

Système de réglage intelligent du chauffage basé sur les interactions avec d'utilisateur

21 août 2015, 02:00

Gert Heirman

Les thermostats intelligents peuvent être placés dans les logements d'habitation sans thermostat ou dans les logements équipés d'un classique chronothermostat, en vue d'améliorer le comportement du système. Le but d'un thermostat intelligent est de réaliser un système de chauffage capable de trouver l'équilibre idéal entre le confort thermique et la consommation d'énergie, et cela sans programmation compliquée. Ce deuxième article sur les thermostats intelligents présente une méthode de régulation basée sur un modèle prédictif permettant au système de tenir compte du comportement et des préférences des utilisateurs en fonction d'un nombre limité d'interactions avec les utilisateurs.

Comme indiqué dans le précédent article '[Une régulation thermique de zone intelligente au moyen du Model Predictive Control](#)', on intègre souvent un chronothermostat dans le système de chauffage des logements d'habitation. Dans ce type de thermostat, on règle une série de températures de référence, chaque définie comme la température souhaitée pour telle ou telle période de la journée. La température du chauffage est réglée sur cette base, de manière que la température ambiante dans la pièce à un moment déterminé corresponde à la température de référence sélectionnée pour la période concernée. La solution technique pour aboutir à ce résultat, la commande/régulation sur la base d'un modèle prédictif (MPC), en fonction d'une température de référence, a été présentée dans le précédent article. Toutefois, la manière de procéder pour définir cette référence n'a pas été abordée, alors même qu'il s'agit d'un aspect très important. Dans la pratique, on choisit souvent la température de référence de manière très conservatrice, pour avoir la certitude que la température ambiante souhaitée dans le logement sera établie en temps utile, mais ce résultat est souvent obtenu moyennant une surconsommation d'énergie qui pourrait être évitée. Un autre problème très fréquent est que cette valeur de référence est réglée une fois pour toutes pendant l'installation du système, et qu'elle n'est plus modifiée, alors que l'horaire de présence dans le logement peut changer par la suite.

C'est en général le cas avec les classiques systèmes de régulation par chronothermostat : le réglage initial, et souvent définitif, du système de régulation est réalisé, d'une part, en fonction de l'horaire de présence (par exemple, dans les immeubles résidentiels, le chauffage est réglé de manière à réduire la température pendant la nuit et les heures ouvrables, tandis que le mode de chauffage normal toute la journée est réservé à la période du weekend) et, d'autre part, en fonction de la demande de température (par exemple : 21°C pendant la journée et 15°C pendant la nuit ou pendant les périodes d'absence des utilisateurs). Mais de telles données historiques ne sont pas toujours disponibles et les habitudes des utilisateurs peuvent varier au fil du temps (par exemple, changement d'horaire de travail, qui se traduit par une modification de l'horaire de présence à domicile). Lorsque les profils d'utilisation changent selon un intervalle périodique, un système de

régulation auto-apprenant, qui s'adapte de lui-même en tenant compte des besoins des utilisateurs peut permettre de réaliser une substantielle économie d'énergie.

Technique auto-apprenante

Dans le cadre du projet PERPETUAL, un partenariat entre la KU Leuven (Centrum Industrieel Beleid), Flanders Make et la VUB (Artificial Intelligence Lab), une technique auto-apprenante a été développée pour réaliser cette fonction.

La méthodologie présentée est fondée sur l'hypothèse que les références de l'étalonnage spécifiées a priori ne sont pas "justes", ou qu'elles ne vont pas le rester, par conséquent elle essaie d'apprendre quelles sont les valeurs adéquates en se basant sur des interactions avec l'utilisateur. L'idée est que chaque fois que l'utilisateur souhaite une autre température que celle du moment concerné, il indique sur le thermostat la valeur ayant sa préférence. Toutefois, il n'est pas souhaitable qu'il doive faire cela trop souvent, parce que cela signifierait à chaque fois que la température ambiante est considérée par l'utilisateur comme trop élevée ou insuffisante. En fait, le thermostat intelligent auto-apprenant doit pouvoir répondre à deux critères : d'une part, fournir le confort thermique requis, en se basant sur un nombre aussi limité que possible d'interactions avec l'utilisateur, et d'autre part, minimiser la consommation en énergie.

La difficulté est que pour garantir le confort de l'utilisateur il faut que la température soit suffisamment élevée, par contre pour minimiser la consommation en énergie, la température devrait idéalement être aussi basse que possible. Puisqu'il s'agit de deux objectifs contradictoires, il faut trouver le meilleur compromis : l'utilisateur ne doit être que rarement dérangé par une température ressentie comme insuffisante, mais la température doit être aussi basse que possible de manière à économiser de l'énergie. Pour cela, on utilise une approche fondée sur la méthode *compressive sensing* (acquisition comprimée), un domaine d'application où l'on s'efforce d'extraire ou de reconstruire autant d'informations que possible à partir d'une série limitée de mesures.

Le thermostat intelligent prend l'initiative de déterminer les profils d'utilisation

Pour illustrer le principe de fonctionnement du thermostat intelligent, nous présentons ci-après un exemple sous forme de schéma. Pour que cet exemple soit aussi général que possible, nous considérons qu'aucune donnée historique n'est disponible (aucun préréglage établi selon un profil d'utilisation), toutefois les algorithmes intégrés peuvent se baser également sur des valeurs préréglées pour déterminer le profil d'utilisation adéquat.

