

Embedded Systemen: De Stille Kracht van de Maakindustrie

Ir. Eric Dortmans

Ir. Wim Hendriksen

Oratie 3 november 2006

"Mensen worden echt enthousiast als ze samen mooie dingen kunnen maken"
(Mathieu Weggeman)

Fontys Hogeschool ICT

Copyright © [2006] Fontys Hogescholen

Alle rechten voorbehouden. Niets van deze uitgave mag worden veeelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opname of op enige andere manier, zonder vooraf schriftelijke toestemming van de uitgever: Fontys Hogescholen.

Voorzover het maken van kopieën uit deze uitgave is toegestaan op grond van artikel 16b en 17 Auteurswet 1912 dient men de daarvoor wettelijk vergoeding te voldoen aan de Stichting Reprorecht, postbus 882, 1180 AW Amstelveen. Voor het overnemen van één of enkele gedeelte(n) uit deze uitgave in bloemlezingen, readers of andere compilatiewerken dient men zich tot de uitgever te wenden.

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior written permission of the publisher.



Inhoud

1	Inleiding	5
2	Embedded Systemen?	7
	• Wat is een Embedded Systeem?	7
	• Onzichtbaar maar Onmisbaar.....	8
	• Vanzelfsprekend Vertrouwen.....	9
3	Waarom Embedded Systemen?	11
	• Concurrenieren met Embedded Systemen.....	11
	• Nieuwe Ontwikkelingen, Nieuwe Kansen	14
	• Uitdagingen	15
4	Waarom moet Fontys Hogescholen iets met Embedded Systemen?.....	18
	• Inleiding.....	18
	• De rol van Fontys Hogescholen	20
5	Opleiden van Embedded ICT-ers	22
	• De Embedded ICT-er.....	22
	• De lat moet hoog liggen	24
	• Studenten hoger laten springen	26
	• Een aantrekkelijk vak	29
6	Het Lectoraat Architectuur van Embedded Systemen	31
7	Conclusies	35
	Bronnen	36





1 Inleiding

Het is eigen aan de mensheid om zich het leven gemakkelijker te maken door het gebruik van hulpmiddelen. In de loop der tijd zijn die hulpmiddelen steeds vernuftiger en complexer geworden. Was de mens aanvankelijk nog tevreden met simpele mechanische werktuigen en wapens, nu bevat het leeuwendeel van onze hulpmiddelen elektronica en software. Wie kan zich nu nog voorstellen wat we zouden moeten doen zonder mobieltjes, zonder multimedia, zonder auto's, zonder vliegtuigen, zonder internet. Of zonder complexe machines zoals MRI-scanners, wafersteppers, printers en elektronenmicroscopen.

Kenmerkend aan al deze producten is dat ze goedkoper, handiger, of zelfs überhaupt mogelijk gemaakt worden door een vernuftige combinatie van elektronica en software die in het product is ingebed en die we een 'Embedded Systeem' noemen. De embedded software realiseert de interactie met de gebruiker, verzorgt de netwerkcommunicatie en coördineert de werking van het product door het aansturen van de diverse elektronische, elektromechanische en procesbesturende onderdelen.

Iedereen heeft een groot aantal Embedded Systemen in zijn omgeving, maar weet niet dat ze er zijn. Embedded Systemen doen hun nuttige werk namelijk 'achter de schermen'.

We zullen laten zien hoe afhankelijk wij als mensen zijn geworden van de goede werking van deze Embedded Systemen. Bovendien gaan we in op het verwachtingspatroon van gebruikers op gebieden als betrouwbaarheid, robuustheid, veiligheid, productiviteit, kwaliteit en bedieningsgemak.

De maakindustrie is heel belangrijk voor Nederland en innovatie is dan ook het credo. Het innovatief toepassen van Embedded Systeemtechnologie is een krachtig wapen in de concurrentiestrijd. We zullen laten zien wat men zoal met Embedded Systemen kan doen en ook zullen we enkele nieuwe ontwikkelingen op het vakgebied aanstippen. Deze nieuwe ontwikkelingen kunnen zowel als technische uitdagingen, maar vooral ook als kansen worden gezien voor de maakindustrie, een drijvende kracht voor de Nederlandse economie. Deze kansen liggen er niet alleen voor de grote bedrijven of de selecte groep hightech MKB bedrijven, maar wel degelijk ook voor de vele andere MKB-ers.

Innovatie in Embedded Systemen gaat gepaard met creatieve, technische en beheersmatige uitdagingen. In het bijzonder zullen we ingaan op de explosief



groeierende hoeveelheid software die nodig is om enerzijds heel veel functionaliteit te kunnen realiseren - gegeven de randvoorwaarden zoals kostprijs en energieverbruik - , en anderzijds deze complexiteit voor de gebruiker van een apparaat te verbergen.

We zullen ingaan op het belang van het aantrekken en opleiden van voldoende goed opgeleide hbo-afgestudeerden op dit gebied. Dit is een maatschappelijke taak die Fontys Hogescholen zich in het bijzonder moet aantrekken om aan de regionale behoefte te kunnen voldoen. Veel van de maakindustrie is namelijk in Zuidoost Nederland gevestigd. Werkgelegenheid is dus geen probleem: er is veel uitdagend werk te verrichten.

We zullen aangeven wat het vereiste opleidingsniveau van afgestudeerden op het gebied van Embedded Systemen moet zijn om in de moderne maakindustrie te kunnen functioneren. Tevens gaan we in op de vraag hoe we dat kunnen bereiken, samen met de industrie.

Ook gaan we in op de aantrekkelijkheid van het vak, die blijkbaar nog onvoldoende bekend is bij aankomende studenten. Want zonder voldoende instroom van studenten kan de opleiding nooit voldoende uitstroom richting maakindustrie genereren.

Om goed onderwijs te kunnen geven moet het curriculum actueel zijn en moeten ook de docenten voldoende op de hoogte zijn van het vakgebied en de industriële problematiek. Daartoe is het vehikel 'lectoraat' binnen het hbo in leven geroepen. Het lectoraat 'Architectuur van Embedded Systemen' binnen Fontys is daarom van strategisch belang als katalysator van up-to-date praktijkgericht onderwijs op het gebied van Embedded Systemen door toegepast onderzoek. De doelstelling en werkwijze van dit lectoraat zullen we verder uitdiepen.

2. Embedded Systemen?

Wat is een Embedded Systeem?

Een Embedded Systeem is de combinatie van computer hardware en software die zit ingebed in producten zoals mobieltjes, kleding, TV's, huishoudelijke apparaten, auto's en lantaarnpalen, die door mensen niet als computers worden gezien. Het is dus geen product als zodanig, maar een essentieel onderdeel, namelijk het 'brein' van het product waarin het is ingebed.

Het vakgebied Embedded Systemen houdt zich voornamelijk bezig met het ontwerpen en implementeren van de meest geschikte *architectuur* voor de software en computer hardware in een product. Qua ontwikkelinspanning speelt de embedded software hierbij steeds meer een overheersende rol. De embedded software regisseert de interne werking van een apparaat en bepaalt zodoende in sterke mate hoe een gebruiker het product ervaart.

Zo wordt alle interactie met de gebruiker van een apparaat verzorgd door de embedded software via bijvoorbeeld druktoetsen, lampjes of een display. De embedded software zorgt voor het plannen van activiteiten op commando van de gebruiker en het uitvoeren van die activiteiten door het aansturen van de specifieke (elektronische, elektromechanische of procesaansturing) hardware onderdelen van het apparaat. Ook de communicatie van het apparaat met andere apparaten of met computers via een (draadloos) netwerk wordt door middel van embedded software gerealiseerd. Daarnaast regelt de embedded software ook het energieverbruik van het apparaat, door op elk moment te bepalen welke subsystemen aan of uit moeten staan. Ook dient een aanzienlijke hoeveelheid embedded software van een complex product voor het uitvoeren van afregelprocedures en diagnostische tests ter ondersteuning van de service technicus of de productiemedewerkers.

Essentieel aan het vakgebied Embedded Systemen is dat het een sterke mate van interdisciplinair inzicht en gevoel vraagt. Een embedded software-ontwerper moet in staat zijn om over de softwaregrens heen te kijken en zich in te leven in de elektronische en (elektro-)mechanische ontwerpen en de fysische processen, die vanuit de embedded software aangestuurd moeten worden. Vanzelfsprekend moet hij diepgaande kennis op zijn eigen vakgebied informatica inbrengen. Er wordt dus nogal wat gevraagd van een embedded software ontwerper. Gelukkig kan hij of zij daarbij leunen op collega's met specialistisch kennis op aanpalende vakgebieden als Mechatronica, Elektronica, Mechanica, Signaalverwerking, Smart Materials en User Interaction Design.

Onzichtbaar maar onmisbaar

We leven in een wereld vol handige apparaten, geavanceerde transportmiddelen, productieve machines en uiterst nauwkeurige instrumenten. Of ze nu gebruikt worden door consumenten of professionals, voor entertainment of in kantoren of op de werkvloer, meestal worden ze bestuurd door een ingebouwd Embedded Systeem.

Wat je er van ziet is echter minimaal, tenzij je een apparaat open schroeft. Er zijn slechts heel weinig mensen die de behoefte hebben om dat te doen. Wie heeft er wel eens in zijn mobieltje gekeken? Wie, behalve service technici en technische geïnteresseerde hobbyisten of studenten, doet dat wel eens? Zelfs als je naar een Embedded Systeem kijkt zie je alleen maar de digitale elektronica, een of meerdere printplaatjes met een of meer processoren met hun geheugen en allerlei ondersteunende chips. Wat je niet ziet is de immense hoeveelheid software die in het geheugen van het Embedded Systeem is opgeslagen. Er zijn, afhankelijk van de complexiteit van het specifieke apparaat, enkele tot honderden manjaren Research & Development nodig om de embedded software te ontwikkelen. Wie realiseert zich dat als hij zijn mobieltje gebruikt, zijn TV aan zet of als hij in zijn auto stapt? En dat hoort natuurlijk ook zo!

Embedded Systemen zijn ingebed in dingen die we niet als computer zien. We zien ze dus normaliter niet, maar des te meer ervaren we ze. Embedded Systemen laten onze apparaten namelijk functioneren. Zonder hun Embedded Systeem zijn de meeste moderne apparaten slechts een losse verzameling mechanische en elektronische onderdelen, hoe vernuftig en innovatief die onderdelen ook mogen zijn. In feite zijn wij als mensen dus impliciet sterk afhankelijk geworden van de goede werking van de Embedded Systemen, die we niet zien en waar we normaliter niet aan denken. Ga maar eens na wat er zou gebeuren als ...

