeve van de produktie. Het concept biedt oplossingen voor de problemen van zowel de onderzoeker, de IMAG tuinder als de onderhoudsdienst zoals, flexibiliteit, gebruikersvriendelijkheid, beschikbaarheid van informatie en onderhoud. De totale structuur is zodanig gekozen, dat deze geschikt is voor een meer algemene toepassing binnen en buiten het IMAG, in kassen, stallen en andere proefopstellingen.

Het automatiseringsproject is bedoeld als een voorbeeldproject. De structuur van de gekozen

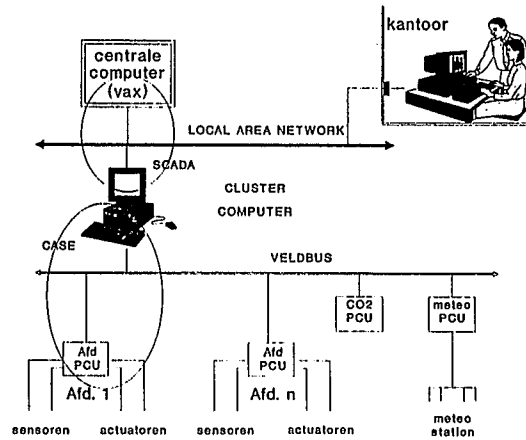
oplossing moet model kunnen staan voor hetgeen commerciële bedrijven ontwikkelen ten behoeve van procesautomatisering bij boer en tuinder, maar ook voor procesautomatisering op instituten binnen het agrarisch onderzoek.

Trefwoorden:

CASE, SCADA, realtime database, proces control, klimaatcomputer, kasklimaatregeling, veldbus, LAN, BITBUS, ETHERNET, distributed control

## Klimaatregelen: een historisch overzicht

In 1974 begon het tijdperk van de computer in de commerciële glastuinbouw met de introductie van de eerste klimaatcomputer op de Nederlandse Tuinbouw Vakbeurs NTV. Tot op dat moment was het regelen van processen in kassen vooral gericht op de klimaatbeheersing. De apparatuur was opgebouwd uit analoge regelaars, waarin met behulp van operationele versterkers de regeltechnische functies werden gerealiseerd. Het onderzoek naar digitale klimaatcomputers was op dat moment zowel op het IMAG als op het proefstation te Naaldwijk van start gegaan (Gieling, 1980). Op het proefstation richtte men zich vooral op het realiseren van systemen, die in staat zouden zijn veel kascompartimenten tegelijk te regelen. De onderzoekers op het IMAG hielden zich vooral bezig met



**Figuur 1**  
*De structuur van het Ethernet LAN als koppeling tussen een centrale computerconfiguratie, de clustercomputers en de werkstations. De veldbus verbindt de proces-control-units (PCU) met de clustercomputer.*

de techniek van de digitale computer als regelaar en de hardware en software die op verschillende niveaus nodig waren. In de jaren daarna richtte het onderzoek zich vooral op de kwaliteit van de programmatuur voor de computer als regelaar. Nieuwe technieken kwamen beschikbaar, zoals adaptief regelen (Udink ten Cate, 1982) en het opnemen van modellen en sensoren (Bot, 1983; van Meurs, Stanghellini, 1989; Stanghellini, van Meurs, 1989). Het 'Speaking Plant Concept' (Hashimoto et al., 1985) en voorbeelden van knowledge engineering technieken (Kozai, 1985) waren reeds in een relatief vroeg stadium bij het regelen van het kasklimaat aan de orde. De laatste jaren wordt veel aandacht geschonken aan de andere processen in de kas, zoals de nutriëntentoevoeding aan het wortelmilieu (van Os et al., 1991), de ontwikkeling van nieuwe sensoren (Gieling, de Jager, 1989) en de integratie van verschillende modellen tot een economisch optimaal regelsysteem (van Henten, Bontsema, 1991). Vooral deze laatste ontwikkelingen stellen extra eisen aan de toegankelijkheid en flexibiliteit en vormen de aanleiding voor het invoeren van nieuwe concepten op het gebied van de informatietechnologie bij het klimaatregelen in kassen. Hierbij valt te denken aan de toepassing van een realtime en on-line proces-database, moderne object georiënteerde software ontwikkel-tools en een betere interfacing naar de diverse gebruikers.

