



جامعة محمد الخامس بالرباط
Université Mohammed V de Rabat

École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT

Monsieur Ismael JRHILIFA

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Sciences de l'ingénieur

Spécialité : Génie Électrique

Le Mardi 29 Octobre 10 2024 à 15h00 au Grand Amphi à l'ENSAM de Rabat

Intitulé de la thèse

Supervision des Bâtiments Intelligents à l'Aide de l'Intelligence Artificielle

Président et Rapporteur:

Pr. Larbi Bellarbi, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Hamid Ouadi, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Co-Directeur de thèse :

Pr. Abdelilah Jilbab, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Rachid Lajouad, MCH, ENSET-Mohammedia, Université Hassan II, Casablanca

Pr. Abdelmounime El Magri, PES, ENSET-Mohammedia, Université Hassan II, Casablanca

Examineurs :

Pr. Atman Jbari, PES, ENSAM, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Fouad Giri, Professeur des Universités, Université de Caen Normandie, France

Résumé: La consommation d'énergie dans les bâtiments représente une part substantielle de la demande totale en énergie. Face aux préoccupations croissantes concernant l'environnement et à l'augmentation des coûts énergétiques, il devient crucial d'optimiser cette consommation pour réduire l'empreinte carbone et réaliser des économies. Les bâtiments intelligents émergents comme une solution prometteuse pour atteindre ces objectifs, en intégrant des technologies avancées pour gérer et contrôler efficacement les systèmes énergétiques. Ces avancées ont conduit au développement de techniques novatrices visant à améliorer la durabilité des réseaux de capteurs (WSN) intégrés aux maisons intelligentes, la prévision de la consommation d'électricité, la désagrégation des charges et la collecte des données. Dans ce contexte, un protocole de routage basé sur le Q-learning a été élaboré pour prolonger la durée de vie des WSN, en relevant le défi de l'efficacité énergétique des nœuds de capteurs alimentés par des batteries de faible capacité. Cet algorithme optimise le chemin de routage pour réduire la dissipation d'énergie lors de la transmission des données, démontrant son efficacité dans des environnements de 2 dimensions et 3 dimensions. Une approche basée sur l'intelligence artificielle a été développée pour prédire avec précision la consommation d'électricité des bâtiments résidentiels à court terme. En combinant la décomposition en modes variationnels (VMD) avec des architectures d'apprentissage profond, cette méthode intègre des unités récurrentes bidirectionnelles (BI-GRU) pour des prévisions sur 24 heures avec une granularité de 15 minutes, surpassant les méthodes traditionnelles. De plus, une technique de désagrégation et de prédiction individuelle des charges résidentielles a été mise au point, utilisant des modèles de désagrégation de charge multiindividuels (MILDs) basés sur des réseaux de neurones récurrents à portes (GRU). Cette approche permet de séparer la consommation d'énergie des différents appareils résidentiels à partir d'une mesure globale, intégrant également la VMD pour améliorer la précision et l'efficacité. En outre, une stratégie de gestion des charges basée sur l'algorithme multi-objectifs de recherche de moineau binaire (MOBSSA) a été déployée pour optimiser simultanément les coûts énergétiques, gérer les pics de charge et réduire les temps d'attente. Enfin, une plateforme de surveillance des micro-réseaux et des bâtiments intelligents a été développée, intégrant des outils de développement web et des compteurs électriques intelligents. Cette interface conviviale permet aux gestionnaires de bâtiments et aux occupants de surveiller en temps réel les performances énergétiques et environnementales, facilitant ainsi une gestion proactive et informée de l'énergie. Ces avancées représentent une contribution significative aux maisons intelligentes, promouvant une gestion énergétique efficace et une compréhension approfondie des comportements de consommation.

Mots-clés: Bâtiment intelligent, désagrégation de la charge électrique, efficacité énergétique, intelligence artificielle, prédiction de la charge électrique, réseau de capteurs sans fil, réseau électrique intelligent, supervision de réseau électrique intelligent.

Abstract: Energy consumption in residential sectors constitutes a significant portion of overall energy demand. With growing environmental concerns and rising energy costs, optimizing this consumption to reduce carbon footprint and achieve savings is imperative. Smart buildings emerge as a promising solution to meet these goals, integrating advanced technologies to manage and control energy systems more efficiently.

These advancements have led to the development of innovative techniques to enhance the lifespan of wireless sensor networks (WSNs) in smart homes, predict electricity consumption, disaggregate loads, and collect data for smart home prototypes. Firstly, a Q-learning-based routing protocol was designed to improve WSN longevity, addressing the energy efficiency challenge of sensor nodes powered by low-capacity batteries. The routing algorithm leverages Q-learning to identify the optimal routing path, thereby reducing energy dissipation during data transmission, and demonstrating effectiveness in 2D and 3D scenarios. Next, an artificial intelligence-based approach was developed to forecast residential electricity consumption in the short term accurately. Combining variational mode decomposition (VMD) with deep learning architectures, this method integrates bidirectional gated recurrent units (BI-GRU) for 24-hour predictions with a granularity of 15 minutes, outperforming traditional methods. Additionally, an intelligent technique for disaggregating and individually predicting residential load was created, using multi-individual load disaggregation models (MILDs) based on gated recurrent units (GRU). This approach separates the energy consumption of individual residential appliances from a total consumption measurement, integrating VMD to enhance accuracy and efficiency. Furthermore, a load-shifting strategy was implemented using the multi-objective binary sparrow search algorithm (MOBSSA) to simultaneously optimize energy cost minimization, peak load management, and reduction of waiting times. This approach provides precise load scheduling with a 15-minute resolution, catering to specific user needs while optimizing energy consumption. Lastly, a monitoring platform for smart microgrids and buildings was developed, integrating web development tools and smart electric meters. This user-friendly interface enables building managers and occupants to monitor real-time energy and environmental performances, facilitating proactive and informed energy management. These advancements represent significant contributions to smart homes, promoting efficient energy management and a deep understanding of consumption dynamics.

Keywords: Artificial Intelligence, Electrical load disaggregation, Electrical load prediction, Energy efficiency, Smart buildings, Smart grid supervision, Smart grids, Wireless sensor network.