Nachtmerrie: de robots nemen de macht over

De wekker gaat af om 04:12, maar het display zegt dat het 7:00 is. Opstaan dus. Het is wel erg warm in de slaapkamer, en dat in november. Dat komt omdat de verwarming het huis heeft opgestookt tot 45 graden. Wat gek, er komt wel erg koud water uit de douche.

Onderweg naar je werk lijkt het wel of de hele wereld gek is geworden. Op het kruispunt springen alle stoplichten tegelijkertijd op groen: eindelijk een echte groene golf. Je navigatiesysteem wil je via Keulen van Best naar Strijp sturen. De autoradio wil alleen Wagner afspelen, en alleen op maximaal volume.

De ABS remt op willekeurige momenten, met een voorkeur voor het wiel links voor. De chauffeur in de auto naast je kijkt heel verbaasd als plotseling zijn airbag spontaan in zijn gezicht ontploft. Op een bouwterrein draaien de portaalkranen als gekken in het rond.

Het matrixbord boven de weg geeft aan dat de maximum snelheid 10 km/uur is. De gekoppelde flietspaal zorgt met veel enthousiasme voor de handhaving van deze regelgeving.

Ha! de autoradio werkt weer. Een hoop slecht nieuws: Treinen rijden niet meer omdat op Utrecht Centraal de wissels alleen maar links af willen. Er is verbazing dat de Maeslandkering bij Hoek van Holland vannacht op eigen initiatief drie keer open en dicht is gegaan. De operators konden er niets aan doen, want het systeem staat niet toe dat menselijk ingrijpen de voortgang van de afsluiting belemmert. Bij de Intensive Care afdelingen van enkele ziekenhuizen zijn helaas alle patiënten overleden: de bewakingsapparatuur reageerde volkomen onvoorspelbaar. Alle draadloze communicatiemiddelen tussen de hulpdiensten zijn uitgevallen. Dat maakt toch geen verschil: 112 wordt toch automatisch doorgeschakeld naar een ranzige telefoondienst. De vliegtuigen boven Schiphol vliegen rondjes: ze kunnen niet meer landen, omdat de verkeersleiding niet meer weet wie waar vliegt en welke gates vrij zijn. Bij ECT zijn twintig Automatic Guided Vehicles met container en al over de rand van de kade gekieperd. Lange rijen voor de geldautomaten: ze zijn sinterklaas aan het spelen. De disk jockey mekkert dat hij koffie heeft besteld uit de automaat, maar groentesoep heeft gekregen. Je telefoon piept: dertigduizend nieuwe sms'jes. O nee, het is de wekker... Het was dus maar een droom.

Stel je voor dat het echt zou gebeuren dat het netwerk van embedded systems heeft beslist dat ze er lak aan hebben om jou te helpen en gaan samenspannen om ons zo veel mogelijk te pesten in plaats van ons te helpen. Gelukkig hebben de ontwikkelaars van embedded systemen zulke hoge normen in hun vakgebied dat dit niet voorkomt.

Embedded Systemen zie je niet, ze zitten achter het behang, tenzij ze stuk zijn. Maar omdat we ze normaal niet zien weten we niet meer hoe ze werken en dus kunnen we niet meer voorspellen hoe het totale systeem reageert als we proberen het probleem te vinden en op te lossen.

Blijf ik nog wel zitten met de vraag: waar zit de resetknop voor zo'n genetwerkt systeem en wie kan daar allemaal bij?

Omdat we in ons dagelijks leven blijkbaar zo afhankelijk zijn van de Embedded Systemen in onze apparaten, moet we ze kunnen vertrouwen. We kunnen namelijk bijna niet meer zonder. Niet zelden is zelfs ons leven ervan afhankelijk, bijvoorbeeld als we in de auto of het vliegtuig zitten, of onderzocht worden in het ziekenhuis. Je ziet Embedded Systemen niet, maar je merkt het des te meer wanneer ze het niet goed doen.

Vanzelfsprekend vertrouwen

We vertrouwen er veelal onbewust op dat de producenten van onze apparaten ervoor zorgen dat in die apparaten Embedded Systemen zitten die heel erg goed ontworpen, gebouwd en getest zijn¹. We gaan er met andere woorden onbewust van uit dat die systemen voldoen aan de hoogste, meest actuele eisen op het gebied van:

- Betrouwbaarheid
- Robuustheid
- Veiligheid

¹ In de wetenschappelijke wereld spreekt men van 'dependability', een kreet die in niet-wetenschappelijke kringen niet begrepen wordt. Vandaar onze poging om dit in gewoon Nederlands te omschrijven.

- Productiviteit
- Kwaliteit
- Gebruiksvriendelijkheid

Betrouwbaarheid wil zeggen dat we er van uitgaan dat ze altijd goed doen wat ze moeten doen, namelijk het apparaat waar ze in zitten laten functioneren volgens specificaties.

Robuust moeten ze zijn als het gaat om onvoorziene omstandigheden in en buiten het apparaat. Daar moeten ze als vanzelfsprekend goed mee omgaan.

Veilig moeten ze zijn als het gaat om de bescherming van het apparaat zelf, bijvoorbeeld tegen software virussen, en als het gaat om onze informatie die we aan het apparaat hebben toevertrouwd. Het apparaat moet natuurlijk ook veilig zijn voor ons, de gebruiker of service technicus.

We verwachten dat de embedded software het apparaat zodanig bestuurt dat er, wat productiviteit en kwaliteit betreft, uitgehaald wordt wat er in zit.

Natuurlijk verwachten we ook dat de embedded software ervoor zorgt dat het apparaat gebruiksvriendelijk is, dat wil zeggen eenvoudig te bedienen is. Voor vliegtuigen en apparatuur in de operatiekamer is dit zelfs van levensbelang.

Afgezien van vaak gehoorde klachten over bedieningsvriendelijkheid, doen de makers van Embedded Systemen het blijkbaar zo slecht nog niet. Onze apparaten doen het in de praktijk best aardig. Dat dit een enorme ontwikkelinspanning heeft gekost is aan het apparaat niet te zien. Een Embedded Systeem is ergens in het apparaat verstopt en embedded software is in ieder geval onzichtbaar voor het blote oog.

De maakindustrie maakt zich zorgen. Er zijn zoveel nieuwe ontwikkelingen op het gebied van Embedded Systemen. De benodigde hoeveelheid en de daaraan gerelateerde complexiteit van de embedded software in toekomstige producten zal naar verwachting explosief blijven stijgen. Hoe doen we dit met een beperkte hoeveelheid ontwikkelaars? Hoe krijgen we die hoeveelheid ontwikkelaars opgeleid? Als gebruikers van apparaten willen we als vanzelfsprekend kunnen blijven vertrouwen op onze embedded systemen. Hoe krijgen we dit voor elkaar ondanks de geweldige complexiteit?

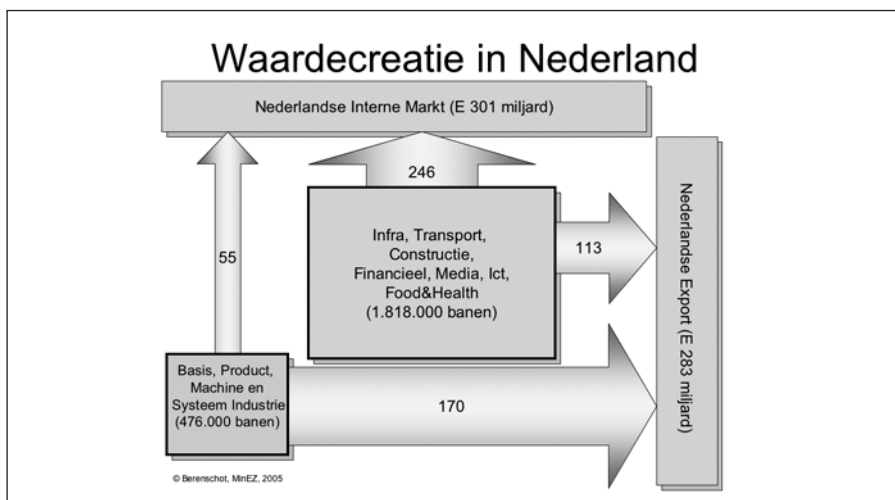
3 Waarom Embedded Systemen?

Concurreren met Embedded Systemen

In de regio Zuidoost Nederland, in een brede strook rond de A67, is een groot aantal bedrijven van wereldklasse in de maakindustrie gevestigd. Het belang van deze industrie voor Nederland is enorm. Dit is uit diverse onderzoeken gebleken. De volgende statements uit het onderzoek van de Stichting voor Industriebeleid en Communicatie² zeggen genoeg:

- 15 % van de totale werkgelegenheid in Nederland komt uit de maakindustrie.
- Elke baan in de industrie creëert 1 baan in de dienstensector.
- De maakindustrie is de motor van de export.
- De maakindustrie investeert meer dan evenredig in opleiding en ontwikkeling en is daarmee een belangrijke bakermat voor innovatie.
- De maakindustrie is de belangrijkste aanjager van de groei van de arbeidsproductiviteit.

Soortgelijke bevindingen zijn beschreven in het onderzoek van Berenschot 'Strategie Maakindustrie Zuid-Nederland' (2003). Er staat dus veel op het spel als we deze industrie zouden verliezen aan landen waar de lonen veel lager liggen dan bij ons. We moeten daarom in Nederland voldoende innovatief bezig blijven!



² <http://www.industriebeleid.nl/>

Embedded Systemen bieden de maakindustrie volop kansen om zich te (blijven) profileren, zowel via hun producten als via extra diensten. De Nederlandse maakindustrie kan en mag deze kans niet missen, of zoals het verwoord is in het visiedocument ‘Intelligente systemen’ van het Embedded Systems Instituut (in opdracht van het ministerie van Economische Zaken):

‘De komst van embedded systemen, dat wil zeggen het elektronisch intelligent maken van onze leefomgeving, wordt – na internet en mobiel – gezien als de derde innovatiegolf op het gebied van ICT. Het is van cruciaal belang dat het Nederlandse bedrijfsleven adequaat omgaat met de kansen die deze nieuwe innovatiegolf biedt. Dat geldt voor de grotere bedrijven in de ontwerp- en maakindustrie, maar het geldt zeker ook voor de kleinere en middelgrote ondernemingen. Het betreft hier een internationaal sterk concurrerende markt, waarin Nederland op dit moment nog een relatief goede positie heeft, maar waar traagheid snel tot marktverlies leidt. Ook de dienstensector zal zich moeten realiseren dat er binnenkort allerlei nieuwe vormen van dienst-verlening komen.’