### **Uitgangspunten**

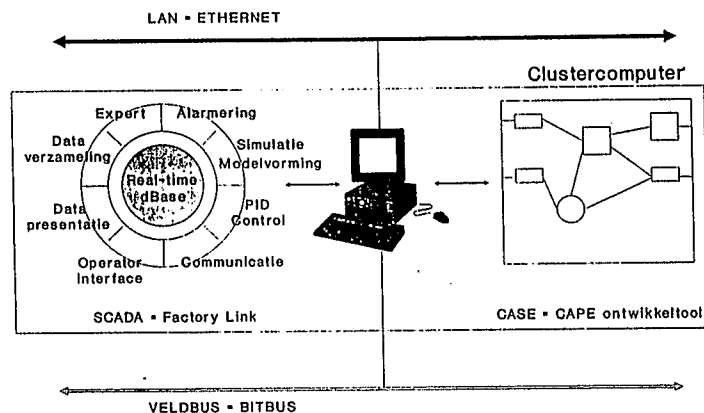
Uitgangspunten voor het nieuwe proces-control concept zijn een hoge

mate van functionaliteit, flexibiliteit en betrouwbaarheid ten aanzien van meet- en regeltechniek, informatieverwerking, model- en simulatieontwikkeling en het totale procesbeheer. Nieuwe en moderne ontwikkelingen in de regeltechniek en informatica met een lage toegangsdrempel voor de gebruiker moeten worden toegepast. Het nieuwe ontwerp moet geschikt zijn voor alle voorkomende typen proefbedrijven en opstellingen van het IMAG-DLO. Er is gekozen voor een hiërarchische structuur waarbij het idee van de bestaande decentrale besturing is gehandhaafd (van Meurs, 1980) en volgens nieuwe inzichten is uitgewerkt. De eis was een turn-key oplevering van het systeem door één firma, inclusief levering van alle hardware, software-pakketten, firmware en de specifieke applicatie.

### **Uitvoering**

De top van de hiërarchische structuur (Fig 1) is een centrale computer (VAX), waarop alle PC werkstations van de medewerkers via een Local Area Network (LAN) zijn aangesloten. Op de centrale computer is de informatie vanuit de kassen voor iedereen toegankelijk voor analyse en simulatiedoeleinden. Deze informatie wordt via het LAN verkregen van de clustercomputer. Deze computer bestuurt een cluster van Proces Control Units (PCU). Elke kasafdeling heeft zijn eigen PCU. Op de clustercomputer draait een procesbesturingspakket en hulpmiddelen voor programmaontwikkeling. Een veldbus verbindt de clustercomputer met de

PCU's die bij de compartimenten zijn opgesteld. Er is een hoge mate van autonomie voor de decentrale PCU (Distributed Control). De procesbesturing vindt zoveel mogelijk in zijn geheel plaats op het onderste niveau in de PCU, die bij de kasafdeling is gemonteerd. In deze nieuwe structuur kan elke onderzoeker met behulp van de bestaande IMAG netwerken vanaf zijn bureau zijn eigen applicatie (klimaat, proces, regeling, machinebesturing) optimaal beheren via zijn PC workstation, zonder daarbij andere applicaties te beïnvloeden (maximale vrijheid van de individuele onderzoeker versus minimale onderlinge last). De ontwikkelde applicatie is in een later stadium te wijzigingen en nieuwe toepassingen kunnen worden toegevoegd zonder grote inspanning van de IMAG-DLO gebruikers. De toegangsdrempel tot het totale systeem is zo laag mogelijk gehouden voor alle gebruikers (onderzoeker, programmeur, operator, onderhoudsdienst en dagelijkse beheerders van kassen en stallen), weliswaar beveiligd via een strikte toegangsregeling. Het beheer van alarmen, meetwaarden, instelwaarden etc. is ingedeeld in bij elkaar horende groepen parameters. Voor elke groep parameters kan het gebruik via een aparte permissiecode voor de verschillende categorieën gebruikers worden toegestaan, ter voorkoming van onderlinge hinder en onoordeelkundig gebruik. Een onderhoudsvriendelijke opzet is nagestreefd, zowel voor de hardware als de software. De structuur kan in volledig gescheiden autonome operationele eenheden



Figuur 2  
De SCADA toepassing die is verdeeld over de centrale computer en de clustercomputers. De ontwerptool CAPE is te vinden in de clustercomputer en de PCU's.

