

Modelgebaseerd ontwikkelen in het mkb

Hogeschool Arnhem Nijmegen heeft een modelgebaseerde ontwikkelaanpak opgezet voor het mkb. Verschillende bedrijven hebben de methode al in de praktijk toegepast in een proefproject. Twee gebruikers vertellen over hun ervaringen.

Jan Benders
Cock Heemskerk
Rik de Zaaijer

▲ HIT gebruikte de modelgebaseerde designaanpak van Han voor de ontwikkeling van een haptische robotarm.

Bij de ontwikkeling van complexe systemen is het erg tijdrovend om conventionele ontwikkelmethodieken te gebruiken. Bovendien kan pas bij het eerste prototype echt worden getest of het systeem goed werkt. Modelgebaseerd design (MBD) biedt hier uitkomst. Met MBD wordt vroeg in het ontwikkeltraject een model van het systeem opgebouwd. Dat systeemmodel kan worden gebruikt om bijvoorbeeld haalbaarheid of prestaties te onderzoeken. Deze ontwikkelaanpak heeft het voordeel dat er in een vroeg stadium al veel informatie beschikbaar komt over een systeem dat nog niet fysiek bestaat.

In vergelijking met de conventionele ontwikkelmethodes biedt MBD nog meer voordelen. Doorgaans wordt er aan het einde van de ontwikkelcyclus, tijdens het testen en optimaliseren, veel geld besteed om het product te laten voldoen aan alle eisen. Door aan het begin van het proces energie te steken in MBD kan er in een latere fase juist geld worden bespaard omdat veel risico's al zijn geïdentificeerd.

In dit artikel wordt aan de hand van twee concrete voorbeelden geïllustreerd hoe MBD in de praktijk wordt ingezet. In beide projecten is gewerkt met een MBD-methodiek die werd ondersteund vanuit het Raak-mkb-project Fast & Curious (zie

kader) van de Hogeschool van Arnhem en Nijmegen (Han). De koppeling van F&C met MBD levert nog meer voordeel op doordat bij de start van de ontwikkeling direct kan worden begonnen met het ontwerpen en optimaliseren van een regeling voor het systeem. Deze regeling is dan met behulp van de F&C-tooling weg te schrijven naar een specifiek target.

Meestergrijper

Het eerste project draaide bij Heemskerk Innovative Technology (HIT) uit Sassenheim en gaat om de ontwikkeling van embedded controllers voor het besturen van robots. Als eenvoudig voorbeeld presenteren we hier de Robot Master Gripper die onderdeel is van een keten gereedschappen waarmee HIT onderhoudsanalyses maakt, bijvoorbeeld voor de nucleaire industrie. Daar impliceert een hoog stralingsniveau dat sommige onderhoudswerkzaamheden met op afstand bestuurd robots moeten gebeuren.

HIT analyseert de onderhoudstaken met een Interactive Task Simulator (ITS). Die simuleert realtime de hijskranen, de robots en de contactinteractie met de omgeving. Gebruikers besturen de simulatie interactief met masterrobots, inclusief krachtterugkoppeling uit de gesimuleerde omgeving. Hieruit volgen aanbevelingen voor

het aanpassen van het ontwerp, de hulpgereedschappen en de procedures.

De huidige masterrobot heeft een binair grijperinterface: een drukknop boven op de joystick van de Haption Virtuouse 6D35-45-masterrobotarm geeft aan of de grijper open of dicht staat. Dit hard open- of dichtzetten van de grijper geeft regelmatig problemen bij het oppakken, bijvoorbeeld als deze niet perfect om het object sluit. De nieuwe Master Gripper geeft een extra vrijheidsgraad in de besturing en kan tevens krachten terugkoppelen. De gripper wordt via een embedded controller aan de masterarm gekoppeld.

Als embedded controllerhardware voor de Master Gripper is gekozen voor de STM32-E407-mcu. Uitdagingen bij de ontwikkeling van de besturing zijn stabiliteit, het onderdrukken van jitter en het verbeteren van de *round-trip timing* (RTT).

De Master Gripper heeft twee hoofdfuncties: de eerste is de vingerpositiesensor die de door de operator ingegeven stand van de vingers meet en doorgeeft aan de slave als de gewenste positie. Als er aan de zijde van die slave geen contact is, dan is het doel om de slave-gripper zo goed mogelijk de meester te laten volgen. Hierbij willen we de operator zo weinig mogelijk stoorkrachten opleggen, dus moet de Master Gripper licht zijn en soepel bewegen.