Zoals gezegd is een modern product zonder een Embedded Systeem niet denkbaar. Onze maakindustrie kan dus niet zonder en moet zich voor elk product een steeds grotere embedded software inspanning getroosten. Embedded Systemen met hun embedded software zijn bittere noodzaak, maar kunnen ook gezien worden als vehikel om producten aantrekkelijker te maken en zich daarmee te differentiëren van concurrenten.

Er zijn allerlei voordelen te oogsten met Embedded Systemen. Door elektronica en software slim te combineren en te integreren in een apparaat of machine ontstaan nieuwe toepassingsmogelijkheden die eenvoudiger te bedienen zijn en bovendien een stuk goedkoper op de markt gebracht kunnen worden dan met conventionele technieken.

Zo kan het doel zijn:

- verlagen van de kostprijs;
- verbeteren van de nauwkeurigheid;
- verlagen van het energieverbruik;
- verhogen van de flexibiliteit;
- nieuwe functionaliteit toevoegen;
- het onderhoud en de installatie vereenvoudigen;
- het gebruiksgemak vergroten.

Men kan de kostprijs van een apparaat verlagen door goedkopere mechanische onderdelen te gebruiken. De onnauwkeurigheid ten gevolge van die keuze kan worden gecompenseerd door het Embedded Systeem, op basis van wiskundige formules of een mechatronische regeling. Toleranties van een subsysteem kunnen ook in andere subsystemen worden opgelost. Door het slim coördineren, dat wil

zeggen het niet gelijktijdig laten werken als het niet nodig is van subsystemen, kunnen zo elektrische voedingen en aandrijvingen worden uitgespaard. Vaak ook kan men bepaalde functionaliteit die voorheen met elektronica of mechanica werden gerealiseerd zelfs volledig in software realiseren. Zo heeft een MP3 speler geen bewegende onderdelen. Dit in tegenstelling tot zijn voorganger: de walkman met compact cassettespeler. Dat heeft dan weer het voordeel dat software per geproduceerd apparaat geen kostprijs, gewicht of ruimtebeslag met zich meebrengt (maar natuurlijk wel een aanzienlijke ontwikkelinspanning vraagt). Door middel van embedded software kan ook het energieverbruik van een apparaat worden verlaagd. Delen van het apparaat die tijdelijk niet nodig zijn kunnen namelijk door de software uitgeschakeld worden, zodat ze geen energie verbruiken, en weer worden aangezet als ze nodig zijn of zorgen dat een aantal grootgebruikers niet gelijktijdig aangezet worden.

Een ander belangrijk voordeel van de implementatie van functionaliteit door middel van embedded software is de flexibiliteit die dit met zich mee brengt. Hardware is niet iets wat je gemakkelijk kunt wijzigen als het eenmaal in productie is of bij klanten staat. De functionaliteit van hardware is na productie 'bevroren'. Op dezelfde hardware kunnen echter allerlei verschillende software functionaliteiten worden gerealiseerd. Je kunt zelfs de klant laten kiezen welk gedrag hij wenst. Software kan ook op een laat moment, zelfs in het veld nog veranderd worden. Klanten kunnen hiervoor betalen in de vorm van servicecontracten of verkoop van opties. Dit is een aparte after sales markt met hoge marges.

Embedded software is ook een ideaal vehikel om functionaliteit aan een product toe te voegen. Vaak gaat het om functionaliteit die met mechanica en elektronica niet of nauwelijks te realiseren zou zijn. Maar als je toch een computer in het apparaat hebt zitten, dan kun je daar optimaal gebruik van maken. Zelfs na levering van een product kun je klanten nieuwe of verbeterde functionaliteit aanbieden via upgrades (en natuurlijk ook problemen verhelpen). Je kunt zelfs verschillende producten uitbrengen met dezelfde hardware, maar met andere embedded software.

Door de installatie en het onderhoud van een apparaat te ondersteunen door middel van embedded software, kunnen ook veel uren van onderhoudstechnici worden bespaard. Men kan zelfs de diagnose en afstelling door middel van software zo goed ondersteunen dat de klant het meeste zelf kan doen. Via netwerkcommunicatie kunnen apparaten op afstand in de gaten gehouden worden ('remote diagnostics'), zodat reparatie plaats kan vinden voordat het systeem faalt. In de wereld van vliegtuigmotoren is hier veel ervaring mee. Die ervaring kan gebruikt worden voor andere producten.

Tenslotte is het vergroten van het gebruiksgemak een belangrijke reden om een Embedded Systeem in te bouwen in een apparaat. Vaak geeft zelfs een relatief kleine 'slimme' toevoeging aan een apparaat (natuurlijk in combinatie met een goed design) een dramatisch verbeterd productimago.

Innovatie op het gebied van Embedded Systemen hoeft echter niet altijd 'rocket science' te zijn waarvoor een heel lab met MSc's en PhD's nodig is. Het is ook niet persé geassocieerd met hightech producten. Ook in het 'slimmer' maken van eenvoudige producten zitten voldoende kansen. Dat hier creativiteit en durf voor nodig is moge duidelijk zijn. Er zijn genoeg mogelijkheden om eenvoudig te beginnen. Helaas zijn er nog heel veel bedrijven die hier voor terugdeinzen, terwijl bijvoorbeeld het hbo, met al het daar aanwezige talent en creativiteit, staat te popelen om deze bedrijven de helpende hand toe te steken en natuurlijk zelf daarvan het nodige te leren. Hbo's zijn namelijk bezig om niet alleen opleidingsinstituut, maar ook kennisinstituut te worden.

De overheid wil graag dat het MKB innoveert. Om dit te bevorderen is het instrument 'lectoraat' in het leven geroepen. Hbo's hebben de mogelijkheid gekregen om ervaren lectoren aan te trekken en daar omheen kenniskringen van onderzoekende docenten in te richten, zodat zij toegepast onderzoek kunnen doen voor het MKB. Men hoopt hier zowel de innovatie in het MKB als de verbetering van het hbo-onderwijs te bevorderen. Daarover later meer.

Anderzijds zijn er specifiek op MKB innovatie-subsidietrajecten (bijvoorbeeld RAAK) in het leven geroepen. Ook is het verheugend dat er in de regio sinds kort een Embedded House³ is dat tot doel heeft om '(regionale) MKB-ondernemingen te stimuleren en ondersteunen bij het bedenken, ontwikkelen, implementeren en vermarkten van embedded software technologie in nieuwe of vernieuwde producten en diensten'.

Nieuwe ontwikkelingen, nieuwe kansen

Er dient zich momenteel een nieuwe golf van innovatie aan met Embedded Systemen in de vorm van een aantal veelbelovende nieuwe ontwikkelingen waarmee de maakindustrie zich kan profileren:

- Slimme dingen
- Netwerken van slimme dingen
- Kunstmatige intelligentie

De halfgeleiderindustrie maakt het mogelijk om zeer kleine, energiezuinige en toch heel krachtige Embedded Systemen te maken. Dit maakt het mogelijk om ze echt overal in te stoppen. Een opkomende tendens is om niet alleen apparaten zoals machines en auto's, maar alle dingen om ons heen, zoals kleding, containers, verpakkingen, lantaarnpalen, bushaltes en woningen, slim te maken door er een aantal Embedded Systemen in te bouwen. Alles wordt zo een 'slim ding'.

Door ook nog (draadloze) netwerktechnologie toe te voegen aan alle slimme

³ <http://www.embeddedhouse.nl/>

dingen, groot en klein, krijgen we een 'Internet van dingen'. Hierdoor opent zich een wereld aan innovatieve toepassingen. Denk maar eens aan alle nieuwe toepassingen van RFID, de opvolger van de streepjescode, die nu wereldwijd bedacht worden. Slimme dingen kunnen dan namelijk via hun embedded software allerlei informatie uitwisselen met andere slimme dingen en met netwerk gekoppelde softwaresystemen. Hierdoor kunnen allerlei nieuwe diensten en nieuwe functionaliteiten goedkoop gerealiseerd worden. Slimme dingen kunnen van afstand beheerd en onderhouden worden, wat zowel voor de klant als de leverancier aantrekkelijk is. Slimme dingen, klein of groot, kunnen (ad-hoc) samenwerken om zo een gedistribueerde oplossing te vormen. Slimme dingen en software systemen die via het netwerk met elkaar in verbinding staan kunnen zo samen een nieuwe vorm van dienstverlening realiseren.

Door de embedded software van slimme dingen nog veel intelligenter te maken en door gebruik te maken van onderzoeksresultaten op het gebied van robotica en kunstmatige intelligentie, kan een volgend register aan innovatie worden opengetrokken. Een kunstmatig intelligent Embedded Systeem snapt bijvoorbeeld menselijke taal, kan ontdekken waar het zich bevindt, kan andere systemen ontdekken, heeft lerend vermogen, kan zich aanpassen aan de omgeving en de gebruiker en kan dus beter inspelen op de voorkeuren van de gebruiker en op zijn specifieke toepassing, en kan zichzelf en de rest van het ding diagnosticeren en corrigeren. Dit alles natuurlijk binnen de gegeven randvoorwaarden, bijvoorbeeld op basis van minimaal energieverbruik bij slimme dingen die lang met dezelfde (of zelfs zonder) batterij moeten kunnen werken.

Uitdagingen

Alle mooie nieuwe ideeën op het gebied van Embedded Systemen moeten natuurlijk ook nog gerealiseerd worden. Hier liggen enorme uitdagingen te wachten op de maakindustrie. De R&D's van de grote bedrijven zijn er al in meer of mindere mate mee bezig. Het MKB zal hier duidelijk harder aan moeten trekken, want hier liggen kansen. Het onderwijs zal hier op in moeten spelen.

Op elektronica gebied ligt bijvoorbeeld de uitdaging om zeer kleine, zeer goedkope, zeer energiezuinige, draadloos communicerende Embedded Systemen te realiseren. Hierbij horen natuurlijk adequate embedded besturings- en communicatie software. Een uitdaging is bijvoorbeeld om zeer veel, zeer kleine Embedded Systemen, ieder met een stukje lichtgewicht software, ad-hoc via (draadloze, korte-afstand) netwerken te laten samenwerken, om samen een complexe functie⁴ te verrichten, natuurlijk op een betrouwbare manier. (En hoe testen we dat?)

⁴ In wetenschappelijke artikelen spreekt men van 'emergent functionality' of 'emergent behaviour'.