(clusters) worden opgedeeld. Deze clusterindeling waarborgt een minimale onderlinge beïnvloeding (elektrisch, elektronisch en softwarematig).

### Het SCADA-pakket

Het woord SCADA is de afkorting van Supervisory Control And Data Acquisition en het begrip staat voor de integratie van een aantal software-produkten waarmee processen on-line en realtime beheerd en bestuurd kunnen worden. SCADA-pakketten kenmerken zich door een open structuur, waaraan andere software-pakketten makkelijk gekoppeld kunnen worden. Een SCADA-pakket bestaat uit een realtime database waarin de parameters uit het proces opgeslagen zijn (fig 2). Aan deze database zijn een aantal taken gekoppeld: de operatorinterface, de dataverzameling, de alarmafhandeling, de ontwikkeltools voor het genereren van regelingen in de PCU's en de dynamisch-grafische presentatie van de procesdata. Deze realtime database kan via een Local Area Network (LAN) een deel gemeenschappelijk hebben met de database op een centrale computer. De gebruikers hebben via werkstations (PC's) toegang tot deze zogenaamde distributed database. De toegang is geregeld via een privilegecode. Omdat het totale pakket onderhoudsvriendelijk (onderhoudsarm) moet zijn, is besloten om niet zelf een pakket te ontwikkelen, maar gebruik te maken van commerciële standaard pakketten. Het is twijfelachtig of het nuttig is zelf pakketten te ontwikkelen als deze functioneel al bestaan. Ervaring heeft ook geleerd dat het te veel inspanning kost een groot regeltechnisch

pakket zelf te onderhouden. Het up-to-date houden van het pakket gebeurt in het andere geval door de leverancier samen met al zijn klanten. De koppeling naar andere software pakketten zal hierbij tevens beter geregeld zijn dan bij een zelf ontwikkeld pakket.

Voor het SCADA-pakket gold als primaire eis: het moet beschikken over een modulaire structuur en het moet gebaseerd zijn op een realtime database met voldoende faciliteiten om een proces te beheren. Verschillende drivers voor een aantal gestandaardiseerde hardware systemen moeten ondersteund worden. Het SCADA pakket moet beschikbaar zijn voor meerdere platforms, om zo zonder ingrijpende aanpassingen op een ander operatiesysteem te kunnen functioneren. Het pakket moet in een moderne opzet met gebruikersvriendelijke Window- en Object-georienteerde structuren zijn uitgevoerd.

Als platform is gekozen voor OS/2, waarbij kan worden opgemerkt dat UNIX en varianten hiervan op zich goede platforms zijn, maar (nog) niet tot de landbouwstandaard behoren. Aan UNIX is dus bij de keuze van het SCADA pakket weinig gewicht toegekend. DOS is geen multitasking systeem; een multitasking shell kan hiervoor een oplossing bieden, maar de betrouwbaarheid is dan wel veel lager (IBM rapport 1990).

De status van OS/2 versus Microsoft NT was ten tijde van de keuze in het geheel niet aan de orde, maar functioneel zullen beide platforms weinig verschillen, zodat de continuïteit van de gekozen oplossing naar verwachting redelijk zeker is.

Op basis van deze criteria zijn in samenwerking met de TFDL een aantal SCADA-pakketten vergeleken. Bij de beoordeling heeft ook mede een rol gespeeld of van het pakket, naast de ontwikkelversie ook een RUN-TIME versie geleverd kan worden (Een RUN TIME versie is veel goedkoper). Ten tijde van de beoordeling en de keuze waren niet alle pakketten platform onafhankelijk. Alle onderzochte pakketten waren en zijn nog volop in ontwikkeling, hetgeen een vergelijking tijdgebonden en moeilijk maakt. Uiteindelijk is de keuze gevallen op het pakket Factory Link.

CASE-softwaregereedschappen  
Het woord CASE staat voor Computer Aided Software Engineering en het begrip staat voor een verzameling tools die het ontwikkelen en testen van programma's vergemakkelijkt en vereenvoudigt.  
Als CASE-software is gekozen voor het pakket CAPE, een produkt van Technolution B.V. te Gouda, specifiek ontwikkeld voor het maken en testen van procesbesturingsprogramma's. In CAPE worden programma's op een grafische manier opgebouwd. Een programma ontstaat door iconen, als grafische voorstellingen van objecten (atomen en moleculen), langs een grafische weg met verbindingslijnen aan elkaar te koppelen.

