

Embedded Linux in het onderwijs

Ruud Ermers

Embedded Linux wordt bij steeds meer grote bedrijven ingevoerd als embedded operating system.

Binnen de opleiding Technische Informatica van Fontys Hogeschool ICT is Embedded Linux geïntroduceerd in samenwerking met het lectoraat Architectuur van Embedded Systemen. Embedded Linux is als vakgebied nieuw en nog sterk in beweging. Deze paletbijdrage beschrijft het proces van ontwikkeling en invoering van Embedded Linux in het onderwijs.

Hoe is het gebruik van open source en wat is de rol van docenten als coach en onderwijsontwikkelaar?

De opleiding Technische Informatica is onderdeel van Fontys Hogeschool ICT in Eindhoven en leidt studenten op voor het beroepenveld rondom embedded systemen en industriële automatisering. Embedded systemen zijn computersystemen en systeemjes die intelligentie toevoegen aan technologisch georiënteerde toepassingen. Denk hierbij aan een dvd-recorder, een i-phone of een home-automation oplossing. Ook een auto zit vol embedded systemen, zoals achteruitrijdsensoren en automatisch corrigerende systemen.

Opkomst van Embedded Linux

Binnen embedded systems wordt Embedded Linux steeds belangrijker. De grote spelers, zoals Philips, ASML en NXP, hebben dit al enkele jaren geleden ontdekt. Steeds meer raakten zij bekend in het spinnenweb van Microsoft, zowel kosten-technisch als technologisch. Hun time-to-market werd aanzienlijk korter, waardoor niet alle ontwikkeling meer in-house mogelijk waren. Zij zochten daarvoor naar uitwegen. Ook kleinere bedrijven schuiven steeds meer in de richting van Embedded Linux. De redenen zijn legio. Allereerst is Linux open source:

het is vrij verkrijgbaar, er is een grote community beschikbaar voor vragen en problemen en het is robuust, veel robuuster dan bijvoorbeeld Windows. Daarnaast kent Linux een zeer uitgebreide functionaliteit, waardoor allerlei ontwikkelingen mogelijk worden die voorheen niet of slechts met grote inspanning mogelijk waren. Embedded Linux is een variant die gericht is op het toepassen van Linux in kleine embedded systemen, waar heel andere eisen gesteld worden dan aan de desktopvariant.

Hoe zorg je ervoor dat deze kennis en de benodigde vaardigheden bij docenten landen en hoe draag je deze uit naar studenten? Binnen de opleiding Technische Informatica is daar de laatste jaren aan gewerkt in nauwe samenwerking met het lectoraat Architectuur van Embedded Systemen.

Introductie in het onderwijs

De docent-ontwikkelaars hadden bij aanvang van het project wel gewerkt met Linux, maar niet met Embedded Linux. Ze wisten echt niet waar ze moesten beginnen en waar het zou eindigen. Theoretische bagage volop, maar hoe zit het nu als je gevraagd wordt om daad-

werkelijk een embedded systeem te voorzien van Embedded Linux? Het ontbreken van een toolomgeving, zoals bijvoorbeeld Visual Studio of - meer voor embedded systemen - Keil maakt het behoorlijk ondoorzichtig. De komst van het lectoraat en de stimulans door de lectoren gaven de gelegenheid er eens goed in te duiken. Vanuit het lectoraat werd Embedded Linux als een van de speerpunten benoemd en dat is het nu nog steeds.

Waar te beginnen? Die vraag speelt bij veel nieuwe ict-ontwikkelingen en daaraan koppelt een docent direct een heleboel vervolgvragen. Is dit een blijvend onderwerp waar ik veel energie in moet steken of is het wellicht een hype? Open Source, dat is leuk, maar waar begint het en waar eindigt het? Wat zijn betrouwbare bronnen en wat niet, zeker als het nieuwe technologieën betreft? Welke didactische aanpak te kiezen?... Zelf een cursus opzetten? Vanuit een boek werken? Werken met informatie van het internet?

Uit bovenstaande vragen kunnen we vooral opmaken dat de rol van de docent steeds verandert en al veranderd is. Het onderwerp Embedded Linux is veel te groot om volledig onder de knie te krijgen. Daar komt bij dat het tempo van verandering enorm hoog is. Dit is iets wat we binnen ict-onderwijs steeds vaker zien en zullen zien.

