

Wanneer het water tot aan

Overstromingsbeheersing met behulp van Mode



Na een opleiding tot burgerlijk ingenieur in de computerwetenschappen voerde Toni Barjas zijn doctoraatsonderzoek uit onder supervisie van professor Bart De Moor van het Departement Elektrotechniek en professor Jean Berlamont van het Departement Burgerlijke Bouwkunde. Dagelijkse begeleiding werd verzorgd door professor Patrick Willems, ook van het Departement Burgerlijke Bouwkunde. Het onderzoek werd grotendeels gefinancierd door de Vlaamse Milieumaatschappij. Nu werkt Toni bij Assign ICT consultants in Genk aan een project voor ASML in Eindhoven.

Kurt Driessens

Het Demerbekken kampt tijdens periodes van zware neerslag geregeld met overstromingen. Om de overstromingsschade te beperken werd het bekken uitgebreid met wachtbekkens en hydraulische kleppen. De vulling en lediging van deze wachtbekkens alsook de aansturing van de hydraulische kleppen kunnen efficiënter gebeuren met behulp van een MPC (model predictive controller)-regelaar.

De rivieren in het Demerbekken worden beheerd door de Vlaamse Milieu Maatschappij (VMM). Tijdens periodes van gematigde neerslag heeft de VMM als doel het waterniveau van een aantal rivieren in het bekken zo dicht mogelijk bij een gewenst referentieniveau te brengen. Tijdens hevige neerslagperiodes wijzigt het doel en tracht men eventuele overstromingsschade te beperken door het overtollige water te bergen in de wachtbekkens. Het beperken van de overstromingsschade is een zeer complex probleem. De aanwezige buffercapaciteit moet op een zo efficiënt mogelijke manier gebruikt worden. Als de wachtbekkens te vroeg

gevuld worden, dan kan het gebeuren dat er onvoldoende capaciteit voorhanden is om nog overtollig water op te vangen. Worden de wachtbekkens te laat gevuld, dan kan het overtollige water niet meer op tijd gebufferd worden waardoor de aanwezige buffercapaciteit van de wachtbekkens niet volledig gebruikt wordt. Een extra complicatie treedt op als er zoveel neerslag valt dat overstromingen onvermijdelijk zijn. In dat geval moet er bepaald worden welke gebieden men best kan laten overstromen om de uiteindelijke overstromingsschade tot een minimum te beperken. Dit complex probleem wordt momenteel aangepakt op basis van heuristische regels opgesteld door ervaren operatoren van de VMM. Een betere oplossing kun je echter verkrijgen met behulp van een MPC-regelaar.

Een MPC-regelaar is een geavanceerd controlesysteem dat zijn intrede maakte in de jaren '80, met name in de procesindustrie. Deze regelaar baseert zich op een dynamisch model van het te regelen proces. Dit dynamisch model wordt door de MPC-regelaar gebruikt om voorspellingen te maken van de evolutie van het proces en de uitvoer die daarmee gepaard gaat en dit voor een vooraf vastgelegd tijdsvenster (moving horizon estimation of MHE). Rekening houdend met deze voorspellingen wordt online een sequentie van controlesignalen berekend waarvoor

de lippen komt

Predictive Control

een gekozen kostenfunctie geminimaliseerd wordt. De controlesignalen uit deze sequentie die overeenkomen met de huidige tijdstap worden aan het systeem aangelegd. In de volgende tijdstap wordt op basis van nieuwe metingen de nieuwe toestand van het systeem geschat, meestal ook aan de hand van een model van het te controleren systeem. Deze schatting van de nieuwe toestand wordt dan opnieuw gebruikt om nieuwe voorspellingen te maken en de optimalisatieprocedure te herhalen. Een MPC-regelaar heeft een groot aantal voordelen die hem uiterst geschikt maken om aan overstromingsbeheersing van rivieren te doen. Doordat de regelaar op basis van een onderliggend riviermodel een voorspelling maakt van de waterhoogtes in het systeem, kan hij rekening houden met neerslagvoorspellingen. De regelaar lost het optimalisatieprobleem ook op voor het hele tijdsvenster waardoor je niet alleen ogenblikkelijke optimale klepstanden verkrijgt, maar ook rekening kunt houden met beperkingen op klepstanden (uiterste klepstanden, maximale klepverandering per uur) en waterstanden (overstromingsdrempels). Bovendien is een riviersysteem een MIMO (multiple-input-and-multiple-output) systeem met complexe interacties tussen de verschillende toestanden van het systeem en, in tegenstelling tot meer traditionele regeltechnieken, kan een MPC-regelaar eenvoudig omgaan met zulke systemen.

Vooraleer een MPC-regelaar kan worden opgesteld, moet een model van het beschouwde riviersysteem bepaald worden. De VMM beschikt over een nauwkeurig eindig differentieelmodel. Dit model wordt momenteel gebruikt om de waterstanden van de rivieren in het Demerbekken te voorspellen met als hoofddoel te waarschuwen voor aankomende wateroverlast (zie ook www.overstromingsvoorspeller.be). Dit model, dat gebruikmaakt van methodes uit de numerieke wiskunde om de partiële differentiaalvergelijkingen op te lossen, kan echter niet gebruikt worden voor regeltechnische toepassingen wegens een te grote rekencomplexiteit. Daarom werd in samenwerking met het Hydraulisch Laboratorium van de K.U.Leuven een vereenvoudigd niet-lineair model opgesteld dat de rivierdynamica in het Demerbekken benadert. Simulaties op basis van historische neerslaggegevens tonen aan dat dit computationeel eenvoudigere model toch voldoende nauwkeurig is om gebruikt te worden voor regeltechnische toepassingen. Vervolgens werd een niet-lineaire MPC-regelaar opgesteld en werd deze gecombineerd met de nieuwe MHE-toestandsschatter. Simulaties met dit nieuwe regelsysteem tonen aan dat de overstromingsschade beduidend lager ligt dan in simulaties met het huidige regelsysteem. Zelfs wanneer een realistische hoeveelheid onzekerheid op de neerslagvoorspellingen wordt verondersteld, zijn de prestaties van het nieuwe regelsysteem beduidend beter.

Dit onderzoek wordt in de komende jaren verdergezet met als uiteindelijke doel een praktische implementatie ervan in het Demerbekken.

Toni Barjas

