Avis de Soutenance

THESE DE DOCTORAT

Présentée par

Madame ASMAA EL-BAKKOUCHI

Discipline : Sciences de l'Ingénieur
Spécialité : Informatique

Sujet de la thèse

Exploration des potentialités du paradigme NDN appliqué à l'internet des objets pour le domaine médical (IoHT)

Formation Doctorale " Sciences de l'Ingénieur, Sciences Physiques, Mathématiques et Informatique "

Thèse présentée et soutenue **le samedi 21 octobre 2023 à 10h** à la Cité d'Innovation de Fès, devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Titre	Etablissement	
Bouchra FRIKH	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Président
Nour El Houda CHAOUI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Kenitra	Rapporteur
Khalil MAALMI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Rapporteur
Youssef FARHAOUI	PH	Faculté des Sciences et Techniques d'Errachidia	Rapporteur
Younes BALBOUL	PH	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Examinateur
Anas BOUAYAD	PH	Faculté des Sciences Dhar El Mehraz de Fès	Examinateur
Mohammed EL GHAZI	PES	Ecole Supérieure de Technologie de Fès	Directeur de Thèse
Moulhime EL BEKKALI	PES	Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès	Co-Directeur de Thèse

Laboratoire de recherche : LIASSE
Etablissement : Ecole Nationale des Sciences Appliquées de Fès

Résumé de la thèse

L'Internet des Objets de Santé (IoHT) incarne une version étendue de l'Internet des Objets (IoT). L'IoHT facilite la connexion à l'Internet d'une multitude considérable d'objets de santé, comprenant notamment des dispositifs médicaux, des capteurs de santé ainsi que des applications biomédicales intelligentes, parmi d'autres. Face aux défis majeurs posés par l'hétérogénéité de ces dispositifs et équipements, ainsi que par l'ampleur du trafic engendré, il se peut que l'architecture actuelle de l'Internet atteigne ses limites. Récemment, le concept de Réseau Centré sur l'Information (ICN : Information-Centric Networking) a suscité un intérêt considérable en tant que nouvelle architecture Internet, qui offre un potentiel prometteur pour être exploité dans le contexte de l'IoHT.

Le concept de Réseau Centré sur l'Information (ICN) constitue une approche récente dans la conception future de l'architecture de l'Internet, dont l'objectif principal est d'améliorer l'efficacité de la transmission des données au sein du réseau. Ce modèle se distingue de la vision actuelle du réseau, centrée sur l'hôte, en adoptant une perspective centrée sur l'information. Dans cette approche, l'entité centrale est l'information elle-même, également appelée donnée ou contenu, contrairement aux réseaux actuels qui accordent une importance prépondérante à l'hôte.

Parmi les différentes architectures adoptées dans le cadre du ICN, le Réseau de Données Nommées (NDN : Named-Data Networking) s'est révélé être l'architecture la plus appropriée pour les environnements de l'IoHT. Le NDN se distingue en permettant l'interconnexion de milliards d'objets de santé hétérogènes et limités. En effet, cette architecture offre des fonctionnalités telles que le nommage pour faciliter l'accès aux données, la mise en cache des données dans les routeurs intermédiaires, le routage basé sur le nom, ainsi que l'utilisation de trajets multiples et de sources multiples, entre autres. Grâce à ces caractéristiques, le NDN possède une capacité intrinsèque à répondre aux exigences spécifiques de l'IoHT.

Toutefois, l'utilisation de l'architecture NDN dans les environnements de l'IoHT a été confrontée à de nouveaux défis qui entravent les ambitions initiales. Deux défis majeurs ont été identifiés. Premièrement, les nœuds capteurs utilisés dans le contexte de l'IoHT transfèrent fréquemment et simultanément des données de santé, ce qui accroît le risque de congestion du réseau et, par conséquent, de perte de paquets. Une telle situation est grandement indésirable dans un environnement de l'IoHT. Ainsi, il est primordial d'optimiser les mécanismes de contrôle de congestion du réseau. Deuxièmement, les données des patients, souvent sensibles, sont transmises via des dispositifs IoT sans fil. Cette réalité expose l'IoHT à des risques potentiels de violation de la sécurité et de la vie privée. Par conséquent, il devient essentiel de mettre en place un contrôle d'accès efficace pour protéger ces données et empêcher les utilisateurs non autorisés ainsi que les pirates informatiques d'y accéder.

Dans le cadre de cette thèse, nous présentons tout d'abord un mécanisme de contrôle de congestion pour les réseaux NDN. Ce mécanisme a pour objectif d'éviter la congestion, d'accroître l'utilisation de la bande passante dans les réseaux présentant un haut BDP (Bandwidth Delay Product) et de garantir une livraison efficace des données. Ensuite, nous proposons une nouvelle approche pour contrôler la congestion dans les environnements de l'IoHT. Cette approche repose sur le récepteur, qui utilise les mesures de temps de transit unidirectionnel le long du chemin des paquets de données afin d'estimer le délai moyen d'attente en file d'attente. Cette estimation permet de détecter la congestion et de réguler ensuite le taux d'envoi des paquets d'intérêt. Enfin, nous introduisons un

nouveau mécanisme de contrôle d'accès basé sur le réseau NDN pour l'IoHT. Ce mécanisme vise à restreindre l'accès aux données disponibles, notamment les données sensibles des patients. Son objectif est d'empêcher les pirates et les utilisateurs non autorisés d'accéder aux données de santé, en ne permettant qu'aux utilisateurs autorisés d'y accéder. De plus, ce mécanisme a pour but de prévenir l'accès à des données corrompues ou falsifiées par les utilisateurs, assurant ainsi l'intégrité des informations consultées.

Nous procédons à l'évaluation des performances de nos contributions par rapport à plusieurs propositions connexes. Les résultats obtenus démontrent que nos contributions présentent des performances satisfaisantes sur différents critères, tels que le débit (avec une amélioration significative de l'utilisation de la bande passante), le délai de réponse et la perte de paquets.

En outre, notre mécanisme de contrôle d'accès fait preuve d'une grande efficacité dans la protection des données de santé contre les tentatives d'intrusion des pirates et des utilisateurs non autorisés. De plus, il prévient également les utilisateurs autorisés d'accéder à des données erronées, garantissant ainsi l'intégrité des informations consultées.

Mots clés : ICN, NDN, IoT, IoHT, contrôle de congestion, détection de congestion, contrôle d'accès