Enkele definities:

- **Icoon**  
Een grafische voorstelling van een programma-onderdeel dat als object in een bibliotheek is opgenomen.

## ■ Atoom

Een atoom is een functieblok, dat als icoon kan worden voorgesteld, met gedefinieerde inputs en outputs en met een gedefinieerde functionaliteit tussen die inputs en outputs. Het atoom kan niet dieper ontleed worden. Een CAPE-gebruiker kan niet 'in het atoom kijken' of iets erin aanpassen.

## ■ Molecule

Een molecule, ook compound genoemd, is een functieblok met gedefinieerde inputs en outputs dat is opgebouwd uit atomen en/of andere moleculen. De gebruiker kan zelf een molecule ontwerpen met behulp van atomen en andere moleculen. De gebruiker kan het ontwerp daarna 'dichtklappen' tot één icoon, die opslaan in een bibliotheek en het later weer te gebruiken, erin te kijken en erin te veranderen.

De bibliotheek met atomen van CAPE omvat de volgende standaardfuncties: de logische functies: AND, OR, XOR, NOT; de logische condities: ,, =, , =, ; de rekenkundige functies: +, -, \*, /, x^y, %; minimum -, maximum - en absolute waarde; de regeltechnische functie PID; een lineaire interpolatiefunctie; een counterfunctie gekoppeld aan een digitale input; een pulsefunctie gekoppeld aan een digitale output; een filterfunctie voor voortschrijdend gemiddelde. Ook kunnen variabelen, array's en parameters worden gedefinieerd. De variabelen kunnen worden verbonden met tagnamen (=data-elementen) uit de database van Factory Link en met in- en uitgangen van de meet- en stuurhardware. De klimaatbesturingsprogramma's zijn met behulp van CAPE op de clustercomputer gegenereerd. Via de veldbus worden de programma's vanuit de clustercomputer geladen in de PCU en gestart. Het ophalen van de meetwaarden van de diverse grootheden en sturing van de uitgangssrelais wordt geregeld met CAPE-objecten. Ook worden de diverse regel- en besturingsalgorithmen en corrigerende acties met behulp van CAPE-objecten uitgevoerd. Het CAPE-klimaatprogramma kan zowel centraal op de clustercomputer als lokaal op de PCU dynamisch worden getest; daarbij blijft de verbinding met de meet- en stuurhardware, de bus I/O en database-elementen intact. Tijdens het testen kan men on-line door het programma-ontwerp van atomen en

moleculen bladeren, waarbij de variabelen en parameters in de grafische objecten realtime met het proces mee veranderen. Hierdoor ontstaat een extra unieke dimensie ten aanzien van het de-buggen van het ontwerp. Elk van de hieronder vermelde deelregelingen uit de totale klimaatregeling is opgebouwd met behulp van atomen en moleculen uit de CAPE-bibliotheek. De deelregeling zelf is dan ook weer een molecule en kan na de ontwerp- en testfase als een kant en klaar icoon met eigen in- en uitgangen in de bibliotheek worden opgenomen. In andere regelschema's kan het daarna weer als zelfstandig molecule worden gehanteerd.

### Onderdelen van de — klimaatregeling in CAPE:

- standregeling met en zonder terugmelding voor ramen en kleppen,
- schermstandregeling (schaduwscherm, energiescherm, gevelscherm),
- setpointberekening ten behoeve van temperatuur- en vochtregeling,
- watertemperatuurregeling,
- luchttemperatuurregeling,
- luchtvochtigheidsregeling (ontvochtigen en bevochtigen),
- CO<sub>2</sub>-regeling,
- besturing van de kunstmatige belichting,
- besturing van zwavelen,
- regeling van de warmte-krachtkoppeling.

Indien regelingen op handbediening staan, wordt dit grafisch weergegeven op het beeldscherm en worden de stuuracties genegeerd.

Op dit moment is een bruikbare versie van CAPE onder OS/2 beschikbaar waarmee alle benodigde regelingen en besturingen voor een volledige kasklimaatregeling uitgerust zijn. Deze regelingen voldoen aan alle gestelde eisen.