Binnen het lectoraat Architectuur van Embedded Systemen is hierover uitvoerig gediscussieerd en dat leidde tot de volgende inzichten. De ontwikkeling kan niet alleen door docenten uitgevoerd worden. Alles zelf uitzoeken kost te veel tijd. Het is essentieel dat docenten *hands on* ervaring hebben met het onderwijs dat zij verzorgen. Boekenwijsheid en verouderde kennis moet zoveel mogelijk worden vermeden. Succesvol invoeren van een onderwerp als 'Embedded Linux' in het onderwijs kost eerst tijd voor onderwijsontwikkeling en invoering en vereist daarna nog tijd voor onderhoud en verdere ontwikkeling.

Keuzes

Het onderwerp Embedded Linux is veel te groot om volledig te doorgronden. De broncode voor de *kernel* alleen al bestaat uit ongeveer 20.000 files, met 2,5 miljoen regels code. Omdat Linux open source is, zijn er vele varianten mogelijk. Een keuze daaruit maken is moeilijk, omdat deze niet alleen afhangt van technologie, maar ook van de beschikbare community-ondersteuning. Dit laatste is vaak een zwak punt bij open source ontwikkeling. Elementen die een belangrijke rol spelen bij succesvol gebruik in het onderwijs zijn:

- inrichten van een Embedded Linux systeem
- opbouw van het gehele *unix build system*, voor de *kernel*, *libraries* en applicaties
- keuze van ontwikkeltools
- keuze uit distributies
- selecteren van programmeer- en ontwerp-omgevingen.

Aanpak

Om de ontwikkeling in korte tijd naar het onderwijs te brengen is gekozen voor een wijze van werken die steeds meer toegepast wordt bij onderwijsontwikkeling. Ga voorzichtig aan de slag met een groep ouderejaarsstudenten, zorg ervoor dat zij een uitdagende opdracht krijgen én zorg ervoor dat je stuurt naar datgene wat jij als docent beoogt. Het is essentieel hierbij ook bedrijven te benaderen, die enerzijds kunnen helpen - bijvoorbeeld als tool-leverancier of als 'partner in education' - en anderzijds een uitdagende case kunnen aanbieden. Ook een lectoraat kan die rol spelen. Zeker de eerste keer kan - en mag - de gekozen aanpak zeer breed verlopen, maar je leert er veel van, al is het soms datgene wat je niet wilt. In een vervolgfase kan de ontwikkeling uitgebreid worden met bijvoorbeeld een andere projectgroep of stagiairs en afstudeerders. Uit onze ervaring blijkt dat het belangrijk voor de docenten is om een goede mening te kunnen vormen, om te blijven sturen op de gewenste output - dat kan ook voorbereidend lesmateriaal zijn - en om te participeren in de ontwikkeling om zodoende meer *hands on* kennis te vergaren. Binnen Fontys Hogescholen wordt dit aangegeleid met 'the learning community' en we mogen constateren: het werkt.

Vooronderzoek

Een van de doelstellingen van een lectoraat is disseminatie naar het bedrijfsleven, maar zover was het lectoraat initieel nog lang niet.

Besloten werd om eerst kennis op te doen met studentwerkgroepen en dit op korte termijn terug te laten vloeien naar het onderwijs. De eerste periode bestond uit proberen en pionieren in projecten. De aanstelling van een projectgroep vierdejaarsstudenten markeerde een eerste begin. Zij zochten en onderzochten een geschikt embedded board en de bijbehorende software. De inhoudelijke begeleiding was erg beperkt, maar dat vormde voor de studenten juist een extra uitdaging. Een belangrijke hulpbron was en is uiteraard het internet. Goed gebruik daarvan maken is niet eenvoudig, zeker niet bij een onderwerp als Embedded Linux. Een tweede projectgroep had de opdracht op het gekozen board een *client/server picture-frame* te bouwen. Omdat het gekozen *development board* echt voor embedded toepassingen bedoeld was, miste het enkele multimedia-aspecten. Daarom is ook gewerkt met een op ARM gebaseerde bestaande multimedia-viewer, de Linksys WM-11B.