Lorsque l'utilisateur considère que la température est insuffisante, il indique au thermostat la température souhaitée et l'algorithme d'auto-apprentissage se base sur cette information pour évaluer un profil de température souhaitée. Après un certain temps, nous obtenons la situation présentée dans la figure ci-dessous : un nombre d'interactions ont déjà eu lieu et un profil a été établi selon lequel pendant quelques périodes la température est très proche de la température idéale pour l'utilisateur, alors que pendant d'autres périodes la température est beaucoup plus basse. Ce résultat est obtenu en recherchant un compromis entre le confort thermique et la consommation d'énergie. Par conséquent, lorsque plusieurs interactions ont permis de déterminer clairement quelle est la température souhaitée, le profil d'utilisation établi par estimation est très proche du profil souhaité. En l'absence de toute interaction, ou lorsque le nombre d'interactions est insuffisant, le système ne peut pas déterminer la température souhaitée, auquel cas il opte pour les

solutions de réglage les plus économes en énergie. C'est ce que montre la figure ci-dessus : en début de journée, absence d'interaction avec l'utilisateur, le système a choisi une solution économe en énergie. Mais dès le lendemain, lorsque l'utilisateur a indiqué la température de son choix, le profil est adapté sur la base de cette donnée, comme illustré dans la figure ci-après.

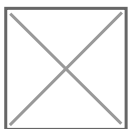
L'algorithme de base tient compte dans la pratique de plusieurs autres adaptations pour améliorer la convivialité du système. Pour faciliter la transition vers un autre profil d'utilisation, en cas de changement d'habitude, par exemple lorsque l'utilisateur rentre chez lui à 19h00 au lieu de 18h00, un facteur de pondération est attribué selon la date des interactions. De cette manière, le système apprend rapidement à réduire la température pendant la période avant 19h00, de sorte que le chauffage est régulé en économisant l'énergie, mais sans perte de confort.

Diverses autres extensions sont également envisageables :

- on peut adapter l'algorithme pour autoriser plus ou moins d'interactions, ce qui revient à décaler le point du compromis entre confort (température élevée) et basse consommation d'énergie (basse température), cette fonctionnalité peut également être implémentée sous la forme d'un préréglage par l'utilisateur;
- on peut utiliser des informations historiques pour définir un profil initial, ce qui signifie que le système dispose déjà d'une bonne base pour démarrer son auto-apprentissage, par conséquent, il lui faudra moins d'interactions pour trouver le profil adéquat;
- on peut utiliser des données supplémentaires provenant de capteurs, en vue de limiter le nombre des interactions avec l'utilisateur, ou même pour faire en sorte que les interactions soient superflues. Dans le même ordre d'idée, on peut également envisager d'établir un lien entre le thermostat et un calendrier Outlook, pour apporter au système des données sur les horaires de présence/absence des utilisateurs.



(a)



(b)

Exemples de profils d'utilisation: (a) représentation schématique d'un algorithme auto-apprenant, évaluation du profil d'utilisation après quatre interactions le jour 1, (b) réglage du profil après une interaction supplémentaire le jour 2

Jeux de simulation : apprentissage des profils d'utilisation

Pour expliquer ce concept, un jeu interactif a été créé dans le cadre du projet PERPETUAL, dans ce jeu, l'utilisateur doit essayer de déterminer un profil d'utilisation inconnu sur la base des interactions de l'utilisateur. Le but est de réaliser le score le plus bas. Ce score est établi en totalisant deux éléments, d'une part, la consommation en énergie et d'autre part, les points de

'pénalité' attribués chaque fois que l'utilisateur doit intervenir (nombre d'interactions), autrement dit le nombre de fois que l'utilisateur a éprouvé un inconfort thermique. Puisque les deux composants sont totalisés, le joueur doit faire en sorte de trouver un bon compromis entre les deux. (Deux jeux de simulation de ce type ont déjà été présentés dans le précédent article Techniline relatif à la régulation.) Le troisième jeu de simulation concerne la fonction auto-apprenante du thermostat. Les jeux sont présentés sur le site web du [projet PERPETUAL](#).

Vaste domaine d'applicabilité pour cette méthodologie

La mise en oeuvre de l'algorithme fondé sur la méthode de l'acquisition comprimée (*compressive sensing*) n'est pas limitée au domaine des thermostats intelligents. Le fait de connaître les profils d'utilisation peut permettre la réalisation d'économies d'énergie significatives dans les secteurs les plus divers. Par exemple, les machines de production, qui sont inexploitées à certaines dates/heures et par conséquent débranchées à certaines périodes (photocopieurs, machines de découpe au laser, fours de séchage industriel). Egalement dans le secteur du logement résidentiel, il existe un certain nombre d'applications où il est utile d'anticiper les heures de présence/absence des utilisateurs, par exemple, pour débrancher les appareils de télévision et décodeurs pendant les heures où, selon toute vraisemblance, les logements sont inoccupés. Pour ces cas, l'approche présentée devrait pouvoir être adaptée de manière à trouver un bon compromis, d'une part, entre la consommation d'énergie et, d'autre part, le confort/sécurité des utilisateurs.

Article apparenté

- Techniline 27.03.2015 - [Une régulation thermique de zone intelligente au moyen du Model Predictive Control](#)

Sources

- <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