De invoering van nieuwe CAPE-versies tijdens het project is gestopt om te voorkomen dat het steeds weer inspelen op deze nieuwe versies een stagnatie in het project zou opleveren. Om die reden zijn op dit moment niet alle wensen uitgevoerd.

Zo kan bijvoorbeeld de grafische interface en de on-line documentatie nog worden verbeterd. De algemene eigenschap van een object ten aanzien van encapsulatie is nog niet goed

uitgewerkt, terwijl ook de realtime aspecten nog verbeterd moeten worden. De leverancier van CAPE is op eigen initiatief wel doorgegaan met de ontwikkeling ervan, waarbij de meeste punten van kritiek wel zijn verbeterd en een aantal zeer nuttige opties zijn toegevoegd. Deze nieuwe versie van CAPE is echter alleen ontwikkeld voor het platform WINDOWS en niet voor de Presentation Manager van OS/2 V1.3. De uitvoering via een platform onafhankelijk pakket (o.a. Glockenspiel) leverde grote problemen op. De overhead ervan bleek zeer groot te zijn en de compatibiliteit was onvoldoende. Op dit moment wordt getest of OS/2 V2.0 zelf voldoende compatibiliteit voor deze applicatie onder WINDOWS heeft.

### De Global Exchange (GEX)

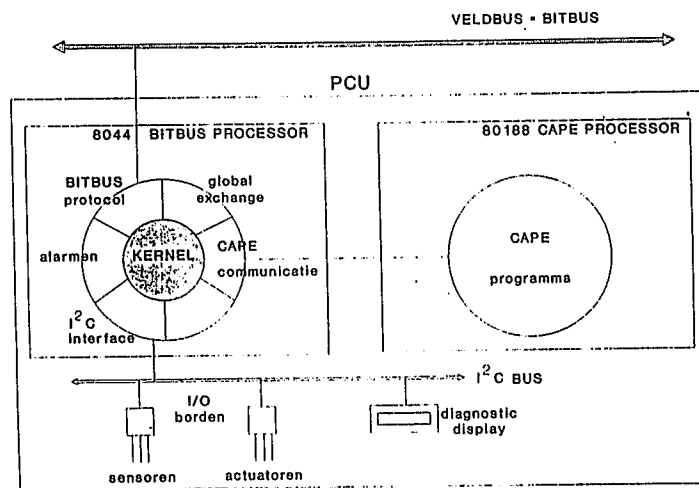
De term Global Exchange staat voor de uitwisseling van algemeen beschikbare procesdata via de veldbus vanaf een PCU naar andere PCU's en naar de clustercomputer. Als het systeem in bedrijf is, worden de data van de weerstation- en CO<sub>2</sub>-computer door de clustercomputer verzameld. Vervolgens distribueert de clustercomputer deze gegevens naar de Proces Control Units. Valt echter de clustercomputer uit dan neemt de weerstation-PCU de taak van Global Exchange via de veldbus over. De afdeling-PCU's blijven ook in deze situatie steeds over de CO<sub>2</sub>- en weergegevens beschikken. Echter, de PCU's beschikken nu niet meer over nieuwe instelwaarden die door de tuinder zijn ingegeven en blijven met de laatste beschikbare instelwaarden doorregelen.

Valt de weerstation-PCU vervolgens ook uit, dan neemt de CO<sub>2</sub>-PCU de distributie van zijn eigen gegevens over. In principe kan elke PCU het data-uitwisselingsproces overnemen. Dit is echter niet zo zinvol, want zonder gegevens uit het weerstation en de CO<sub>2</sub>-PCU is er niets om te distribueren. Het configureren van de Global Exchange gebeurt met CAPE.

### De veldbus als netwerk voor procesbesturing

Bij de keuze van een veldbus als netwerk voor procesbesturing zijn de volgende criteria gehanteerd:

- een open systeem en door de Europese industrie geaccepteerde standaard,



**Figuur 3**  
De opbouw van de proces-control-unit in hardware en software modules.

- een bus topologie (minder bekabeling),
- het netwerk moet een afstand van enkele kilometers kunnen overbruggen,
- een robuuste industriële uitvoering, eenvoudig in installatie en uitbreiding. Bij servicewerkzaamheden moet het netwerk zoveel mogelijk ononderbroken blijven functioneren,
- een volledige galvanische scheiding tussen de veldbus en de stations,
- een hoge mate van storingsongevoeligheid, o.a. voor elektrische storingen en ontlading van bliksem (Gieling, Zijlstra, 1984); de mogelijkheid tot het van gebruik van glasvezel,
- de mogelijkheid tot draadloze verbinding,
- de onderste 2 lagen van het OSI-model moeten volledig door het netwerk zelf afgehandeld worden ('Ingebakken' protocollen),
- de prijsstelling mag een brede toepassing niet in de weg staan.