'Lessons learned' uit de vooronderzoeksfase

Toen er in het begin nog veel onbekendheid met het onderwerp was, is snel gekozen voor obscure oplossingen, gemaakt door individuen of hele kleine groepen. Dit leidt tot snel resultaat, maar is vaak eenmalig en niet uitbreidbaar naar algemene kennisopbouw. Nu kijken we veel meer naar de grote(re) bedrijven om ons heen om te zien welke ontwikkelingen de meest belangrijke zijn. Omdat we ook voor het MKB betaalbare oplossingen willen aandragen, houden we het bij open source oplossingen. Informatie over Embedded Linux staat op zeer veel plaatsen op internet. Er zijn weinig officiële startpunten en een aantal jaren geleden was de beschikbare documentatie zeer karig. Programmeren is immers leuker dan documenteren en er zijn te veel initiatieven. Dit is een bekend probleem binnen Linux en wellicht open source in het algemeen. Zeker voor beginners is niet meteen duidelijk welke paden de juiste zijn om te bewandelen. Het bestuderen van commerciële toolsets, zoals van Windriver en Montavista, kan hierbij helpen. Op onze wiki houden we de belangrijkste documentatieprojecten bij. In het kader van het nieuwe subsidietraject zal dat een speerpunt worden. Een fout die we gemaakt hebben is dat we in eerste instantie probeerden bestaande devices, zoals een router, tomtom of Archos mediaplayer, te voorzien van alter-

natieve distributies en daaruit verder te ontwikkelen. Te vaak betekende dit dat er veel moeite gestoken werd in het 'temmen' van het apparaat in plaats van zelf het voortouw nemen. Dit hebben we opgelost door een aantal standaard kits en *development boards* aan te schaffen. Op dit moment is het onderwijs en de ontwikkeling gebaseerd op twee x86 omgevingen en een TI-OMAP ARM9 development board. Hiermee kunnen we een groot aantal verschillende soorten applicaties bouwen, zoals bijvoorbeeld client/server multimedia-systemen, remote controls, motorbesturingen, enzovoort.

Onderwijsontwikkeling

Na deze eerste ontwikkelingsstappen is vanuit het lectoraat een onderzoeksplan opgesteld. Daarin zijn speerpunten benoemd, enerzijds afkomstig uit het bedrijfsleven en anderzijds gericht op structurele ontwikkeling, geschikt voor onderwijs. In voorjaar 2006 heeft een aantal stagiairs en afstudeerders daaraan gewerkt. Het ging hierbij met name over onderwerpen zoals realtime, het inrichten van een uitgebreide ontwikkelomgeving, 'Linux from Scratch' en het toepassen van (commerciële en niet-commerciële) toolsets. Alle ontwikkelingen waren gekoppeld aan attractieve cases, zoals bijvoorbeeld de Aibo-hondjes van Sony en een multimedia-wand bestaande uit negen schermen. Van alle afstudeerders werd geëist dat zij een 4D-document (doe-dit-doe-dat) opleverden, dat inzetbaar was voor het onderwijs. Resultaten hiervan staan op de website van het lectoraat. Veel van deze materialen worden als referentiemateriaal gebruikt bij een aantal onderwijsseenheden binnen Technische Informatica, startend in het zesde kwartaal en de minor Embedded Systems. De docent/coach moet de drie punten toepassen, zoals hierboven beschreven bij de gekozen aanpak: mening vormen, sturen, participeren. Zo wordt het mogelijk inhoudelijke kennis op te doen en dit te combineren met praktische vaardigheden. Binnen het lectoraat werd hier extra ruimte voor vrijgemaakt. Dit kan natuurlijk ook vanuit andere scholingsbudgetten gefaciliteerd worden, maar feit is dat tijd essentieel is voor een succesvolle inbedding. De docenten hebben op deze wijze zes workshops gerealiseerd die gebruikt worden in de eindfase van de opleiding Technische Informatica. Deze workshops zijn ook geschikt voor zelfstudie en als cursusmateriaal. Belangrijke didactische uitgangspunten hierbij waren:

Urfs

Ontwikkeling van Embedded Linux:
www.fontys.nl/embeddedsystems/embeddedlinux.
Wiki-site van het lectoraat embedded systemen:
www.fontys.nl/embeddedsystems/wiki.
Voor informatie over de Partners in Education van Fontys Hogeschool ICT: <http://fhict.fontys.nl/PIE>.
Voor informatie over de RAAK-subsidies:
www.innovatie-alliantie.nl.
Filmpje van de hovercraft-race:
<http://fhict.fontys.nl/hovercraft/hovercraft.mpg>.

