

Slimme verwarmingsregeling door aanleren gebruikersgedrag

21 augustus 2015, 02:00

Gert Heirman

Slimme thermostaten kunnen geplaatst worden in woningen zonder thermostaat of in woningen met een klassieke klokthermostaat, om het gedrag te verbeteren. Het doel van zo'n slimme thermostaat is om te komen tot een verwarming die de ideale balans vindt tussen thermisch comfort en energieverbruik, en dit doet zonder uitgebreide programmering. In dit tweede artikel over slimme thermostaten wordt een methode besproken om een voorspellend model voor het gedrag en de voorkeuren van de gebruikers aan te leren op basis van een beperkt aantal interacties met de gebruikers.

Zoals besproken in het vorige artikel '[Slimme zonale verwarmingsregeling door gebruikmaking van Model-Predictieve Controle](#)', wordt voor de verwarming van woningen vaak een klokthermostaat gebruikt. Een dergelijke thermostaat krijgt dan een referentietemperatuur ingesteld, gedefinieerd als de gewenste temperatuur tijdens verschillende periodes van de dag. Dit zorgt er vervolgens voor dat de verwarming geregeld wordt, zodat de temperatuur in de kamer overeenkomt met deze referentietemperatuur. In het vorige artikel werd model-predictieve controle (MPC) besproken als een techniek om dit te realiseren, vertrekkend van een referentietemperatuur. Hoe deze referentie moet bepaald worden, werd echter niet behandeld, maar dit is evenzeer een groot probleem. In praktijk wordt deze namelijk vaak conservatief gekozen, om er zeker van te zijn dat de woning opgewarmd is wanneer nodig, vaak ten koste van onnodig energieverbruik. Een ander veelvoorkomend probleem is dat deze referentie eenmalig ingesteld wordt tijdens de installatie en niet meer aangepast wordt aan de veranderende aanwezigheidspatronen van de bewoners.

In klassieke (klok)thermostaatsystemen is dit veelal de regel: op basis van aanwezigheid (bijv. in residentiële gebouwen wordt de verwarming in gereduceerde werking ingesteld tijdens de nacht en werkuren, terwijl tijdens weekends de hele dag door verwarmd wordt) en temperatuurvraag (bijv. 21° C overdag, 15° C wanneer de gebruikers niet thuis zijn of slapen) van de gebruikers wordt eenmalig een instelling van het regelsysteem gedaan. Maar zulke historische data is niet altijd beschikbaar en de gedragingen van gebruikers kunnen veranderen in de tijd (bijv. nieuwe werkuren, waardoor de aanwezigheid thuis/werk verschuift). Indien dergelijke gebruikersprofielen periodisch zijn, kan een zelflerend systeem dat zich aanpast aan de behoeftes van de gebruikers een significante energiewinst opleveren.

Lerende techniek

In het kader van het project PERPETUAL, een samenwerking tussen KU Leuven (Centrum Industrieel Beleid), Flanders Make en VUB (Artificial Intelligence Lab), werd daarom een lerende techniek ontwikkeld die deze taak op zich neemt.

De voorgestelde methodiek veronderstelt dat de a priori gegeven referenties van de kalibratie niet juist zijn of zullen blijven, en probeert de juiste waardes te leren op basis van interacties met de gebruiker. Het idee hierbij is dat telkens de gebruiker een andere temperatuur wenst dan de gerealiseerde, hij deze gewenste waarde aanduidt op de thermostaat. Het is uiteraard ongewenst dat hij dit vaak moet doen, want telkens dit gebeurt, betekent dit dat hij het als gebruiker te warm of te koud heeft. Het doel van de slimme, zelflerende thermostaat is daarom tweezijdig: enerzijds het laag houden van de interacties met de gebruiker, maar anderzijds wel het minimaliseren van de verbruikte energie.

De moeilijkheid hierbij is dat een hoog comfort van de gebruiker gepaard gaat met een temperatuur die hoog genoeg is, terwijl voor een lage consumptie dan weer een lage temperatuur ideaal is. Deze conflicterende doelstellingen vragen dus om een trade-off, waarbij de gebruiker slechts zelden gestoord wordt door een te lage temperatuur, maar waarbij de temperatuur wel zo laag mogelijk is om op energie te kunnen besparen. Hiervoor wordt een aanpak gebruikt vanuit het gebied van compressive sensing, een veld waarbij getracht wordt om vanuit een beperkte set metingen toch zoveel mogelijk informatie te extraheren of reconstrueren.

Slimme thermostaat leert zelf gebruiksprofielen aan

Om te illustreren hoe de slimme thermostaat werkt, gebruiken we een schematisch voorbeeld dat terug te vinden is in onderstaande figuren. Om dit voorbeeld zo algemeen mogelijk te houden, wordt er van uitgegaan dat er geen historische informatie is (geen ingesteld gebruiksprofiel), maar de gebruikte algoritmes kunnen ook vertrekken van zulke ingestelde informatie om het profiel bij te stellen.