Producten worden door hun embedded systemen steeds handiger en krachtiger, maar worden daardoor elk jaar complexer qua software. In 1965 voorspelde Intel's latere oprichter Gordon Moore al dat het aantal digitale schakelelementen op een chip exponentieel zou groeien: elke 18 maanden een verdubbeling. Inmiddels weten we uit ervaring dat deze zogenaamde 'Wet van Moore' ook van toepassing is op embedded software. De hoeveelheid embedded software van een product(familie) groeit ook exponentieel.

De complexiteit van de software in onze producten groeit met een factor 10 elke zes of zeven jaar. Hadden bijvoorbeeld Philips-televisies in het begin van de jaren '80 nog maar enkele kilobytes aan software code, vandaag de dag bevatten ze megabytes aan code. Hetzelfde geldt bijvoorbeeld voor Océ printers en ASML wafersteppers. Helaas groeit de productiviteit van softwareteams niet mee in dit tempo, met als gevolg dat de teamgrootte exponentieel moet groeien om de elektronica bij te kunnen houden.

De ontwikkeling van embedded software moet dus drastisch anders worden aangepakt wil men dit tempo kunnen volhouden. Bij de grote bedrijven en high-tech MKB in de regio wordt dan ook ervaring opgedaan met code generatie uit modellen (Model Driven Design) en herbruikbare software componenten (Component Based Design). Dergelijke initiatieven zijn echter vaak bedrijf- of bedrijfsdivisie specifiek. Er is nog zeker geen industriebrede standaardisatie wat betreft methodieken en tools. De benodigde softwaregereedschappen zijn bovendien vaak industrieel eigendom of erg duur en dus weinig toegankelijk voor het MKB.

De steeds groeiende veelheid aan eisen die aan het Embedded Systeem worden gesteld resulteert niet alleen in een explosief groeiende hoeveelheid embedded software, maar ook in een toename van de complexiteit van het ontwerp. Complexiteit en hoeveelheid blijken gekoppelde grootheden. Omvatte de embedded software van een eenvoudig product nog slechts enkele duizenden regels code, nu is het heel gewoon als er honderdduizenden tot tientallen miljoenen regels code nodig zijn voor een apparaat of lijn van soortgelijke apparaten.

Dit vraagt om een goed ontwikkelproces met bijbehorende ondersteuning van tools. Het vraagt ook om aandacht voor een goed doordacht en communiceerbaar ontwerp op hoofdlijnen, een 'architectuur'. De complexiteit moet beheersbaar gemaakt worden. Voor de gemiddelde embedded software ontwerper blijkt het namelijk ondoenlijk om het geheel in detail nog te kunnen overzien. Hier en daar beginnen de problemen ook voor consumenten zichtbaar te worden: Mercedes

Benz heeft in het begin van dit millenium de grenzen gevonden en haar imago van leverancier van betrouwbare auto's ernstig geschaad. De Sony Playstation3 komt na vele vertragingen op de markt. Microsoft heeft de lancering van Vista een aantal keren moeten uitstellen.

Om met complexiteit te kunnen omgaan kan men niet meer zonder het maken van een goede architectuur, dat wil zeggen het vastleggen van de basisstructuur (analoog aan de 'dragende muren' bij de constructie van een gebouw) en de basismechanismen waarop het ontwerp is gebaseerd,. Door een goede keuze van de architectuur, bij voorkeur de eenvoudigste gegeven de belangrijkste eisen, kan de complexiteit enigszins in de hand gehouden worden. Bij het ontwerpen van een architectuur is het bovendien raadzaam om gebruik te maken van bestaande architectuurelementen (Architectuur Patronen) die zich in de praktijk bewezen hebben. We moeten toe naar 'herbruikbare architecturen'. De auto-industrie heeft dit al lang begrepen, de bouwwereld nog steeds niet.

De verificatie ('doorrekenen') en validatie ('testen') van dergelijke complexe Embedded Systemen en hun architecturen is een gebied waarin veel academisch onderzoek wordt verricht. Slechts mondjesmaat sijpelt de kennis hiervan door naar de grote industriële labs. Uiteindelijk zal de maakindustrie ook hier stappen moeten maken. Het grootste deel van de ontwikkelkosten van nieuwe apparatuur zit immers in het validatietraject. Moeilijke principes zullen verborgen moeten worden in eenvoudig te gebruiken tools voor hbo'ers, anders zullen we niet echt verder komen op dit gebied.



4 Waarom moet Fontys Hogescholen iets met Embedded Systemen?

Inleiding

Gezien de hoeveelheid embedded software die gemaakt moet worden, zal een aanzienlijk percentage hiervan door hbo-Bachelors moeten worden gerealiseerd, natuurlijk in innige samenwerking met hun academisch geschoolde collega's. De academicus is waarschijnlijk sterker in het omgaan met complexiteit, het analyseren en het opstellen van abstracte (architectuur) modellen. De hbo'er daarentegen is goed in het bedenken en realiseren van concrete oplossingen. De hbo'er moet kunnen lezen en begrijpen wat de academicus bedoelt om een goed detailontwerp te kunnen maken. Hbo'ers moeten ook hun mannetje kunnen staan als er geen academisch geschoolde collega's in de buurt zijn.

Een moderne hbo-opleiding die beoogt de maakindustrie te helpen met het leveren van goede afgestudeerden zal dus voldoende aandacht moeten geven aan de eerder genoemde essentiële problemen en oplossingsrichtingen in dat werkveld. Er zal bijvoorbeeld voldoende aandacht gegeven moeten worden aan hoe om te gaan met producteisen en stakeholders, en hoe die te relateren aan de te maken architecturale keuze. Afgestudeerden zullen moeten weten hoe ze het maken van een systeemarchitectuur (met beperkte complexiteit) aanpakken, en kennis moeten hebben van de belangrijkste architectuurpatronen die zich in de praktijk bewezen hebben.

De kunst is natuurlijk om de hbo-student die zich op het gebied van Embedded Systemen wil bekwamen, wel bewust te maken van wat er speelt en welke oplossingsrichtingen zijn aangedragen, maar niet murw te maken door hem⁵ een veelheid aan specifieke methodieken en tools op te dringen die vaak 'de waan van de dag' blijken te zijn.

Een kudde buffels

Een kudde buffels loopt zo hard als de langzaamste in de kudde. Ze hebben namelijk uitgevonden dat ze samen sterker zijn dan als individuen apart.

Welke buffel wordt nu gegrepen door de hongerige achtervolgers? Dat is de achterste in de kudde. En wie is de achterste in de kudde? Dat is de buffel die niet zo hard kan lopen. Die is de klos.

Het is hard voor die individuele trage buffel, maar wat is nou het voordeel van deze Darwinistische actie voor

5 We spreken hier van 'hem', waar we ook 'haar' bedoelen. Helaas wordt het Embedded Systems vakgebied, zeker in Nederland, overheerst door mannen, overigens net als vele andere technische vakgebieden.

de rest van de buffels in de kudde? Het antwoord is simpel: als de traagste uit de kudde is verdwenen, dan kan de rest van de kudde sneller vooruit en wordt het gemakkelijker om succesvol te vluchten voor aanvallers.

Studenten waarvan duidelijk is dat ze nooit op hbo- niveau zullen gaan functioneren moeten zo snel mogelijk uitgefilterd worden, want ze zorgen ervoor dat de goede studenten minder uit hun studie halen dan goed voor ze is. In het eerste studiejaar moet studenten duidelijk worden wat van hen verwacht wordt als ze een carrière ambiëren op hbo-niveau. Als ze dat niet denken te kunnen of willen halen dan moet hen goede alternatieven worden aangeboden. Exit te trage studenten. De studenten die vinden dat ze wel op hbo-niveau gaan functioneren moeten tot het uiterste gemotiveerd worden om zo veel mogelijk relevante kennis en ervaring op te doen om in hun werkzame leven ervoor te zorgen dat Nederland mee blijft tellen op internationaal niveau.

Misschien moeten we streven naar aparte stromen voor mensen met verschillende vooropleidingen en verschillende ambitieniveaus. Mbo-instromers klagen dat ze na twee jaar hbo niets nieuws hebben bijgeleerd, havo-studenten nemen uit verveling een baantje aan. Vwo'ers, vaak gesjeesd op de universiteit, kunnen het allemaal wel aan: de basiskennis die ze aan de universiteit met wisselend succes hebben opgedaan is een goede fundering voor een succesvolle hbo-studie. Die totaal verschillende doelgroepen moeten verschillend aangesproken worden om het maximale uit hun studie te willen en kunnen halen. Misschien is het een goed idee om dit zichtbaar te maken op het diploma.

- *Uitstroom van hbo naar universiteiten:*

De bachelor van het hbo moet nog een schakeljaar hard werken om in de buurt van het niveau van de universitaire bachelor te komen. Dat is een ongewenste situatie: het hbo moet toch in staat zijn om in vier jaar een bachelor aan te bieden op gelijk niveau met drie jaar universitaire bachelor. Dit is natuurlijk alleen weggelegd voor de 25% beste doorzetters, dus niet voor iedereen.

- *Uitstroom van hbo naar grote bedrijven:*

Hbo-afgestudeerden moeten goed kunnen samenwerken met universitaire masters. Ze hoeven het niet te kunnen verzinnen, maar ze moeten het wel kunnen begrijpen. Daarvoor is een hoeveelheid gemeenschappelijke basiskennis onontbeerlijk. Met name wiskunde en natuurkunde komen hen zeer goed van pas. Als de hbo'er niet kan begrijpen wat de academicus heeft bedacht, dan zal hij dat niet toegeven, maar gaat iets bouwen dat past bij zijn wereldbeeld, met als gevolg frustratie en inefficiëntie. Dat kunnen wij ons niet veroorloven in dit land, als we mee willen blijven doen op wereldschaal. Het valt op dat de oude technische computerkunde studenten het goed doen in multidisciplinaire omgevingen: een goede multidisciplinaire systeemarchitect is vaak een hbo'er met 15 jaar ervaring. Monodisciplinaire architecten zijn vaak academisch geschoold. Hiermee kan het hbo zich positief onderscheiden van de universiteit.

