



République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediène

Faculté d'Informatique

Département des systèmes informatiques

Mémoire de Master

Filière: Informatique

Spécialité: **Sécurité des systèmes informatiques**

*DEVLOPPEMENT D'UNE APPLICATION SECURISEE DE
SURVEILLANCE A DOMICILE D'UN PATIENT COVID-19 BASEE
SUR UNE ARCHITECTURE FOG*

Sujet Proposé par :

Mr KRINAH Abdelghani

Mr NOUALI Omar

Soutenu le : **03/07/2023**

Présenté par : **ZOUAD Rania**

HANED Yousra

Devant le jury composé de:

Mr BELKHIR Abdelkader Président

Mr GUERAICHI Djaffer Membre

Binôme N° : **SSI003/ 2023**

RESUME :

La surveillance à domicile des patients atteints du COVID-19 présente des défis importants en termes de traitement des données et de garantie de la confidentialité. Les données médicales sensibles doivent être collectées, traitées et transmises de manière sécurisée tout en assurant une surveillance continue et réactive des patients. Pour répondre à cette problématique, nous avons développé une application sécurisée de surveillance à domicile basée sur l'architecture Fog Computing.

Cette approche consiste à déployer une infrastructure multicouche qui permet le traitement des données localement, au plus près des dispositifs de surveillance, tout en garantissant la confidentialité des informations échangées.

La sécurité des données est une approche primordiale dans notre solution. Nous utilisons utiliserons les mécanismes de sécurité nécessaire pour garantir la confidentialité des données lors de leur transmission et de leur stockage.

Mots clés : surveillance à domicile, COVID-19, architecture Fog Computing, Internet des Objets, traitement des données, confidentialité, sécurité.

ABSTRACT :

Home monitoring of COVID-19 patients presents significant challenges in terms of data processing and ensuring confidentiality. Sensitive medical data needs to be securely collected, processed, and transmitted while enabling continuous and responsive patient monitoring.

To address this challenge, we have developed a secure home monitoring application based on Fog Computing architecture. This approach involves deploying a multi-layer infrastructure that enables local data processing near the monitoring devices while ensuring the confidentiality of exchanged information. Data security is a paramount consideration in our solution. We employ the necessary security mechanisms to guarantee data confidentiality during transmission and storage.

Keywords: home monitoring, COVID-19, Fog Computing architecture, Internet of Things, data processing, confidentiality, security.

REMERCIEMENTS :

C'est avec un grand plaisir que nous réservons ces quelques lignes en signe de gratitude et de profonde reconnaissance à tous ceux et celles qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation et l'aboutissement de ce travail.

Suite à l'achèvement de ce mémoire, nous remercions ALLAH, le Tout Puissant, de nous avoir donné la foi et la force de le réaliser.

En second lieu, nous présentons nos vifs remerciements accompagnés de toute notre gratitude à notre encadreur Mr KRINAH Abdelghani, à qui nous lui sommes particulièrement reconnaissantes pour son soutien, sa disponibilité, ses précieux conseils, ses orientations et ses encouragements.

Nos remerciements vont également à l'encontre des membres de jury Mr. BELKHIR Abdelkader et Mr GUERAICHI Djaffer, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner ce travail

Un remerciement particulier à nos parents et nos frères qui n'ont ménagé aucun effort pour nous soutenir, accompagner et nous permettre d'atteindre notre objectif. Nos remerciements vont également à nos frères et sœurs pour leurs conseils et leur aide pour terminer ce travail.

Nous nous acquittons enfin et volontiers d'un devoir de gratitude et de remerciements à tous nos enseignants pour la qualité de l'enseignement qu'ils ont bien voulu nous prodiguer durant nos études afin de nous fournir une formation efficiente.

TABLES DES FIGURES :

Figure 1.1- Les différents domaines d'utilisation de l'IoT.....	4
Figure 1.2- Les couches de l'IoT	5
Figure 1.3- Architecture du système IoT de soin de santé	7
Figure 1.4- Les trois couches du Fog Computing.....	9
Figure 1.5- Modèle d'application Fog E-santé	18
Figure 2.1- Les défis en matière de sécurité d'une architecture Fog.....	23
Figure 2.2- Mécanisme de fonctionnement IBE.....	30
Figure 2.3- Mécanisme de fonctionnement ABE	31
Figure 3.1- Le schéma de l'architecture proposée	35
Figure 3.2- Le fonctionnement du CPABE dans l'architecture proposée	39
Figure 3.3- Diagramme de cas d'utilisation du système.....	41
Figure 3.4- Les principaux symptômes de la covid-19.....	43
Figure 3.5- Diagramme de traitement des données médicales au niveau de la couche Edge	46
Figure 3.6- Algorithme décrivant le traitement effectué au niveau de la couche Edge	47
Figure 3.7- Algorithme de la fonction de chiffrement du CPABE.....	48
Figure 3.8- Algorithme de la fonction de configuration du CPABE	49
Figure 3.9- Algorithme de la fonction de génération de clé du CPABE	50
Figure 3.10- Algorithme de la fonction de déchiffrement du CPABE.....	51
Figure 4.1- Le composant MAX 30102.....	55
Figure 4.2- Les ports GPIO du Raspberry Pi	56
Figure 4.3- Le branchement du capteur au Raspberry Pi	57
Figure 4.4- Les résultats obtenus par le capteur	57
Figure 4.5- L'interface du patient	61
Figure 4.6- Profile du patient	62