Indien de gebruiker het te koud heeft, zal hij zijn gewenste temperatuur ingeven op de thermostaat en die informatie zal het lerende algoritme gebruiken om een profiel voor de gewenste temperatuur te schatten. Na een tijdje bekomen we dan de situatie zoals in onderstaande figuur, waar er reeds een aantal interacties zijn geweest, en een profiel geschat is dat tijdens sommige periodes in de buurt van de ideale temperatuur van de gebruiker ligt, maar tijdens andere periodes veel lager. Dit is bekomen door een trade-off te zoeken tussen thermisch comfort en verbruikte energie. Dit leidt ertoe dat, wanneer er reeds interacties geweest zijn en de gewenste temperatuur duidelijk is, het geschatte profiel niet veel afwijkt van het gewenste profiel. Wanneer er geen of weinig interacties geweest zijn en de gewenste temperatuur dus niet duidelijk is, dan worden energiezuinige oplossingen verkozen. Dit is duidelijk te zien in bovenstaande figuur, waar in het begin van de dag geen interactie is geweest met de gebruiker en er daarom een energiezuinige oplossing verkozen wordt. Wanneer de gebruiker de volgende dag zijn voorkeurstemperatuur ingeeft, zal het profiel bijgesteld worden, zoals te zien is op onderstaande figuur.

Het basialgoritme bevat in de praktijk nog verschillende aanpassingen om de bruikbaarheid te verhogen. Om met veranderende gebruiksprofielen om te gaan, bijvoorbeeld wanneer de gebruiker plots om 19:00 uur thuiskomt in plaats van om 18:00 uur, worden interacties die langer geleden gebeurd zijn een lager gewicht toebedeeld in het schatten van het profiel. Hierdoor kan de methode leren om de temperatuur te laten zakken voor 19:00 uur, om een energiezuinige oplossing te vinden zonder aan comfort te verliezen.

Er zijn daarnaast verschillende andere uitbreidingen mogelijk:

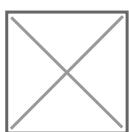
- Men kan het algoritme aanpassen om meer of minder interacties toe te laten, wat overeenkomt met een verschuiving van de trade-off tussen comfort (hoge temperatuur) en

laag energieverbruik (lage temperatuur), dit kan ook geïmplementeerd worden als een setting voor de gebruiker.

- Men kan historische informatie gebruiken om een initieel profiel op te stellen, waardoor voor het leren reeds een redelijk profiel als startpunt beschikbaar is en er bijgevolg minder interacties zullen nodig zijn om tot het juiste profiel te komen.
- Bijkomende sensorinformatie kan gebruikt worden om het aantal interacties te beperken of eventueel te vervangen. Men kan er hier ook denken om de thermostaat te linken aan een outlook-kalender, om zodoende informatie te bekomen over de aan- en afwezigheid van de gebruikers.



(a)



(b)

Gebruiksprofielen: (a) schematisch voorbeeld van zelflerend algoritme voor het schatten van gebruiksprofielen na vier interacties op dag 1, (b) bijgesteld profiel na extra gebruikersinteractie op dag 2

Simulatiespelen aanleren gebruiksprofielen

Om dit concept te verduidelijken werd er binnen het framework van het PERPETUAL-project een interactief spel gecreëerd waarin de gebruiker manueel een ongekend profiel probeert te schatten op basis van gebruiksinteracties. Het doel is om op het einde van het spel de laagste score te behalen. Deze score is samengesteld uit het energieverbruik, en een 'penalty' die uitdrukt hoeveel maal de gebruiker heeft moeten ingrijpen (aantal interacties), wat een maat geeft voor het thermische ongemak dat de gebruiker ondervindt. Deze twee worden opgeteld, en het is aan de speler om ervoor te zorgen dat een goed compromis gevonden wordt tussen beiden. (Twee zulke simulatiespelen werden reeds voorgesteld in het voorgaande Techniline-artikel over controle.) Het derde spel gaat over het zelflerend aspect van de thermostaat. De spellen kunnen gevonden worden op de website van het [PERPETUAL-project](#).

Bredere toepasbaarheid van de methodologie

Het gebruik van het voorgestelde algoritme uit het gebied van compressive sensing is niet alleen van toepassing op het voorbeeld van de slimme thermostaat. Het kennen van gebruiksprofielen kan in verschillende toepassingen leiden tot significante verminderingen van het energieverbruik van een verscheidenheid aan apparaten. Men kan hier bijvoorbeeld denken aan productiemachines die op regelmatige tijdstippen niet in gebruik zijn en gedurende zulke perioden uit te schakelen zijn (bijvoorbeeld kopieerapparaten, lasersnijmachines of industriële droogovens). Ook op residentieel niveau zijn er tal van toepassingen voor het voorspellen van

gebruikersaanwezigheid zoals bijvoorbeeld het uitschakelen van de televisie en tv-decoder op tijdstippen dat deze zeker niet gebruikt zullen worden. De voorgestelde aanpak zou voor deze gevallen kunnen aangepast worden, om een trade-off te zoeken tussen verbruikte energie enerzijds en comfort/veiligheid anderzijds.

Verwant artikel

- Techniline 27.03.2015 - [Slimme zonale verwarmingsregeling door gebruikmaking van Model-Predictieve Controle](#)

Bronnen

- <http://www.flandersmake.be/>
- <http://ai.vub.ac.be/>
- <http://www.mech.kuleuven.be/cib/>
- <http://www.mech.kuleuven.be/cib/perpetual/>
- http://en.wikipedia.org/wiki/Compressed_sensing

Auteurs



Gert Heirman