



AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr **AFFANE MOUNDOUNGA Anselme Russel**

Soutiendra : le **Samedi 21/10/2023 à 10H00**

Lieu : **Centre des Etudes Doctorales - USMBA - Amphi 2**

Une thèse intitulée :

**Etude des Algorithmes de routage dans les réseaux de capteurs sans fil pour
des applications temps-réelles**

En vue d'obtenir le Doctorat

FD : Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication

Spécialité : Informatique

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr EL BEQQALI Omar	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr GHANOU Youssef	École Supérieure de Technologie, Meknès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr BERRADA Ismail	Université Polytechnique Mohammed VI, Ben Guérir	PH	Rapporteur & Examineur
Pr NFAOUI El Habib	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Rapporteur & Examineur
Pr EL AKKAD Nabil	Ecole Nationale des Sciences Appliquées, Fès	PH	Examineur
Pr ELABDERRAHMANI Abdellatif	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PH	Examineur
Pr SATORI Hassan	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse
Pr SATORI Khalid	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Co-directeur de thèse



Résumé :

L'étude des algorithmes de routage occupe une place importante dans le domaine de recherche lié aux réseaux de capteurs sans fil (RCSFs). En effet, le progrès constant des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTICs) dans les domaines de la miniaturisation de composants, les technologies de communication sans fil, les télécommunications, l'Internet des objets, la réduction de la latence et le très haut débit, amène les chercheurs à repousser toujours plus loin les limites des innovations actuelles dans le domaine. Dans cette optique, permettre aux utilisateurs d'accéder à des services à valeur ajoutée occupe une place prépondérante dans le partage de l'information. Cette information circule sur des réseaux aussi bien performants que diversifiés comme les réseaux sans fil qui exploitent les transmissions par ondes radio pour l'échange de données entre les différents noeuds du réseau. Dans cette catégorie de réseau, connue sous le nom de réseau ad hoc, les noeuds ont la possibilité de recevoir les paquets de données des de leurs voisins et les router vers les noeuds de destination hors de la portée du noeud original. Ils disposent alors de fonctionnalités de routage. Par ailleurs, de nombreux problèmes sont inhérents à ces types de réseaux, notamment le nombre important de terminaux dans le réseau, les difficultés de maintenance, les faiblesses de ressources disponibles, la sécurité et bien d'autres. Dans ce travail de thèse, nous nous intéressons à l'étude des algorithmes de routage et les contraintes relatives à la consommation de l'énergie par les noeuds du réseau du fait que ces derniers sont alimentés par des accumulateurs non remplaçables. Notre objectif est de proposer des algorithmes de routage efficaces en énergie pour trouver les chemins optimaux entre une source et une destination afin de réduire la consommation des ressources durant l'acheminement des paquets de données pour prolonger la durée de vie du réseau. Pour satisfaire à cet objectif, nous exploitons les méthodes stochastiques basées sur les modèles de Markov cachés pour modéliser le réseau et la consommation de ressources énergétiques comme un processus stochastique et d'appliquer les propriétés afférentes pour proposer des algorithmes intelligents qui se base sur le comportement réel du réseau pour apprendre de ce dernier et de l'ajuster au besoin afin de mettre en évidence les plus courts chemins possibles avec des algorithmes d'apprentissage automatique et des méthodes itératives d'Expectation-Maximization (EM) pour les phases d'optimisation par maximisation. Ainsi combiné, nous obtenons des algorithmes de routage intelligents capables de trouver les chemins efficaces en consommation de ressources énergétiques des différents noeuds capteurs du réseau. Nos algorithmes sont testés en environnement de simulation en utilisant le simulateur réseau NS-2 et sont comparés avec les travaux de la littérature qui révèlent des performances encourageantes et des bons résultats pour nos travaux.

Mots clés :

Réseaux de capteurs sans fil (RCSF), Algorithmes de Routage, Consommation d'Énergie, Modèles de Markov Cachés (HMM), Sécurité de Routage.



STUDY OF ROUTING ALGORITHMS IN WIRELESS SENSOR NETWORKS FOR REAL-TIME APPLICATIONS

Abstract:

The study of routing algorithms takes an important place in the research field related to wireless sensor networks (WSNs). With the constant progress of new information and communication technologies (NICTs) in the fields of components miniaturization, wireless communication technologies, telecommunications, Internet of Things (IoT), latency reduction and very high speed, leads researchers to push the limits of current innovations in the WSN field. From this perspective, enabling users to access value-added services is a prominent key factor in the sharing of information. This information circulates on networks that are as efficient as they are diversified, such as wireless networks that use radio wave transmissions to exchange data between the different nodes of the network. In this type of network, known as an ad hoc network, nodes have the ability to receive data packets from their neighbors and route them to destination nodes beyond the reach of the original node. They then have routing capabilities. On the other hand, many problems are inherent to these types of networks, including the large number of terminals in the network, maintenance difficulties, weaknesses in available resources, security and many others. In this thesis, we are interested in studying routing algorithms and the constraints related to energy consumption by the network nodes due to the fact that they are powered by non-replaceable batteries. Our goal is to propose energy efficient routing algorithms to find optimal paths between a source and a destination in order to reduce resource consumption during data packet routing to extend the lifetime of the network. To satisfy this goal, we exploit stochastic methods based on Hidden Markov Models to model the network and the consumption of energy resources as a stochastic process and apply the related properties to propose intelligent algorithms that rely on the actual behaviour of the network to learn from it and adjust it as needed to highlight the shortest possible paths with machine learning algorithms and iterative Expectation-Maximization (EM) methods for the maximization phases. Thus combined, we obtain intelligent routing algorithms capable of finding energy-efficient paths to the different sensor nodes of the network. Our algorithms are tested in a simulation environment using the NS-2 network simulator and are compared with works in the literature which reveal encouraging performances and good results for our work.

Key Words:

Wireless Sensor Networks (WSNs), Routing Algorithms, Energy Enhancement, Hidden Markov Models (HMMs), Routing Security