

Kombination von Graph Neural Networks mit Transformer-Architekturen für verbesserte Home Energy Management Systems

Motivation und Hintergrund

Die Umstellung auf erneuerbare Energiequellen erfordert die Entwicklung intelligenter Home Energy Management Systeme (HEMS), die den Energieverbrauch optimieren können, während sie sich an variable Energieerzeugungsmuster anpassen. Die Wirksamkeit von HEMS hängt erheblich von der Fähigkeit ab, sowohl räumliche als auch zeitliche Abhängigkeiten in Energiedaten zu erfassen und zu analysieren. Jüngste Fortschritte im Maschinellen Lernen, insbesondere Graph Neural Networks (GNNs) und Transformer-Architekturen, bieten vielversprechende Möglichkeiten, diese Herausforderungen anzugehen. GNNs sind hervorragend geeignet, um räumliche Beziehungen durch Betrachtung strukturierter Daten zu modellieren, während Transformer sequenzielle oder zeitliche Eigenschaften erkennen können. Die Fusion dieser hochmodernen Architekturen könnte die Leistungsfähigkeit des autonomen Energiemanagement verbessern und den Weg für widerstandsfähigere und effiziente HEMS ebnen.

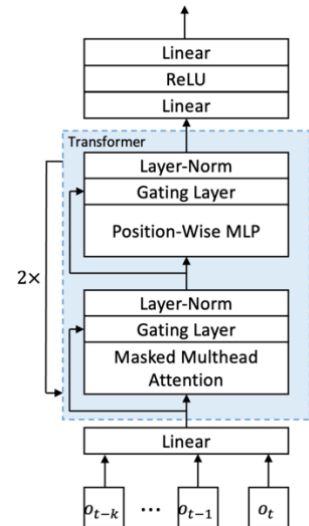


Fig. 1: Transformer-Architektur aus [1]

Ziele und Aufgaben

Das Hauptziel dieser Masterarbeit ist es, die Kombination von GNNs und Transformer-Architekturen zu erforschen, um ein neuartiges Modell zu entwickeln, das die Leistung von HEMS verbessern soll. Es wird erwartet, dass das angestrebte Modell die Stärken beider Architekturen nutzt, um die räumlich-zeitliche Dynamik der Energiedaten genau zu erfassen und somit effektivere Energiemanagement-Entscheidungen zu ermöglichen. Die Hauptaufgaben sind:

1. **Literatur-Recherche:** Erwerb von Kenntnissen über GNN- und Transformer-Architekturen und Durchsicht der vorhandenen Literatur, zur Anwendung dieser Modelle im Energiemanagement.
2. **Modell-Entwicklung:** Entwickeln und implementieren Sie ein neuartiges Modell, das GNNs für die räumliche Analyse und Transformer für die zeitliche Analyse verwendet, und trainieren Sie es mit belohnungsbasierten Lernverfahren für HEMS.
3. **Datenaufbereitung und Training:** Sammeln und bereiten Sie historische Energiedaten für die Gebäudesimulationen des [CoSES-Labors](#) vor und trainieren Sie das neue Modell damit.
4. **Modellbewertung:** Bewerten Sie das Modell im Vergleich zu rein zeitlichen Architekturen (siehe Abb. 1) und traditionellen regelbasierten HEMS-Steuerungen.

Voraussetzungen

- Starke Programmierkenntnisse, vorzugsweise in Python.
- Grundkenntnisse im Bereich des maschinellen Lernens und der Deep-Neural-Network-Architekturen.
- Ein Verständnis für Gebäudeenergiemanagementsysteme ist wünschenswert, aber nicht zwingend erforderlich.
- Hervorragende Problemlösungsfähigkeiten sowie die Bereitschaft, Neues zu lernen und sich neuen Herausforderungen zu stellen.

Bewerbung an: Ulrich Ludolfinger (ulrich.ludolfinger@tum.de)

[1] U. Ludolfinger, V. S. Peric, T. Hamacher, S. Hauke, and M. Martens, "Transformer Model Based Soft Actor-Critic Learning for HEMS." *TechRxiv*, Jun. 07, 2023. doi: 10.36227/techrxiv.23264429.v1.

TOPIC FOR A MASTER THESIS

Combining Graph Neural Networks and Transformer Architectures for Enhanced Home Energy Management Systems

Motivation and Background

The transition towards renewable energy sources necessitates the development of intelligent Home Energy Management Systems (HEMS) capable of optimizing energy consumption while adapting to variable energy generation patterns. The effectiveness of HEMS significantly hinges on the ability to capture and analyze both spatial and temporal dependencies inherent in energy data. Recent advancements in machine learning, particularly Graph Neural Networks (GNNs) and Transformer architectures, present promising avenues to address these challenges. GNNs excel at modeling spatial relationships by considering structured data, while Transformers are adept at handling sequential or temporal data. The fusion of these cutting-edge architectures could potentially unlock superior performance in energy management tasks, paving the way for more resilient and efficient HEMS.

Objectives and Tasks

The primary objective of this Master's thesis is to explore the combination of GNNs and Transformer architectures to develop a novel model aimed at enhancing the performance of HEMS. The envisioned model is expected to leverage the strengths of both architectures to accurately capture the spatial-temporal dynamics of energy data, thereby facilitating more effective energy management decisions. The key tasks are:

1. **Literature Review:** Gain knowledge about GNN and Transformer architectures, and review the existing literature on their applications in energy management.
2. **Model Creation:** Develop and implement a novel model using GNNs for spatial analysis and Transformers for temporal analysis, being trained by reward-based learning algorithms for HEMS.
3. **Data Setup and Training:** Collect and prepare historical energy data for the [CoSES laboratory](#) building simulations and train the new model therewith.
4. **Model Evaluation:** Evaluate the model against solely temporal architectures (see Fig. 1) and traditional rule-based HEMS controllers.

Requirements

- Strong programming skills, preferably in Python.
- Basic knowledge of machine learning and deep neural network architectures.
- An understanding of building energy management systems is desirable but not mandatory.
- Excellent problem-solving abilities and a willingness to learn and adapt to new challenges.

Contact for application: Ulrich Ludolfinger (ulrich.ludolfinger@tum.de)

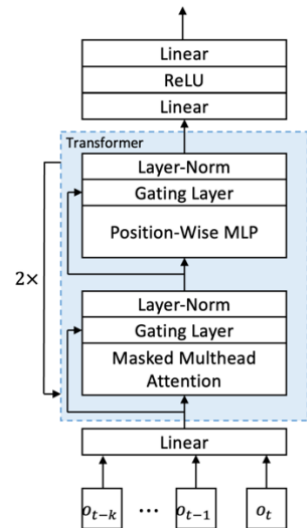


Fig. 2: Transformer architecture from [1]

[1] U. Ludolfinger, V. S. Peric, T. Hamacher, S. Hauke, and M. Martens, "Transformer Model Based Soft Actor-Critic Learning for HEMS." *TechRxiv*, Jun. 07, 2023. doi: 10.36227/techrxiv.23264429.v1.