- *Uitstroom van hbo naar MKB:*

Het MKB wordt voornamelijk bevolkt door hbo'ers. Immers, een hbo'er met een goed idee springt gewoon in het diepe en begint een eigen bedrijf. Een academicus met een goed idee rekent uit wat de kans van

slagen is en gaat daarna bij Philips werken. Dat betekent dat MKB'ers er moeite mee hebben om uit te vinden wat de universiteiten aan onderzoek doen op hun gebied. Een van de oplossingen is om hbo-afgestudeerden de nieuwste technologieën 'op de voet' mee te laten nemen naar het MKB. Lectoraten in het hbo moeten de resultaten van wetenschappelijk onderzoek omzetten in bruikbare kennis voor het MKB. Om dit te kunnen doen moeten lectoraten actief volgen wat universiteiten doen, daar de krenten uit de pap pikken, dat omzetten in nieuw onderwijs en directe kennisoverdracht naar de relevante bedrijven. (Toegepast) onderzoek van lectoraten op het hbo is dus complementair aan (wetenschappelijk) onderzoek op universiteiten.

De rol van Fontys Hogescholen

Fontys Hogescholen ligt geografisch in een sterke technische regio die deel uitmaakt van de Technologische Top Regio (TTR) die beschreven wordt door de driehoek Eindhoven, Leuven, Aken (ELAT). In de regio Zuidoost Nederland, in een brede strook rond de A67, is een groot aantal bedrijven in de maakindustrie van wereldklasse gevestigd. De regio wil nadrukkelijk een rol spelen in deze dynamiek, een kennispoort zijn waar kennis wordt geïnitieerd en ontwikkeld, circuleert en wordt toegepast.

Het is de maatschappelijke taak van onderwijsinstellingen in het algemeen en Fontys Hogescholen in het bijzonder om voldoende studenten op hoog gekwalificeerd niveau op te leiden, zodat de regionale maakindustrie op wereldniveau kan blijven concurreren.

Wil onze maakindustrie succesvol blijven dan zal die moeten blijven innoveren met hun producten, en zoals boven beschreven zal veel innovatiekracht komen uit de hoek van Embedded Systemen. Er zal voornamelijk in toenemende mate geïnvesteerd moeten worden in de ontwikkeling van embedded software. Met het ontwerpen, programmeren en testen van de gevraagde kwantiteit en kwaliteit aan embedded software is veel menselijke inspanning gemoeid. Deze inspanning zal moeten komen van software-ingenieurs die specifiek geschoold zijn op het gebied van Embedded Systemen.

We hebben een aanzienlijk aantal van die ingenieurs nodig, waarvan een groot percentage hbo- Bachelors. In Zuidoost Nederland, waar veel van de Nederlandse maakindustrie is gevestigd, ligt hier dus een duidelijke taak voor Fontys Hogescholen (met name in haar vestigingen Eindhoven en Venlo).

In ICT-opleidingen wordt traditioneel vaak slechts beperkt aandacht besteed aan Embedded Systemen. In de Elektrotechniek opleiding is weer weinig aandacht voor embedded software- ontwikkeling. Fontys heeft echter sinds enkele jaren, door collegiale samenwerking tussen de Hogeschool ICT en de opleiding Elektrotechniek van de Hogeschool Engineering, een opleiding Technische

Informatica. In deze opleiding worden studenten specifiek opgeleid tot ICT-er voor de vakgebieden Embedded Systemen en Industriële Automatisering. Ook bij de Informatica-opleiding van de Fontys Hogeschool te Venlo wordt relatief veel aandacht aan Embedded Systemen besteed.

Fontys heeft ook een belangrijke taak waar het gaat om bijscholing en post-bachelor opleidingen. Het vakgebied Embedded Systemen is volop in beweging en het bedrijfsleven moet hier natuurlijk terecht kunnen om haar personeel op dit vakgebied bij te laten scholen.

5 Opleiden van Embedded ICT-ers

De Embedded ICT-er

Het Hoger Beroeps Onderwijs (hbo) is recentelijk onderverdeeld in domeinen. Binnen Techniek zijn momenteel de volgende domeinen gedefinieerd: ICT, Engineering, Applied Science en Built Environment. Studenten die binnen een domein afstuderen krijgen een domein specifiek Bachelorcertificaat, bijvoorbeeld Bachelor of ICT. Domeinen zijn beschreven in termen van competenties die een student uiteindelijk moet bezitten om het betreffende domeinspecifiek certificaat te verwerven. Deze competenties kunnen worden verworven door het volgen van een van de opleidingen in het domein. Binnen een domein kunnen daarom verschillende opleidingen en afstudeervarianten bestaan. De opleiding Technische Informatica, een opleiding die het dichtst bij het vakgebied Embedded Systemen aansluit is (landelijk en internationaal) gepositioneerd als opleiding in het ICT domein⁶.

Embedded software op hbo-niveau in Nederland heeft in feite niet de positie die het verdient. Tot op heden zit deze opleidingen 'verstopt' in opleidingen Informatica of Technische Informatica. De nieuwe domeinbeschrijving 'Bachelor of ICT' maakt het gelukkig mogelijk voor een opleiding om het belangrijke en groeiende gebied van de Embedded Systemen voldoende aandacht te geven. De beschrijving van de specifieke ICT competenties (niet de algemene hbo-competenties) in het domein zijn echter voor Embedded-ICT helaas niet altijd gelukkig gekozen.

Het ontwikkelen van software voor toepassing in Embedded Systemen is op een aantal aspecten duidelijk anders van aard dan het maken van bijvoorbeeld informatiesystemen en webapplicaties. Dat maakt dat een opleiding die Embedded ICT-ers wil opleveren de nadruk anders moet leggen dan bij andere ICT opleidingen. In het algemeen moet de Embedded ICT-er leren om creatieve ICT oplossingen te genereren in een embedded product context met diverse disciplines en veel beperkingen. Een Mekka voor creatieve mensen dus!

Voor het interdisciplinaire aspect van Embedded Systemen vraagt om speciale aandacht. Een Embedded ICT-er moet over de grenzen van zijn discipline heen kunnen kijken. Hij moet begrijpen wat en waarom bijvoorbeeld een

⁶ In feite zou een Embedded ICT-er zowel ICT-competenties als Engineering competenties moeten hebben. De nadruk bij de Technische Informatica opleiding ligt echter op de software competenties die nodig zijn om in een product- en productiecontext te kunnen functioneren.

werktuigbouwkundig collega iets wil, en deze eisen kunnen vertalen naar het eigen domein. Hierbij hoort ook het samen met collega's uit andere vakdisciplines zoeken naar een optimale oplossing voor een stuk functionaliteit, gegeven de randvoorwaarden vanuit het totale product. De uitdaging is om samen met collega's van andere disciplines de uitdaging aan te gaan om een zo goed mogelijk product neer te zetten, ondanks of dankzij de natuurwetten (die 'altijd gelijk hebben').

Duidelijk anders dan bij andere soorten ICT is ook het belang van de financiële en fysische randvoorwaarden die een Embedded ICT-er krijgt opgelegd bij zijn werk. Beperkingen wat betreft kostprijs en energieverbruik dwingen bijvoorbeeld het gebruik, af van goedkope operating systems en dwingen de Embedded ICT-er bijvoorbeeld om veel functionaliteit te realiseren in een strak keurslijf van een goedkope, langzame processor met weinig geheugen.

De Embedded ICT-er moet werken in Concurrent Engineering setting. De producthardware wordt vaak tegelijk ontwikkeld met de software. Time-to-market is namelijk cruciaal. In deze situatie zijn specificaties van de hardware niet stabiel (als ze al beschikbaar zijn) en is bijvoorbeeld prototype hardware van het product niet of slechts af en toe beschikbaar voor de Embedded ICT-er om zijn software te kunnen testen. Dit vraagt om intensieve communicatie met collega's die de hardware maken en om een andere aanpak van testen, bijvoorbeeld door het gebruik maken van hardware simulators.

Een van de problemen is Hardware-Software Co-Testen, een vak apart. Software ontwikkelaars willen hun software subsystemen logisch integreren langs de lijnen van hun architectuur. Mechanici zijn verplicht om hun subsystemen te integreren van beneden naar boven, dus tegen de zwaartekracht in. Om op tijd een multidisciplinair deelsysteem te kunnen valideren, moeten embedded software ontwikkelaars afwijken van hun logische bouwwerk.

De Embedded ICT-er moet ook om kunnen gaan met een veelheid aan eisen, die bovendien in de loop van een project (zekere in de beginfase) aan verandering onderhevig zijn. Deze eisen en randvoorwaarden komen niet alleen vanuit de specificatie van het totale product, maar ook vanuit de eisen en beperkingen van de hardware die vanuit de embedded software moet worden aangestuurd. Alles komt samen bij de embedded software specificaties. Geen wonder, want dit is het integrerende element van het hele product. Dit betekent ook dat de Embedded ICT-er vaak problemen zal moeten oplossen van andere disciplines. Dingen zijn in software nu eenmaal vaak makkelijker op te lossen, zekere in een late projectfase. Vergelijk dit met de bouwwereld: de tegelzetter moet de problemen oplossen die de metselaar heeft veroorzaakt.



Het leven van een Embedded ICT-er zou natuurlijk veel gemakkelijker zijn, als het product qua hardware voltooid zou zijn, en alle specificaties bekend zouden zijn als hij aan zijn werk begon. Dus, als alle eisen exact zouden kunnen worden vastgelegd, en verder stabiel bleven, dan zou het maken van embedded software fabrieksmatig kunnen worden aangepakt. In dat geval zou deze softwareproductie in lage lonen landen goedkoper kunnen plaatsvinden dan in Nederland. Essentie is dat dit bij nieuwe, voldoende innovatieve producten niet voorkomt. Bij onderhoud aan een uitgerijpt product wordt deze situatie op den duur wel benaderd. Kortom, als we voldoende blijven innoveren, dan zal er voor de Embedded ICT-er voldoende werkgelegenheid in Zuidoost Nederland blijven bestaan en blijft het uitdagende werk in Nederland. Vooralsnog hebben we een enorme, toenemende schaarste en is er grote behoefte aan goed opgeleide Embedded ICT-ers.

De lat moet hoog liggen

Waarom zouden we moeten investeren in bèta onderwijs in het algemeen en embedded systemen in het bijzonder? Waar verdient Nederland het geld mee? Waar het om gaat is wat wij de komende jaren kunnen exporteren naar het buitenland om onze betalingsbalans positief te houden.

Wat wij in het binnenland aan elkaar leveren en doen zijn brownse bewegingen: een hoop warmte, maar het levert niets op. Als we allemaal hamburgers aan elkaar gaan verkopen, dan gaat het niet goed met Nederland. Meesters in de rechten kun je niet exporteren. Printers en wafersteppers en MR scanners en elektronenmicroscopen en vrachtwagens wel. En de fabrikanten van die producten zitten allemaal in deze regio. Hun concurrenten zitten allemaal in het buitenland. Dus Fontys als regionale hbo-instelling heeft de dure plicht om excellent personeel op te leiden voor deze bedrijven die de confrontatie met het buitenland lachend aankunnen.