Het IMAG-DLO is destijds begonnen met een vergelijkend onderzoek naar de bruikbaarheid van veldbussystemen (Eradius, 1992). Bij de huidige keuze is rekening gehouden met de voorlopige conclusie uit het TFDL-DLO onderzoek dat in opdracht van het COAL op dit gebied is uitgevoerd (Gjaltema, van Lopik, 1991). Op dit moment is er nog steeds geen standaard voor de land- en tuinbouw vastgesteld. De industrie heeft inmiddels een aantal 'standaards' ontwikkeld en zal hier niet meer gemakkelijk van afwijken. De gekozen veldbus 'BITBUS' is door Intel ontwikkeld en voldoet in behoorlijke

mate aan de gestelde eisen (Intel, 1987). BITBUS is voorlopig geaccepteerd door het ISO. Binnen de land en tuinbouw zullen behoorlijke eisen worden gesteld aan een veldbussysteem, waardoor min of meer de functionaliteit van Local Area Computer-netwerken nodig is. Gezien de prijsontwikkeling van LAN-produkten en de processorcapaciteit van PCU's wordt momenteel de toepassing hiervan mogelijk. Voorbeelden zijn o.a. Ethernet, Arcnet, AppleTalk en Sinec. Ethernet is weliswaar geen deterministische bus (gegarandeerde responstijd) maar geeft bij lage belasting goede performance. Een algemene ISO-standaard voor de veldbus mag voor 1993 niet verwacht worden. Een veldbus standaard binnen de land- en tuinbouw is echter meer dan ooit wenselijk!

#### Kenmerken van BITBUS

Een busstructuur gebaseerd op RS485 protocol, de SDLC wordt volledig in de hardware afgehandeld. Het is een master/slave systeem waardoor tijdresponsies van te voren bekend zijn. De transmissiesnelheid is afhankelijk van de maximaal te overbruggen afstand (zie tabel).

In dit project is gekozen voor de optie 375 Kb/s, omdat 3 Km een voor de glastuinbouw geschikte afstand is.

#### De Process Control Unit

De PCU is sterk modulair opgebouwd en is schematisch weergegeven in fig 3. De belangrijkste eis hierbij is, dat de PCU onder supervisie van de clustercomputer, maar ook stand-alone, de CAPE-programma's kan uitvoeren. De processor, die het CAPE-programma moet uitvoeren, is uit dezelfde familie gekozen als de processor van de clustercomputer (Intel 80\*86 familie). Als gevolg hiervan kan dezelfde code zowel op de clustercomputer als in de PCU executeren. Het gebruik van cross compilers wordt hiermee voorkomen. De CAPE-processor is volledig beschikbaar voor de executie van de interpreter en de code van het CAPE-programma.

Het BITBUS-protocol functioneert volledig op een aparte 8044 processor, die voor dit doel speciaal door INTEL is ontwikkeld. Op deze processor is een klein multitasking operatingsysteem met maximaal 7 taken vast ingebracht. Deze taken omvatten de communicatie met de cluster (SDLC protocol), de communicatie met de CAPE-processor,

Max Transmissiesnelheid	62,5 Kb/s Asynchroon	375 Kb/s Asynchroon	2,4 Mb/s Synchroon
Max afstand	12 km 3 repeaters	3 km	300 m
Aantal aderparen	1 of 2	1	3

het uitlezen van de sensoren, het aansturen van de actuatoren, de global exchange en de alarm afhandeling. De communicatie tussen de CAPE-processor en de BITBUS-processor komt in een vorm van message passing tot stand via dual ported memory. De programma's in beide processoren zijn opgeslagen in een niet-vluchtig geheugen.

