

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 Yassine BEN-ABOUD

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

Le Jeudi 8 Septembre 2022 à 10H00 au Grand amphi à l'ENSIAS

Intitulé de la thèse

**EDGE OPTIMIZATIONS IN THE INTERNET OF THINGS FOR URBAN
MONITORING AND QUALITY OF LIFE ENHANCEMENT**

Devant le Jury composé de :

Président :

Pr. Ilham Berrada, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Directeur de thèse :

Pr. Abdellatif Kobbane, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Co-Directeur de thèse :

Pr. Mounir Ghogho, PES, Université Internationale de Rabat

Rapporteurs :

Pr. Mustapha Benjillali, PES, Institut National des Postes et Télécommunications, Rabat

Pr. Mohammed Essaaidi, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Edmond Nurellari, Associate Professor, Université de Lincoln, U.K

Examineur :

Pr. Khalid Nafil, PH, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat



Résumé : Avec la croissance explosive des villes, des industries, de la population et des activités humaines, la pression sur l'espace, les écosystèmes et les infrastructures est une préoccupation menaçant la qualité de vie dans les zones urbaines. On estime que 56% de la population humaine vit dans des zones urbaines. Le développement urbain rapide introduit des problèmes et des défis inhérents aux villes modernes s'il n'est pas géré correctement.

La surveillance des phénomènes liés à la qualité de vie urbaine est la première étape importante pour comprendre notre environnement avant d'agir. Les méthodes de surveillance haut de gamme conventionnelles sont coûteuses en termes de développement, de déploiement et de maintenance. La difficulté de ces méthodes les rend accessibles uniquement aux gouvernements et aux grandes organisations.

Avec l'émergence de l'Internet des objets (IoT), la recherche en matière de surveillance s'est concentrée sur des alternatives abordables et peu coûteuses qu'aux méthodes conventionnelles. Rendre la surveillance abordable a permis à un plus grand nombre d'initiatives issues de projets à petit budget de soutenir et de contribuer à la compréhension de notre vie urbaine.

Dans cette thèse, nous introduisons des méthodes et des techniques pour améliorer l'utilisation des appareils à faible coût et de l'IoT pour une meilleure intégration. Nous nous concentrons sur trois axes principaux : optimisation des appareils IoT à faible coût, création d'alternatives innovantes à faible coût aux stations de surveillance haut de gamme et optimisation du déploiement à grande échelle.

Le premier axe a été abordé en explorant des méthodes d'échantillonnage adaptatives et en proposant des méthodes performantes qui ont permis d'améliorer la consommation d'énergie et d'optimiser la collecte de données sur différents ensembles de données et applications. Le deuxième axe a été abordé en permettant la mesure de deux phénomènes complexes (à savoir la pollution électromagnétique (Electro-smog) et la distanciation sociale) à l'aide de composants à faible coût offrant une alternative aux méthodes conventionnelles. L'électro-smog a été mesuré à l'aide d'un dongle RTL-SDR à faible coût avec une série de mesures, de corrections et d'estimations qui se sont avérées efficaces et ont fourni des mesures précises. La distanciation sociale a été détectée à l'aide de modules de radiofréquence à faible coût combinés à une estimation de distance et à une classification de proximité. Nous avons abordé le troisième axe en développant une plateforme de surveillance de la qualité de l'air à faible coût. La plate-forme a été conçue pour un déploiement à grande échelle. Une stratégie de déploiement innovante a accompagné le développement de la plateforme pour des déploiements stratégiques et optimisés.

Mots-clés : Algorithmes de vision et de contrôle par ordinateur, Apprentissage par imitation, Apprentissage en profondeur, Apprentissage en profondeur par renforcement, Voiture autonome.

Abstract: With the explosive growth of cities, industries, and human population and activities, the pressure over space, ecosystems and infrastructures is a concern threatening the quality of life in urban areas. An estimated 56% of the human population lives in urban areas. Rapid urban development introduces inherent problems and challenges in modern cities if not managed correctly.

Monitoring phenomena related to urban quality of life is the important first step to understanding our environment before taking action. Conventional high-end monitoring methods are expensive in development, deployment, and maintenance. The difficulty of these methods made them only accessible to governments and large organizations.

With the emergence of the Internet of Things (IoT), monitoring research shifted towards affordable low-cost alternatives to the expensive conventional methods. Making monitoring affordable allowed a larger number of initiatives from lower budget projects to support and contribute to understanding our urban life.

In this thesis we introduce methods and techniques to improve the use of low-cost devices and IoT for a better integration. We focus on three main axes: Low-cost IoT devices optimizations, Enabling innovative low-cost alternatives to high-end monitoring stations, and large scale deployment optimization. The first axis was tackled by exploring adaptive sampling methods and proposing performant methods which resulted in improved energy consumption and optimized data collection over different data-sets and applications. The second axis was tackled by enabling the measurement of two intricate phenomena (namely the electro-magnetic pollution (Electro-smog) and social distancing) using low-cost components offering an alternative to the conventional methods. Electro-smog was measured using a low-cost RTL-SDR dongle with a series of measurements, corrections, and estimations which proved to be effective and provided accurate measurements. Social distancing was detected using low-cost Radio-frequency modules combined with distance estimation and proximity classification. We approached the third axis by developing a low-cost air quality monitoring platform. The platform was designed for large-scale deployment. An innovative deployment strategy accompanied the development of the platform for strategic and optimized deployments.

Keywords: Computer vision & control algorithms, Deep learning, Deep Reinforcement Learning, Imitation Learning, Self-driving car