Gezien het belang voor de Nederlandse maakindustrie en de daaraan gerelateerde werkgelegenheid zal Fontys de lat dus hoog moeten leggen. Onze maakindustrie moet kunnen excelleren. Bedrijven moeten bij de eerste drie in hun marktsegment horen om überhaupt iets te kunnen verdienen. In dit soort industrieën is immers alleen maar plaats voor nummer 1 en 2 en soms 3 op de wereldranglijst. (Wie is ook alweer nummer 3 na Wintel en Apple? Wie komt na de Xbox en de Playstation?). Er is dus geen plaats meer voor middelmatigheid. Als Michael Schumacher fluitend een formule 1 race rijdt dan verliest hij. Alleen als hij het maximale uit mens en machine haalt en zo snel mogelijk vier-wiel-driftend de bochten neemt, slechts dan heeft hij een kans om bij de top drie te horen. Dat kan alleen met heel goede mensen, en die moet de regio van Fontys krijgen.

Fontys moet jonge mensen een vak leren, waar ze zeker veertig jaar mee vooruit kunnen. Daarvoor moet dus een stevige fundering aan basiskennis gelegd worden. Basiskennis die niet verouderd, maar wel helpt om in de jaren na de opleiding in staat te zijn snel nieuwe concepten en technologieën op te kunnen pakken.

Geef onze studenten weer voldoende basiskennis

Vroeger vertelden ze me wat de reden was waarom de mens hoger dan de apen scoorde op de evolutieladder. Dat was omdat mensen in staat waren om beloningen uit te stellen en apen niet.

We hebben nu een generatie jeugd opgevoed en opgeleid die niet meer in staat is om beloningen uit te stellen. Daarom moet onderwijs tegenwoordig "leuk" zijn. Daarom hoef je geen differentiaalvergelijkingen meer te kunnen oplossen en lineaire algebra meer te leren, want daar kunnen ze niet binnen 20 milliseconden (= één televisiebeeldframe) het nut van inzien. Moet je onderwijs geven met direct resultaat? Moet je kinderen en pubers zelf laten uitzoeken hoe iets moet? Mag je pas iets uitleggen als erom gevraagd wordt? Tot op zeer beperkte hoogte. Natuurlijk moeten docenten bij studenten het heilige vuur aansteken en niet alleen maar een emmer volgooien. Natuurlijk hoeft leren niet saai te zijn. Maar het kan niet zo zijn dat een degelijke opleiding alleen maar leuk te krijgen is door de moeilijke dingen gewoon weg te laten.

Helaas wordt onderwijsland geregeerd door onderwijskundigen. En onderwijskundigen zijn alfa's die niets snappen niets van bèta vakgebieden. Dat moeten we dus nog even uitleggen:

Menswetenschappers zoeken vooral woorden voor dingen die je in de Kindergarten geleerd hebt. Dus in je eerste vijf levensjaren. Daar kun je de rest van je professionele alfaleven op doorbouwen. Maar de basis van bètavakken leer je pas tussen je twaalfde en je twintigste. Voor je twaalfde kan het niet, want dan kun je nog niet abstract genoeg denken. Na je twintigste kan het ook niet meer, want dan heb je er geen tijd meer voor. Een onderwijskundige krijgt dus niet bedacht dat je op de havo/vwo en hbo/universiteit de basiskennis nog bijgebracht moet krijgen. Dat je gewoon een hoop inleidende vakken nog te gaan hebt. Dat je een hoop moeilijke dingen moet leren voordat je in staat bent om de samenhang te zien. Dat je gewoon een paar honderd uur nodig hebt om uit te leggen hoe je moderne regelsystemen kunt bouwen en afregelen. Dat doe je er niet even bij als antwoord op een vraag tijdens een stuk probleemgestuurd onderwijs.

Bètaopleiders moeten zich meer verzetten tegen onwerkbare onderwijspraktijken en gewoon staan voor hun vak! Gewoon weer degelijke wiskunde in het curriculum. Gewoon weer uitleggen wat je moet weten in deze tijd. Ervoor zorgen dat de afgestudeerden in staat zijn om op goed niveau mee te bouwen aan onze complexe systemen in de komende vijfentwintig jaar. Dus gewoon een degelijke opleiding aanbieden.

Het curriculum behoeft natuurlijk constante aandacht. De echte kwaliteit van het onderwijs, in dit geval op het gebied van Embedded Systemen, staat of valt natuurlijk met de kwaliteit van de docenten en het onderwijsproces. Vooral dit laatste aspect heeft de laatste jaren veel aandacht gekregen, en feitelijk alle energie en tijd van docenten opgeslorpt. Inhoudelijk is het hbo door de Embedded Systeem praktijk ingehaald. Dit is een situatie die niet mag voortduren. Er moet een inhaalslag gemaakt worden.

Goed hbo-onderwijs op het gebied van Embedded Systemen staat of valt natuurlijk bij het aantrekken en opleiden van goede docenten die uit eigen ervaring en praktijkgericht onderzoek weten van de hoed en de rand van dit zeker niet gemakkelijke vakgebied. Zij zijn het die hun kennis van het hoe, wat en zeker ook het waarom overtuigend over moeten kunnen brengen op jonge mensen, die perfect aanvoelen of de docent weet waar hij over heeft, of alleen boekenwijsheid verkondigd. Onderzoek binnen het lectoraat kan een goed vehikel zijn om docenten weer hands-on, in de praktijk bezig te laten zijn met hun vak.

Studenten hoger laten springen

Momenteel krijgen studenten aan het hbo slechts ongeveer anderhalf jaar kennis aangeboden in de vier jaar van hun studie. Hoe kunnen we die verhouding weer beter krijgen? Hoe kunnen we studenten het uiterste uit zichzelf laten halen?

Het lectoraat 'Architectuur van Embedded Systemen' zal niet nalaten om hieraan bij te dragen. Een van de middelen hiervoor is om de opleidingen en de industrie samen te laten werken. De muren tussen het hbo en de industrie moeten zo snel mogelijk geslecht worden. De opleiding moet niet slechts eenrichtingsverkeer van afgestudeerden naar het bedrijfsleven willen zijn, maar moet ook kennis uit het bedrijfsleven willen gebruiken. De industrie moet baat hebben bij het inzetten van lectoraten en opleidingen om hun lange termijn en korte termijn doelen te kunnen realiseren.

Enkele ideeën om dit vorm te gaan geven zijn:

Lectoren doen actief mee

Om de een of andere reden vinden veel lectoren aan het hbo het nog niet nodig om onderwijs te verzorgen. Dat is fundamenteel fout. Er is geen enkele hoogleraar op een universiteit die geen onderwijs geeft. Wij willen dus wel bepaalde essentiële colleges op ons vakgebied geven en actief meedoen bij het begeleiden van studenten in projecten. Natuurlijk moet dit netjes ingebed worden in het bestaande onderwijs.



Docenten leren hierbij van lectoren en lectoren van docenten (en studenten). Lectoren leren bijvoorbeeld van docenten uit hun kenniskring hoe ze onderwijskundig hun werk op de rails moeten krijgen, zodat er goede aansluiting is met de eigenschappen van een hbo-student. Dus de ene keer meester, de andere keer gezelschap in wisselende samenstelling.

Top Gun: Industrie, stuur je beste technici naar school

Met vakantie kwam ik terecht in een klein dorpje met een paar honderd inwoners. Daar stond midden in de bossen een museum van perfect onderhouden vooroorlogse vliegtuigen, dat door vrijwilligers uit dat dorp in stand werd gehouden. De rondleider, een man die echt plezier had in zijn vak, vertelde ons waarom



een Tiger Moth er uit ziet als een Tiger Moth. Hij begon ons te vragen waarom de Engelsen de oorlog gewonnen hadden van de Duitsers. Wij wisten het niet. Nou, dat kwam omdat de Duitsers hun beste fighter pilots naar het front stuurden met de opdracht om zoveel mogelijk Engelsen neer te schieten. Daar moesten ze mee doorgaan tot ze zelf werden neergeschoten. "Wij", zei hij, staand voor zijn Tiger Moth, "wij deden dat anders: onze beste fighter pilots werden van het front teruggehaald om op de vliegschool nieuwe fighter pilots op te leiden". De nieuwe piloten kwamen dan met veel meer relevante ervaring in actieve dienst. En dat was de reden dat de Engelsen succesvoller waren in luchtgevechten dan de Duitsers.

Dus hadden ze vliegtuigen nodig waar twee piloten in konden zitten. De tweedekkers uit die tijd hadden slechts één zitplaats. Dus moest er een zitplaats bijgebouwd worden. Helaas waren de vliegtuigen uit die tijd nog niet zo betrouwbaar, dus het kwam nogal eens voor dat de piloten onderweg moesten uitstappen. Maar de voorste piloot kwam bij de tweezitter onder de vleugel terecht, dus uitstappen was een beetje lastig. Om dit probleem op te lossen plaatsten ze de bovenste vleugel verder naar voren, zodat de weg vrij was. En om te voorkomen dat het vliegtuig dan achterover viel plaatsten ze de onderste vleugel naar achteren. Een ander probleem was dat die beginnende piloten overal tegenaan reden op de startbaan omdat ze niet konden zien wat er voor hen gebeurde door die grote motor. Daarom werd die motor ondersteboven in het vliegtuig gemonteerd. "En nu weten jullie waar een Tiger Moth zijn karakteristieke silhouet aan te danken heeft", besloot hij met een twinkeling in zijn ogen.

Dus als je een oorlog wilt winnen, dan moeten je beste fighterpilots docent worden op de vliegschool. En hoe zit dat nou met ons onderwijs? Stuur de industrie zijn beste mensen naar Fontys om te zorgen voor goed opgeleid nieuw personeel, zodat we onze voorsprong op het buitenland kunnen behouden?

In Topgun wilde Tom Cruise met alle geweld terug naar de vliegschool. Dat was het hoogste wat je kon bereiken. En hoe zit dat met hbo-docenten? Hier moeten we iets aan doen, maar we moeten het wel vertalen naar de Nederlandse ondervijssituatie.

Uitnodiging:

'Industrie, stuur je beste fighterpilots om ons te helpen om het niveau van de afstudeerders te verhogen'.

Gastcolleges door ervaren mensen uit de industrie.