De sensoren en actuatoren worden behandeld via aparte I/O-borden, die elk met een processor zijn uitgevoerd. Om bekabeling te beperken zijn deze I/O-borden via een strikt lokale I2C-bus met de BITBUS-processor gekoppeld. Op de I/O-borden worden de signal conditioning, de counters, de timers, de periodieke ijking en de testprocedures volledig zelfstandig afgehandeld. De I/O borden zijn robuust uitgevoerd. De sensoren en actuators zijn met een connector aangesloten, zodat deze apart getest of door een dummy vervangen kunnen worden (INCAA, 1992). Via een diagnostic display kan de status van de PCU gecontroleerd worden.

### Conclusie

De bouw van 'de lichtkas' als nieuwe onderzoekfaciliteit op het IMAG-DLO proefterrein aan de Mansholtlaan heeft de mogelijkheid geboden het onderwerp 'klimaatcomputer' weer eens volledig uit te diepen en de in aanmerking komende technieken en technologieën kritisch tegen het licht te houden. Voor sommigen leek dit overbodig, voor anderen was het hoog tijd. De gunstige respons uit het commerciële bedrijfsleven doet de balans ons inziens naar de laatste opinie doorslaan.

Uiteindelijk is gestreefd naar een naadloze integratie van procesbesturing en voor mogelijkheden ten behoeve van simulatie en modelvorming. Hoewel de meststoffendosering uitstekend in deze opzet past, is deze regeling uit praktische prioriteitsoverwegingen nog niet in het besturingsnetwerk opgenomen.

In de hier gekozen structuur is getracht rekening te houden met de soms tegengestelde belangen van de verschillende onderzoekers onderling, en de belangenafweging tussen de onderzoeker, de tuinder en de technische onderhoudsdienst.

### Referenties

- BOT, G.P.A.  
Greenhouse climate: from physical processes to a dynamic model, Ph.D. thesis Agricultural University, Wageningen, 1983.
- ERADUS, W.J.  
De veldbus als instrumenteel communicatiemedium in de landbouw, Agro Informatica, nr. 1 pp 22-27, 1992
- GJALTEMA, A.O., R.A.M. VAN LOPIK  
Technische aspecten van de datacommunicatie tussen procescomputers en managementcomputers in de agrarische sector, Rapport commissie COAL, p/a Landbouwschap, Den Haag, 1991.
- GIELING, TH.H.  
Commercial greenhouse computersystems, Acta Horticulturae, 106, pp 59-66, 1980.
- GIELING, TH.H., A. DE JAGER  
The application of chemo- and bio-sensors for soilless cultures, Acta Horticulturae 230 pp 357-361, 1989.
- GIELING, TH., J.A. ZIJLSTRA  
Consequences of lightning and lightning induction in agriculture, IMAG-DLO rapport nr. 204, 1984.
- HASHIMOTO, Y., T. MORIMOTO, T. FUKUYAMA  
Some speaking plant approach to the synthesis of control system in the greenhouse, Acta Horticulturae, 174, pp 219-226, 1985.
- HENTEN, E.J. VAN, J. BONTSEMA  
Optimal control of greenhouse climate, IFAC workshop series number 1, pp 27-32, 1991.
- IBM  
State of the Art report on OS/2 2.0, 1990
- INCAA  
Bitbus products for industrial control systems; Computer
- produkten voor de tuinbouw, INCAA Computers B.V. Postbus 722, 7300 AS Apeldoorn Nederland, 1992.
- INTEL CORP.  
Bitbus interface handlers users guide, nr 148685-002, Intel Corporation, 3065 Bowers Avenue, Santa Clara Calif. 95051, USA, 1987
- KOZAI, T  
Ideas of greenhouse climate control based on knowledge engineering techniques, Acta Horticulturae, 174 pp 365-373, 1985.
- MEURS, W.TH.M. VAN  
The climate control computersystem at the IMAG, Acta Horticulturae, 106, pp 77-83, 1980.
- MEURS, W.TH.M. VAN, C. STANGHELLINI  
A transpiration based climate control algorithm, Acta Horticulturae, 245 pp 476-481, 1989.
- OS, E.A. VAN, N.A. RUYLS, P.A. VAN WEEL  
Closed business systems for less pollution from greenhouses, Acta Horticulturae 294, 1991.
- STANGHELLINI, C., W.TH.M. VAN MEURS  
Crop transpiration, a greenhouse climate control parameter, Acta Horticulturae, 245 pp 384-388, 1989.
- UDINK TEN CATE, A.J.  
Modeling and (adaptive) control of greenhouse climates, Ph.D. thesis. Agricultural University, Wageningen, 1983.