الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
المدرسة العليا للاعلام الالي 8 ماي 5491
École Supérieure en Informatique
8 Mai 1945 Sidi Bel Abbès

THESIS

To obtain the diploma of **Engineer**
Field: **Computer Science**
Specialty: **Computer Systems Engineering(ISI)**

Theme

Design of an autonomous IoT system for micro-grid monitoring, integrating LoRaWAN (LoRa) technology and artificial intelligence

---

Presented by:
AOUAY Ikram Safia
MEHAL Wiam

Submission Date: **01/10/2025**
In front of the jury composed of:

Pr. RAHMOUN Abdellatif	President
Dr. BENSENANE Hamdan	Supervisor
Mr. RENNANE Ahmed	Supervisor
Dr. KHALDI Miloud	Examiner

Academic Year : 2024-2025

ABSTRACT

Microgrids are increasingly deployed to provide electricity in remote, isolated, or backup scenarios, but they face challenges related to stability, resilience, and efficient energy management. Reliable monitoring is essential to ensure proper operation by detecting anomalies in parameters such as voltage, current, power, and environmental conditions in real time.

This work presents the design and implementation of an IoT-based microgrid monitoring system integrating LoRaWAN communication and artificial intelligence. The system is built around the B-L072Z-LRWAN1 development board and incorporates multiple electrical and environmental sensors, including the PZEM-004T energy measurement module, the STEVAL-IDI003V2 temperature and humidity sensor, and the CV7-V anemometer. LoRaWAN technology enables long-range, low-power transmission of data to a gateway and a ChirpStack server, while the backend (FastAPI and PostgreSQL) ensures structured storage, processing, and visualization. Artificial intelligence models are integrated to support anomaly detection and predictive analysis.

Experimental validation confirmed the correct operation of the entire pipeline, from sensing to visualization. Results demonstrate that the proposed solution provides a scalable, energy-efficient, and intelligent microgrid monitoring platform, with potential extension to other smart energy applications.

Key words : Microgrids, LoRaWAN, Artificial Intelligence, IoT, Gateway, Monitoring

Résumé

Les micro-réseaux sont de plus en plus déployés pour fournir de l'électricité dans des zones isolées, éloignées ou en tant que système de secours, mais ils rencontrent des défis liés à la stabilité, à la résilience et à la gestion efficace de l'énergie. Une surveillance fiable est essentielle pour assurer un fonctionnement correct, en détectant en temps réel les anomalies dans des paramètres tels que la tension, le courant, la puissance et les conditions environnementales.

Ce travail présente la conception et la mise en œuvre d'un système de surveillance des micro-réseaux basé sur l'IoT, intégrant la technologie LoRaWAN et l'intelligence artificielle. Le système est développé autour de la carte B-L072Z-LRWAN1 et intègre plusieurs capteurs électriques et environnementaux, notamment le module de mesure d'énergie PZEM-004T, le capteur de température et d'humidité STEVAL-IDI003V2, ainsi que l'anémomètre CV7-V. La technologie LoRaWAN permet la transmission longue portée et basse consommation des données vers une passerelle et un serveur ChirpStack, tandis que le backend (FastAPI et PostgreSQL) assure le stockage structuré, le traitement et la visualisation. Des modèles d'intelligence artificielle sont intégrés pour la détection d'anomalies et l'analyse prédictive.

La validation expérimentale a confirmé le bon fonctionnement de toute la chaîne, de l'acquisition des données à la visualisation. Les résultats démontrent que la solution proposée constitue une plateforme de surveillance des micro-réseaux évolutive, économe en énergie et intelligente, avec un potentiel d'extension vers d'autres applications énergétiques intelligentes.

Mots-clés : Micro-réseaux, LoRaWAN, Intelligence artificielle, IoT, Passerelle, Surveillance

الملخص

تُستخدم الشبكات الصغيرة بشكل متزايد لتوفير الكهرباء في المناطق النائية والمعزولة أو كأنظمة احتياطية، لكنها تواجه تحديات تتعلق بالاستقرار والمرونة والإدارة الفعّالة للطاقة. تُعد المراقبة الموثوقة أساسية لضمان التشغيل السليم من خلال اكتشاف الشذوذ في المعايير مثل الجهد والتيار والطاقة والظروف البيئية في الوقت الفعلي.

يُقدم هذا العمل تصميم وتنفيذ نظام مراقبة للشبكات الصغيرة قائم على شبكة الأشياء المترابطة ويدمج تقنية شبكة لورا واسعة النطاق والذكاء الاصطناعي. يُبنى النظام حول لوحة تطوير B-L072Z-LRWAN1 ويتضمن عدة أجهزة استشعار كهربائية وبيئية، بما في ذلك وحدة قياس الطاقة PZEM-004T، وحساس درجة الحرارة والرطوبة STEVAL-IDI003V2، ومقياس سرعة الرياح CV7-V. تُمكن تقنية شبكة لورا واسعة النطاق من نقل البيانات لمسافات طويلة وبطاقة منخفضة إلى بوابة وخادم ChirpStack، بينما يضمن النظام الخلفي التخزين المهيكل والمعالجة والتصور البصري. كما تُدمج نماذج الذكاء الاصطناعي لدعم كشف الشذوذ والتحليل التنبؤي. أكدت التجارب العملية التشغيل الصحيح لسلسلة العمل بأكملها، من الاستشعار إلى التصور البصري. تُظهر النتائج أن الحل المقترح يوفر منصة مراقبة للشبكات الصغيرة قابلة للتطوير وموفرة للطاقة وذكية، مع إمكانية التوسع لتطبيقات الطاقة الذكية الأخرى.

الكلمات المفتاحية: الشبكات الصغيرة، شبكة لورا واسعة النطاق، الذكاء الاصطناعي، إنترنت الأشياء، البوابة، المراقبة