Als het goed gaat met de economie, dan worden hbo'ers overspoeld met aanvragen voor gastcolleges waar allerlei bedrijven zich willen presenteren op allerlei hap-snap onderwerpen met als doel snel nieuw personeel te werven. In slechte tijden worden gastcolleges plotseling afgezegd. Dit mechanisme werkt niet, want een school moet bepaalde kennis overdragen en dat een aantal jaren achter elkaar volhouden, onafhankelijk van het feit of de economie nu omhoog gaat of omlaag. Het lectoraat wil graag helpen om structureel de industrie in te schakelen bij onderwijs. Onze visie is dat de hogeschool verantwoordelijk is voor het niveau van de opleiding en zorgt voor de continuïteit in de opleiding. Dus de hogeschool bepaalt het curriculum, natuurlijk met inspraak van de industrie. De hogeschool bepaalt de vakken, de inhoud en de aan te leren kennis. Bij de uitvoering vraagt de hogeschool aan de industrie om haar beste mensen te sturen om colleges te verzorgen over deze onderwerpen. Hierbij wordt aangegeven wat aangeleerd moet worden in dit college. De huidige docenten vertellen wel "HOE" en misschien "WAT" en ze hebben moeite om duidelijk te maken "WAAROM". De industrie weet wel "WAAROM" en "WAT" maar hoeft niet te vertellen "HOE".

Docenten doen in bedrijfslabs mee, samen met de student

Docenten hebben te weinig tijd om hun hands-on ervaring in het vakgebied bij te houden. De overheid ziet dit nog niet als groot probleem, dus is er geen directe financiering van deze activiteiten. Het lectoraat zal zijn primaire financiering aanwenden om docenten inhoudelijk te professionaliseren op hun eigen vakgebied. Dit zal zo veel mogelijk worden aangevuld met financiering van derden, zoals subsidieregelingen en directe financiering door de industrie.

Studentassistentenschappen voor bedrijfsopdrachten

Als de industrie projecten kan uitbesteden naar het lectoraat, dan kunnen daar studenten als studentassistent van worden ingehuurd om het project uit te voeren in samenwerking met de kenniskring van het lectoraat. De student verdient dan bij en is bezig met uitbreiding van zijn vakkennis. Dat is interessanter dan bij Albert Heijn gaan werken.

Studenten vinden het zeer uitdagend om met 'echte' problemen, waar druk van de echte klant op staat, bezig te zijn.

Het lectoraat kan projecten oppakken waar enkele generaties studenten aan kunnen werken, waarbij het lectoraat zorgt voor de kennisoverdracht van studentengeneratie naar studentengeneratie. De begeleiding van de industrie is dus minder intensief dan bij afgestudeerden. De projecten mogen ook weer niet te groot zijn, om te voorkomen dat het lectoraat zich gaat gedragen als een door de overheid meegefinancierd ingenieursbureau.

Zinnige cases voor projectonderwijs

In het huidige projectonderwijs is veel ruimte voor opdrachten. De industrie kan het onderwijs helpen door zinnige opdrachten in te brengen. Denk hierbij aan opdrachten waar groepen van acht studenten tweehonderd uur per student moeten besteden aan een onderwerp. Doel bij deze projecten is om de gestelde leerdoelen te halen, niet om concreet resultaat te leveren. Het lectoraat zal hierin bemiddelen in gevallen waar het onderwijs dit zelf niet of onvoldoende kan organiseren.

Docenten in contact met de industrie

Docenten moeten veel meer de kans krijgen om hun contacten in de industrie bij te houden. Bezoek aan vakbeurzen, symposia en netwerkbijeenkomsten is hierbij een eerste stap in de goede richting. Bedrijfsbezoeken en excursies is een tweede stap. Met de industrie samen een project draaien een derde stap. Het lectoraat zal dit zo veel mogelijk faciliteren.

Een aantrekkelijkheid vak

Het vakgebied Embedded Systemen is interessant, zeer interessant zelfs. Dat kunnen wij uit eigen ervaring zeggen. Probleem is hoe dragen we dit over aan aankomende studenten die een studiekeuze gaan maken. Blijkbaar doen we dat namelijk nog niet goed, want het aantal studenten wat een 'harde' technische opleiding kiest blijft alsmat dalen. Natuurlijk speelt hierin het dalende aanbod aan studenten een rol, maar blijkbaar is ons imago ook niet goed.

Bij de oriëntatie op een studierichting zoeken potentiële studenten antwoord op maar een paar vragen: 1) Wat houdt dat vak in? 2) Wat leer je in de opleiding? 3) Wat kun je er later mee?

De antwoorden zijn soms onthutsend:

- “Nee meisje, dat is te moeilijk voor jou” (sic)
- “Dat is een vak voor nerds”
- “Met economie verdienen je later meer”

De ingenieurs uit de maakindustrie en hun management weten natuurlijk beter:

- Zij weten uit ervaring wat het vak inhoudt.
- Zij weten dat het erom gaat of je er gevoel voor hebt.
- Zij weten dat het een veelzijdig, interessant vak is met veel menselijke raakvlakken.
- Zij weten dat er een toenemende schaarste is en er in ieder geval een goed salaris mee te verdienen is.

Het is domweg onze eigen schuld dat bèta studies een imago probleem hebben bij aankomende studenten. Daar moeten we dus iets aan doen. Mathieu Weggeman schrijft in zijn boek *Provocatief Adviseren* dat we de afgelopen jaren een dimensie zijn kwijtgeraakt in de waardering van ons werk. Momenteel staan macht en geld in hoog aanzien. Maar mensen zijn pas echt enthousiast aan het werk als ze samen

mooie dingen kunnen maken. Dan vergeet je de tijd en ben je met zijn allen tot diep in de nacht bezig om dat mooie ding aan het werk te krijgen.

‘Samen mooie dingen maken’. Dat moeten we dus uitdragen naar onze aanstaande studenten. Dat moet de titel worden van foldertjes van technische studies. Als je je leven in je laatste seconde voorbij ziet komen, dan wil je toch wel zeker weten dat het de moeite waard is geweest!

En dat hoeft niet altijd via de gemakkelijkste weg. Een moeilijk vak is namelijk ook leuk om te doen. Winnen bij topsport geeft een kick maar vergt ook veel en langdurige inspanning. Je kunt er misschien zelfs wel trots op zijn om een nerd te worden genoemd: een mooie geuzennaam. Een goed salaris is natuurlijk wel nodig, maar niet voldoende om elke dag fluitend naar je werk te gaan.

In een van haar projecten zou het lectoraat onderwerpen kunnen gaan aandragen voor profielwerkstukken voor vwo- en havo-leerlingen om te kunnen proeven aan de vakgebieden embedded systemen en technische informatica. Een aantal opstellingen kunnen met hbo- studentopdrachten zo worden ingericht dat de echt moeilijke dingen ‘achter het behang’ gewerkt worden. Het lectoraat kan ook zorgen voor ondersteuning door student-assistenten aan de havo- en vwo-leerlingen in een inspirerende omgeving bij Fontys Hogeschool ICT.

6 Het lectoraat 'Architectuur van Embedded Systemen'

Lectoraten zijn een instrument om innovatie in het MKB te koppelen aan verbeterde externe oriëntatie en verbetering van het hbo-onderwijs. Het 'Vernieuwd convenant Lectors en Kenniskringen in het hoger beroepsonderwijs' beschrijft de doelstelling van lectoraten als volgt:

'Lectors en kenniskringen hebben tot doel te komen tot verbetering van de externe oriëntatie, curriculumvernieuwing, professionalisering van docenten en versterking van kenniscirculatie en kennisontwikkeling binnen hbo-instellingen.'

Ook Fontys heeft gebruik gemaakt van de mogelijkheid om lectoraten op te richten, lectors aan te trekken en docenten beschikbaar te stellen voor onderzoek. Fontys wil namelijk een open organisatie zijn waar geleerd wordt in wisselwerking met de omgeving. Instituten worden beschouwd als ontmoetingsplaatsen voor theoretische kennis en ervaringen uit de beroepspraktijk. Lectoraten vervullen hierin een strategische functie.

Het Fontyslectoraat 'Architectuur van Embedded Systemen' is een specifiek op Embedded Systemen gericht lectoraat. De focus van het lectoraat ligt vooral op de intrinsieke kwaliteit van het te realiseren Embedded Systeem en het product waar het een onderdeel van is. Daarom staat vooral de architectuur, dat wil zeggen die globale ontwerpbeslissingen welke de kwaliteit in grote mate bepalen, centraal in het onderzoek.

Het lectoraat wordt momenteel bemand door een tweetal lectors in deeltijd, met ieder tientallen jaren bedrijfservaring, plus een zogenaamde kenniskring bestaande uit ervaren docenten. Voor praktisch onderzoek wordt tevens dankbaar gebruik gemaakt van de talenten van talloze studenten.

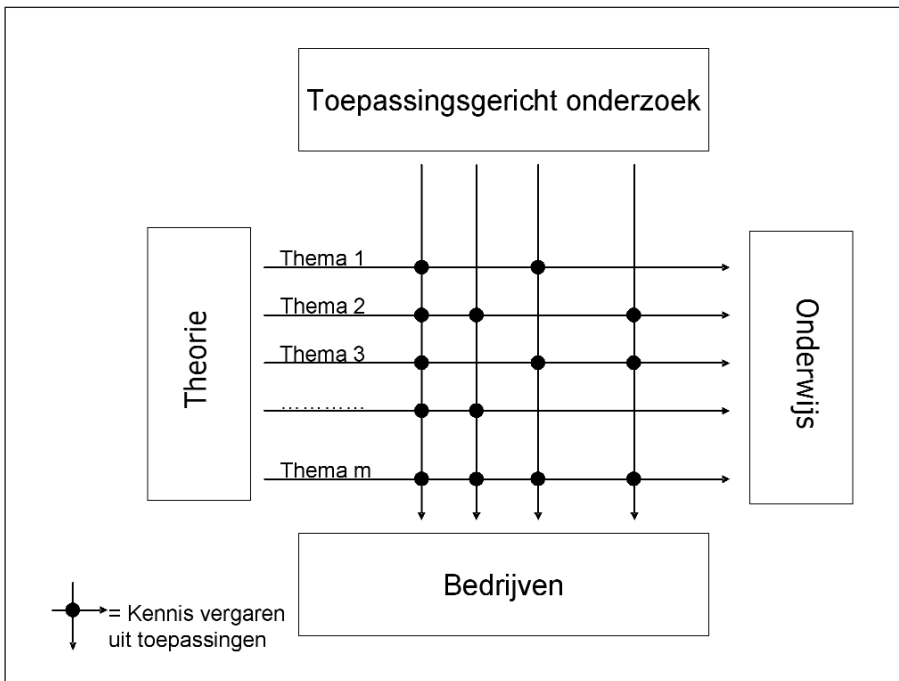
De taak van het lectoraat en haar kenniskring is om toepassingsgerichte kennis op het gebied van Embedded Systemen te vergaren en intern en extern te circuleren. Via articulatie van vragen vanuit de regionale maakindustrie, in het bijzonder het MKB, en het doen van toegepast onderzoek om praktisch toepasbare oplossingen voor die vragen te vinden, wil het lectoraat zowel het onderwijs op het gebied van embedded systemen versterken als een bijdrage leveren aan de innovatie binnen de regionale maakindustrie.