De besturing is hiertoe onder meer uitgebreid met frictiecompensatie. Ook moet de regelaar van de Master Gripper zo weinig mogelijk vertraging introduceren bij het doorgeven van de gewenste positie. Het gewicht van de Master Gripper wordt gecompenseerd in de masterarm.

De tweede hoofdfunctie is het afbeelden van de interactiekrachten met de omgeving. Op het moment dat de slave-gripper een object vastpakt, moet de Master Gripper de stijfheid van het object zo goed mogelijk afbeelden naar de operator. Een extreem geval is het oppakken van een metalen object. In dit geval is er een scherpe overgang van vrij bewegen van de slave-vingers naar een hard en stijf contact. Deze overgang mag geen instabiliteit triggeren. Complicerende factor hierbij is dat de Master Gripper deel is van een complexe keten, met daarin diverse regelaars: de menselijke operator die door harder of zachter knijpen zijn intentie duidelijk wil maken, de regeling van de Master Gripper zelf en de communicatie met de slave en weer terug (met

daarin mogelijk vertraging, jitter, verlies van data en de regelaar van de gripper en de robot aan de slave-zijde). In de gegrepen situatie moet de Master Gripper de (hoge) stijfheid van het object goed weergeven.

De gripperbesturing is relatief simpel (slechts één actieve vrijheidsgraad, relatief simpele regeling). Toch heeft HIT ervoor gekozen deze modelgebaseerd te ontwikkelen, om hier alvast ervaring mee op te doen voor een veel complexer vervolproject: een embedded controller voor een nieuw masterrobotsysteem met acht gekoppelde vrijheidsgraden. De grafische front-end van de F&C-aanpak helpt ook in interdisciplinaire ontwikkeling: goed gestructureerde regelschema's in Matlab/Simulink en interactieve ontwikkeling helpen in de onderlinge communicatie tussen regeltechnici, software- en hardwareontwikkelaars, en de snelle ontwikkeltestcyclus verhoogt het rendement van de ontwikkeling.

Wat zijn de ervaringen met de ontwikkelomgeving en aanpak? Om te beginnen,

hebben we de eerste iteratie in simulatie gedaan. Bij de start van het project was er nog geen target en geen gripperhardware om mee te testen. Het hele systeem (controller, gripper en hostinteractie) hebben we in Simulink gezet. Dit leverde direct goede discussie in het ontwerp-team (hoe en tot welk niveau van detail ontwikkel je modellen?).

Ten tweede: onderschat hardware- en software-integratie niet. Het heeft even geduurd voordat we echt aan modelgebaseerd ontwikkelen toekwamen. Allerlei praktische hardware- en software-integratieproblemen hebben relatief veel tijd gekost, bijvoorbeeld het werkend krijgen van de UDP-ethernetcommunicatie tussen host en mcu.

De eerste ervaringen met betrekking tot de Han-tooling zijn positief. Het was prettig om te werken in een community met gelijkgestemde ontwikkelaars, met een centraal aanspreekpunt en klantgerichte ontwikkeling. De echte toegevoegde waarde van de tooling begint pas recentelijk

Donderdag 16 april

Seminar

Smart Embedded Systems

Met sprekers van TU-Delft, Lely, Fox-IT en ALTEN.

Deelname is kosteloos, inclusief netwerkdiner.

Voor programma en inschrijven
www.alten.nl/smart

You.
Ambition.
We Value | Technology. <<
People.
Innovation.
Knowledge.



ALTEN is werkzaam op gebied van technische software ontwikkeling, mechatronica en robotica.

TECHNOLOGY CONSULTING & ENGINEERING

LOCATIE
Dordrecht



▲ De hardware die actief bewegende lading tegengaat, zit in de rvs kist in het midden achter op de trailer.

echt uit de verf te komen, bij het maken van snelle iteraties tussen testen, *on the fly* aanpassen van settings, invoeren van ontwerpupdates en opnieuw testen.

Nu willen de ontwikkelaars de integratie van hardware en software met de Haption-masterarm afronden. Daarna volgen de gebruikerstests middels een gesimuleerde pak-en-plaatstaak. En vervolgens zullen we de aanpak toepassen op de ontwikkeling van een embedded controller voor een nieuwe masterrobot met acht vrijheidsgraden.