Auteur

Dr. Ruud J.P.M. Ermers is docent en curriculumcoördinator Technische Informatica aan Fontys Hogeschool ICT, profiel ICT & Technology, en lid van de kenniskring Architectuur van Embedded Systemen.
E-mail: r.ermers@fontys.nl.

- geef de lezer houvast door met name de eerste stappen letterlijk uit te werken.
- zorg voor een serie opdrachten waarbij de eerste zorgt voor extra houvast en waarbij de volgende steeds opener gedefinieerd zijn.
- leg niet precies vast wat er geëist wordt binnen een opdracht, maar laat de student naar eigen kunnen werken.

Deze workshops worden gecombineerd met andere onderwijsseenheden binnen het curriculum, waarbij studenten het geleerde direct kunnen toepassen in bijvoorbeeld een ontwerp-course of een embedded-case.

Een nadeel van Linux blijft dat er heel veel feiten zijn die je moet weten. Dit heeft een probleem bij uitvoering, zeker als de docent niet op ieder moment beschikbaar is en ook niet alles weet.

Disseminatie

In voorjaar 2007 is een subsidieaanvraag (RAAK-light) geschreven waarin het lectoraat aangeeft de ontwikkelde technieken te willen dragen naar het MKB. RAAK staat voor Regionale Aandacht en Actie voor Kenniscirculatie en is een regeling van het ministerie van OCW. Deze aanvraag werd gehonoreerd en zodoende kon het lectoraat zijn kennis toetsen aan de wensen van het MKB. Dat viel mee en dat viel tegen. Het lectoraat bleek genoeg inhoudelijke kennis te hebben opgebouwd om een ontwikkeling met Embedded Linux uit te kunnen voeren. De samenwerking met experts van Montavista toonde het bedrijfsleven wat met Embedded Linux mogelijk is. Aan de hand van een 'hovercraft'-case, uitgevoerd door vierde-

jaarsstudenten (gesteund door twee coaches én het nodige lesmateriaal) werd een veelvoud van periferie getoond, van scratch gebouwd op een ARM-9 platform, met onder andere Ethernet-aansluiting, Wifi, USB, I2C en GPIO. Ook werd een motorsturing voor zowel de propellers als de opwaartse lift gerealiseerd.

Wat (nog) tegenviel waren de adaptiemogelijkheden door het MKB. Bedrijven zien zeker mogelijkheden, maar durven nog niet direct zelf aan de slag te gaan.

De 'light' aanvraag krijgt de komende tijd een vervolg met een RAAK-MKB subsidie. Het lectoraat heeft zich ook doel gesteld Embedded Linux zodanig te beschrijven en uit te werken dat het voor MKB-bedrijven veel makkelijker wordt om zelf een onderdeel te vullen over geschiktheid voor ontwikkeling. In samenwerking met zo'n tien bedrijven en de 'Partners in Education' van Fontys Hogeschool ICT hoopt het lectoraat een platform te realiseren dat deze ontwikkeling mogelijk maakt. De vorderingen kunt u volgen via de website. Bedrijven en instellingen die willen participeren zijn van harte welkom.

Samengevat

Het invoeren van nieuwe technologieën binnen het ict-onderwijs verloopt niet altijd via dezelfde weg, maar in het geval van Embedded Linux bleek de aanpak volgens 'the learning community' een succesvolle te zijn. Studenten, docenten en lectoraten werken hierbij samen aan attractieve cases. Daarbij nemen docenten de rol van stuurder en participant en vormen zij een mening bij

dens de uitvoering en dus gebaseerd op de praktijk. Die mening kan vervolgens uitgewerkt worden in een duidelijke onderwijsvisie en verwerving van praktische vaardigheden, wat vooral door techniekstudenten zeer op prijs gesteld wordt. De rol van een lectoraat of bedrijf is zeker bij omvangrijke onderwerpen essentieel als ondersteuner, zowel technisch inhoudelijk als faciliterend in tijd en geld. Het MKB toont interesse in de ontwikkelingen en ziet duidelijk kansen om Embedded Linux in zijn producten te integreren.

De ontwikkelingen op het gebied van Embedded Linux hebben binnen de opleiding Technische Informatica hun weerslag gehad. In het curriculum wordt uitgebreid aandacht besteed aan dit onderwerp.



De Hovercraft-case