Het lectoraat doet met zijn kenniskring toepassingsgericht onderzoek. In het onderzoek zal de nadruk niet liggen op het ontwikkelen van nieuwe methoden en



technieken, maar veeleer op het toepasbaar maken van de nieuwste ontwikkelingen op het gebied van Embedded Systemen binnen de realiteit van de bestaande engineeringpraktijk. Bedoeling is om kennis te nemen van academische onderzoeksresultaten van universiteiten en onderzoeksinstituten, en deze kennis om te zetten in praktisch toepasbare concepten die geschikt zijn voor hbo-professionals. Bij voorkeur gebeurt dit onderzoek op basis van probleemstellingen vanuit het regionale bedrijfsleven, in het bijzonder het MKB, waardoor enerzijds betreffende bedrijven geholpen worden om te innoveren en anderzijds ons onderzoek in een realistische praktijkcontext wordt geplaatst.

We doen ons onderzoek zo veel mogelijk projectmatig, net zoals dat in een echte R&D-omgeving gaat. Dit geeft zowel docenten als studenten meer gevoel voor de realiteit van de industrie. Het volgende plaatje geeft weer hoe wij kennisopbouw en projecten voor bedrijven denken te kunnen verenigen.



Thema's (de horizontale lijnen in het model) bakenen een bepaald kennisgebied af waarin we qua toepassingsgerichte kennis willen groeien. Het gaat hier over lange termijn zaken. Het betreft thema's die betrekking hebben op embedded systemen

die opgepakt zijn vanuit de academische wereld, die geoefend worden in praktische toepassingen, en die uitkomen in curriculumontwikkeling voor het hbo-onderwijs. Zo werken we momenteel bijvoorbeeld aan thema's als: Model Driven Design, Open Source tooling en Embedded Linux. De docenten in de kenniskring zijn de eigenaren van de thema's.

Projecten (de verticale lijnen in het model) hebben een korter termijn doel. Het kan bijvoorbeeld een concreet afgebakend project voor een bepaald bedrijf zijn. Het kan ook een afstudeerproject zijn, al of niet voor een bedrijf. Het betreft projectmatige activiteiten voor het oplossen van echte problemen, met gegeven beperkingen, van echte bedrijven, waarbij docenten en studenten relevante praktische ervaring kunnen opdoen. Ook zullen studenten ingehuurd worden als student-assistent voor kortlopende projecten.

We hebben altijd minimaal één project lopen, namelijk ons interne langlopende integrerende multidisciplinaire 'leanroom project' (Project 1). Dit project heeft een aantal eigenschappen:

- Het project duurt ongeveer drie jaar, met een aantal groepen studenten die parallel een half jaar werken aan hun opdracht.
- Het dient als context voor een door ons zelf gedefinieerd onderzoek, c.q. deelprojecten voor afstudeerders, stagiaires en onderwijsproject groepen.
- De theorie wordt eerst in de (cleanroom) praktijk getoetst. Studenten en docenten zullen hier hun 'boekenkennis' kunnen testen om aan den lijve te kunnen ondervinden of de nieuwe theorieën wel of niet zullen werken.
- Het confronteert betrokken docenten en studenten met zaken als requirements management, versiebeheer, hergebruik en onderhoud.
- Het projectmanagement van dit project is in handen van de kenniskring, die hiermee hands-on ervaring opdoet met de dynamiek in grote projecten. (Groter dan één afstudeeropdracht.)

Qua prioriteit hebben de projecten logischerwijze voorrang. Dit is ook geen probleem, want zij dragen als het goed is bij aan de kennistoename in één of meer thema's. In het bijzonder die projecten waarbij toezeggingen aan derden moeten worden nagekomen, hebben daarbij de allerhoogste prioriteit.

Het lectoraat kan voor het bedrijfsleven in het voorstudie- en prototype stadium een waardevolle, leveranciersonafhankelijke rol spelen, in het bijzonder wanneer er onbekende risico's liggen met betrekking tot het toepassen van nieuwe technologie. Anderzijds kan men bijvoorbeeld bij het lectoraat terecht om een onafhankelijke analyse en innovatief herontwerp te laten maken van het embedded systeem van een bestaand product.



Het lectoraat is actief betrokken bij DevLab, een coöperatie van twaalf MKB-bedrijven die wetenschappelijk en toegepast onderzoek doen op de TU/e campus. Hier werken hbo-studenten met hun hbo-docent/begeleiders samen met promovendi en academische afstudeerders aan uitdagende projecten op het gebied van draadloze ad-hoc sensornetwerken. RAAK subsidies zorgen voor de financiering van het hbo-deel.

DevLab kent twee grote langlopende projecten waar wetenschappelijk onderzoek en toegepast onderzoek parallel worden bedreven. Het project Atalanta is bezig met een autonome mechanische vlinder. De mechanische, elektrische en software parameters zijn zeer uitdagend: spanwijdte 10 cm, gewicht 6 gram. Het project Dutch Clay is bezig met een dicht op elkaar gepakt autonoom sensornetwerk. In dit project spelen energiehuishouding, simpele algoritmes, gossipnetwerken, radiocommunicatie, veel samenwerkende kleine computers een grote rol.



Het uiteindelijke doel van het lectoraat is het voortdurend actualiseren en verbeteren van het onderwijs op het gebied van embedded systemen, dat wil zeggen zowel het verbeteren van het curriculum als de versterking van de kennis en ervaring van de docenten. Dit doen we bij voorkeur door zo veel mogelijk docenten, en hun studenten, te betrekken bij het onderzoek.

Voor Fontys betekent het doen van toepassingsgericht onderzoek voor bedrijven dat zowel het curriculum als de docenten die dat curriculum aan studenten moeten overbrengen, dichter bij de actuele beroepspraktijk komen te staan. Tevens betekent dit dat men gedwongen wordt, door uitdagende vraagstellingen van bedrijven, om eerder dan nu gebruikelijk kennis op te halen uit de academische wereld en praktisch toepasbaar en doceerbaar te maken.

7 Conclusies

Innovatie op het gebied van embedded systemen is van levensbelang voor de maakindustrie en de Nederlandse werkgelegenheid. Fontys Hogescholen moet Bachelors afleveren die dit kunnen helpen waarmaken en dus moet de lat hoog liggen. Dit is een maatschappelijke plicht.

Zowel vanuit het bedrijfsleven als vanuit Fontys Hogescholen zal gewerkt moeten worden aan het imago van het vakgebied Embedded Systemen c.q. de opleiding Technische Informatica. De instroom zal duidelijk omhoog moeten om aan de vraag te kunnen voldoen. Dus de aantrekkelijkheid van de opleiding moet verbeteren voor die richtingen waar veel vraag voor is uit de industrie.

Het lectoraat Architectuur van Embedded Systemen wil binnen Fontys katalysator zijn in het steeds verbeteren van de kwaliteit van het onderwijs, via zowel curriculum als docenten, op het gebied van Embedded Systemen. Verbetering van het onderwijs is gebaat bij projectmatig georganiseerd, toegepast onderzoek, op basis van gearticuleerde vragen uit het bedrijfsleven, door betrokken docenten met hun studenten.



Bronnen

- *Intelligente apparaten – Een visie op embedded systemen voor Nederland*, Embedded Systems Instituut in opdracht van het ministerie van Economische Zaken, november 2002
- *Building ARTEMIS – Report by the High-Level Group on Embedded Systems*, Office for Official Publications of the European Communities, 2004
- *The Internet of Things*, International Telecommunication Union, november 2005
- *Met vaste hand*, Nationale Onderzoeksagenda Informatie- en Communicatietechnologie (NOAG-ict) 2005-2010
- *PROGRESS white papers – embedded systems design, networks and connected systems, verification and validation, networks on chips*, Technologiestichting STW, 2006
- *Pieken in de Delta*, gebiedsgerichte Economische Perspectieven, ministerie van Economische Zaken, juli 2004
- *Strategie Maakindustrie Zuid-Nederland*, Berenschot, november 2003
- *Strategisch Plan 2005-2007*, Stichting voor Industriebeleid en Communicatie, januari 2005
- *Bachelor of ICT - Een competentiegerichte profielbeschrijving*, HBO-I stichting, december 2004
- *‘Hoe passen embedded systemen in de brede Bachelor of ICT?’*, S. van Loo, TINFON, 14e jaargang 2005, nr. 1, pag. 13 -15
- *Design en engineering van embedded systemen: het HBO heeft een inhaalslag te maken*, W.J. Hendriksen e.a., Automatiseringsgids, februari 2006
- *The KOALA component model for consumer electronics software*, R. van Ommering e.a., IEEE Computer, 33(3), 2000
- *The Art of Systems Architecting, Second Edition*, M.W. Maier en E. Reichtin, CRC, 2000
- *CAFCR: A Multi-view Method for Embedded Systems Architecting*, G.J. Muller, proefschrift, TU Delft, 2004
- *Pattern-Oriented Software Architecture , Volume 1: A System of Patterns*, F. Buschmann e.a., Wiley, 1996
- *Pattern-Oriented Software Architecture, Volume 2, Patterns for Concurrent and Networked Objects*, D. Schmidt e.a., Wiley, 2000
- *Real-Time Design Patterns: Robust Scalable Architecture for Real-Time Systems*, Bruce Powel Douglass, Addison-Wesley Professional, 2002
- *Vernieuwd convenant Lectoren en Kenniskringen in het hoger beroepsonderwijs*, Staatssecretaris van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap en HBO-raad, december 2004
- *How to survive a Robot Uprising*, D. H. Wilsen, Bloomsbury, 2005
- *Provocatief Adviseren, Organisaties mooier maken*, M. Weggeman, Scriptum, 2003
- *Inside the Tornado*, G. A. Moore, 1995