Stabiele lading

De F&C-methode is ook succesvol toegepast bij twee projecten van VSE, een Veenendaalse innovator in de transportsector. Een van die projecten is de ontwikkeling van actieve rolstabilisatie op een voertuig, in dit geval op de test-trailer van VSE. Door een verlaagde basisstabiliteit te combineren met actieve rolhoekregeling kan naar behoefte de rolstabiliteit worden aangepast. Dat geeft allerlei nieuwe mogelijkheden met een voertuig. Het maakt het bijvoorbeeld mogelijk om de laadvloer van de trailer precies vlak te houden bij een oneffen ondergrond. Ook wordt het mogelijk om de trailer in een bocht zodanig mee te laten hellen dat de lading geen zijdelingse krachten ondervindt, waardoor deze niet gaat schuiven.

De actieve rolstabilisatie is gerealiseerd door in het hydraulisch veersysteem een pompunit tussen de gescheiden circuits van de linker- en rechterzijde te monteren waardoor er olie van de linker- naar de rechterkant kan worden gepompt en vice versa. Hierdoor kan het rollen van het veersysteem actief worden geregeld.

Door een regeling te maken die een gewenste rolhoek vergelijkt met de actu-

ele rolhoek van het veersysteem kan de pompunit worden aangestuurd om de rolhoek te regelen. De input voor de regeling komt van de al aanwezige sensoren in de VSE-systemen op de trailer zoals een waterpassensor, rijkhoogtesensoren per voertuigzijde, de stuurhoek tussen trekker en trailer en de gereden snelheid.

Van de VSE-testtrailer en de pompunit zijn modellen gemaakt die afzonderlijk zijn

gevalideerd. Deze modellen zijn aan elkaar gekoppeld in Matlab/Simulink en via de F&C-aanpak is er een regeling voor het systeem ontworpen. Door de regeling met de F&C-tooling te compileren naar een specifieke *electronic control unit* is het gelukt om de testtrailer binnen korte tijd om te bouwen en operationeel te krijgen.

Tijdens het opbouwen en testen van het systeem op de trailer bleek dat de regeling snel en eenvoudig kon worden aangepast. Tijdens tests wijzigen van een parameter leidde direct tot verandering in het voertuiggedrag. De Hantune-software bleek veelzijdig, het loggen van meetdata is met een simpele muisklik onder handbereik. Voor VSE heeft de modelgebaseerde F&C-aanpak duidelijk een meerwaarde voor het ontwikkelproces en deze zal daarom zeker vaker worden toegepast.

Jan Benders is senior lecturer op de Han, Cock Heemskerk is directeur van HIT en Rik de Zaaijer is technische directeur van VSE.

Redactie Alexander Pil

Fast & Curious

Heemskerk Innovation Technologies en Vehicle Systems Engineering zijn beide partner van het Fast & Curious-project. Fast & Curious is een Raak-mkb-project, gesubsidieerd door de SIA. Het richt zich op modelgebaseerde ontwikkeling van regelsystemen in automotive- en industriële toepassingen. Han Automotive is hierbij de initiatiefnemer en penvoerder. In het kader van dit project werkt het aan het automatische codegeneratieoplossingen voor Rapid Control Prototyping (RCP). Dat is de technologie waarmee een regelalgoritme vanuit een simulatieomgeving direct kan worden omgezet in een draaiend algoritme op een realtime stuurcomputer. In dit geval is Matlab/Simulink de gebruikte simulatieomgeving.

Fast & Curious probeert de drempel voor gebruik van modelgebaseerde ontwikkelmethodes te verlagen voor mkbers. Enerzijds gebeurt dit via de goedkope tools die nu beschikbaar zijn. Anderzijds vormt de partnerkring een groeiende community waarin ervaringen en kennis worden gedeeld. De tools betreffen Hancoder en Hantune. Hancoder is een bibliotheek van embedded targets waarmee automatisch code wordt gegenereerd voor diverse hardwareplatforms. Dit zijn diverse soorten automotive-ecu's (*electronic control units*) en simpele ontwikkelborden met STM32-microcontrollers. Hantune is een Java-programma dat als realtime dashboard dient voor de ontwikkelde regelingen, enigszins vergelijkbaar met Scada-software.

Via Fast & Curious zijn intussen een flink aantal partijen aan de slag met modelgebaseerde ontwikkeling. Naast HIT en VSL zijn dat onder meer Brace Automotive, Fontys, H2Consultancy, Hyet, Inalfa Roof Systems, Karel de Grote Hogeschool, Terberg Benschop en Punch Powertrain. Binnen de Han zelf zijn de modelgebaseerde ontwikkelingsfilosofie en de tools intussen gemeengoed in de opleidingen elektrotechniek en autotechniek. Een opvolger voor het Fast & Curious-project is er al: het Raak-mkb-project Smartcode, waarin de focus verschuift van prototyping naar modelgebaseerde ontwikkeling van serieproducten.