

Deep Reinforcement Learning for Heat Pump Control

Abstract

Heating in private households accounted for 26% of total energy consumed in Germany in 2020, which is a major contributor to the emissions generated today[1]. Heat pumps are a promising alternative for heat generation and are a key technology in achieving our goals of the German energy transformation which includes the reduction of gas emissions by 55% until 2030, compared to 1990 [2, 3]. Today, the majority of heat pumps in the field are controlled by a simple heating curve [4], which is a naive mapping of the current outdoor temperature to a control action. An alternative approach is Model Predictive Control (MPC) which was applied in multiple research works to heat pump control. However, MPC is heavily dependent on the building model, which has several disadvantages. Motivated by this and by recent breakthroughs in the field, this work applies deep reinforcement learning (DRL) to heat pump control in a simulated environment. Through a comparison to MPC, it could be shown that it is possible to apply deep reinforcement learning to archive MPC-like performance while having reduced model dependency. This work extends other works which have already applied DRL to building heating operation by performing an in-depth analysis of the learned control strategies and by giving a detailed comparison of the two state-of-the-art control methods.

Keywords - Heat Pump, Deep Reinforcement Learning, Model Predictive Control

Zusammenfassung

Das Heizen in privaten Haushalten hat im Jahr 2020 26% des gesamten Energieverbrauchs in Deutschland ausgemacht [1]. Dies stellt einen wesentlichen Beitrag zu den heute erzeugten Emissionen dar. Wärmepumpen sind eine vielversprechende Alternative für die Wärmeerzeugung und dadurch eine Schlüsseltechnologie zur Erreichung der Ziele der deutschen Energiewende, die eine Reduzierung der Treibhausgasemissionen um 55% bis 2030 im Vergleich zu 1990 vorsieht [2, 3]. Ein Großteil der heute im Einsatz befindlichen Wärmepumpen wird über eine einfache Heizkurve gesteuert [4], die eine einfache Abbildung der aktuellen Außentemperatur auf die einzuhaltende Vorlauftemperatur darstellt. Ein alternativer Ansatz ist die modellprädiktive Regelung (Model Predictive Control, MPC), die in zahlreichen Forschungsarbeiten zur Steuerung von Wärmepumpen eingesetzt wurde. MPC ist jedoch stark von einem Gebäudemodell abhängig, was mehrere Nachteile mit sich bringt. Aus diesem Grund und aufgrund der jüngsten Durchbrüche auf dem Gebiet, wird in dieser Arbeit Deep Reinforcement Learning (DRL) auf die Wärmepumpensteuerung in einer simulierten Umgebung angewendet. Durch einen Vergleich mit MPC konnte gezeigt werden, dass es möglich ist, mit Deep Reinforcement Learning eine MPC-ähnliche Leistung zu erzielen und gleichzeitig die Modellabhängigkeit zu verringern. Diese Arbeit leistet einen Beitrag zu anderen Arbeiten, die DRL bereits auf den Heizungsbetrieb von Gebäuden angewendet haben, indem eine eingehende Analyse der erlernten Regelungsstrategien und ein detaillierter Vergleich der beiden Regelungsmethoden durchgeführt wird.

Keywords - Heat Pump, Deep Reinforcement Learning, Model Predictive Control

References

- [1] A. E. e.V., “Anwendungsbilanzen zur Energiebilanz Deutschland”, URL: https://ag-energiebilanzen.de/wp-content/uploads/2020/10/ageb_20v_v1.pdf, accessed: 2022-04-2, 2021.
- [2] B. für Wirtschaft und Klimaschutz, “Ziele der Energiewende”, URL: <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Infografiken/Energie/ziele-der-energiewende.html>, accessed: 2022-04-2.
- [3] P. Sterchele, J. Brandes, J. Heilig, D. Wrede, C. Kost, T. Schlegl, A. Bett, H. Henning, “Wege zu einem klimaneutralen Energiesystem. Die deutsche Energiewende im Kontext gesellschaftlicher Verhaltensweisen”, Fraunhofer ISE, (accessed: May 23, 2022), 2021.
- [4] D. Rolando, M. Hatef, “Smart Control Strategies for Heat Pump Systems”, KTH Royal Institute of Technology, (accessed: Mar. 14, 2022), 2018.