Figure 4.7- Réception d'alerte par le personnel de santé	63
Figure 4.8- Chiffrement des données au niveau du patient.....	64
Figure 4.9- L'interface de l'administrateur de l'autorité d'attributs.....	65
Figure 4.10- La génération de clé publique lors de la phase d'initialisation	66
Figure 4.11- La génération de clé secrète lors de la de la phase de consultation	66
Figure 4.12- La sauvegarde sécurisé des données au niveau de l'espace de stockage	67
Figure 4.13- L'interface d'inscription du médecin	67
Figure 4.14-Déchiffrement des données au niveau du médecin.....	68
Figure 4.15-Consultation des données au niveau du médecin.....	69
Figure 4.16-Le non déchiffrement en cas d'attributs non correspondants	70

TABLE DE MATIERES :

Introduction Générale	1
I-Chapitre1 : Généralités sur l'environnement du Fog Computing et les applications de l'e-santé	3
Introduction	4
I-1- L'internet des objets	4
I-1.1- Définition.....	4
I-1.2- Couches de l'internet des objets.....	5
I-1.3- L'internet des objets et la santé	6
I-2 Fog Computing	8
I-2.1- Definition	8
I-2.2- Architecture du Fog Computing	8
I-2.3- Fog Computing vs Cloud Computing	9
I-2.3.1- Définition du Cloud Computing	9
I-2.3.2- Les types de Cloud	9
I-2.3.3- La fiabilité du Cloud.....	10
I-2.3.4- La différence entre le Fog Computing et le Cloud Computing	11
I-2.4- Fog Computing vs Edge Computing.....	11
I-2.4.1- Définition du Edge Computing.....	11
I-2.4.2- Différence entre le Fog Computing et le Edge Computing.....	11
I-2.5- Les caractéristiques du Fog.....	12
I-2.6- Les défis du Fog	12
I-2.7- Applications de Fog Computing	13
I-3- Applications e-health	15
I-3.1- Le concept de l'e-santé	15
I-3.2- Applications de suivi des paramètres de santé	16
I-3.3- Healthcare basé Fog Computing.....	16
I-3.4- Modèle d'application du Fog Computing dans l'e-santé	17
Conclusion	20

II -Chapitre2 : Aspect sécuritaire du Fog Computing et des applications de l’e-santé	21
Introduction	22
II-1- Les bases de la sécurité des systèmes informatiques	22
II-2- L’aspect sécurité dans le fog computing	22
II-3-La sécurité de l’e-santé.....	25
II-3.1-Les types de cyber-attaques visant le secteur de la santé.....	25
II-4- Les mécanismes de sécurité.....	27
II-4.1- Cryptographie	27
II-4.a- Cryptographie symétrique	27
II-4.b- Cryptographie asymétrique	27
II-4.2- Contrôle d’accès.....	28
II-4.3- Mécanismes de contrôle d’accès cryptographique	29
Conclusion	31
III- Chapitre3 : Conception d’une application de surveillance à domicile d’un patient covid-19	33
Introduction	34
III-1- Rappel des objectifs	34
III-2- Description de l’application	35
III-2.a- Conception générale de l’architecture	35
III-2.b- Justification des choix	37
III-2.c- Rappel sur le fonctionnement du CPABE	38
III-2.c- Le mécanisme de chiffrement proposé	38
III-3- Le scénario de fonctionnement	40
III-3.a- Définition des acteurs	40
III-3.b- Représentation de cas d’utilisation	41
III-4- Le traitement des données au niveau des couches	43
III-4.1- La couche IoT	43
III-4 .2- La couche Edge.....	45
III-4 .2.a- Traitement des données médicales	45

III-4 .2.b- Traitement de sécurité effectué sur les données collectées	47
III-4 .3- La couche Fog	48
III-4 .3.a- La fonction de configuration (setup).....	49
III-4 .3.b- La fonction de génération de clés.....	49
III-4 .4- La couche Cloud.....	50
III-4 .4.a- Le stockage des données	50
III-4 .4.b- Consultation des données.....	51
Conclusion	52
IV- Chapitre4 : Implémentation de l'application de surveillance à domicile d'un patient covid-19	53
Introduction	54
IV-1- Choix technologiques des périphériques	54
IV-1.a- Les périphériques au niveau de la couche IoT.....	54
IV-2.b- Les périphériques au niveau de la couche Edge	56
IV-2- L'environnement de travail Les périphériques au niveau de la couche IoT	58
IV-2.1- Le système d'exploitation Rasbian	58
IV-2.2- Le langage de programmation python.....	58
IV-2.3- Le langage de programmation Java	59
IV-2.4- Le protocole MQTT	59
IV-2.5- La plateforme Twilio	59
IV-2.6- La système d'exploitation Debian.....	60
IV-3- Représentation des interfaces	60
IV-3.1- Les interfaces du côté du patient	60
IV-3.2- Les interfaces du côté de l'autorité d'attribut.....	64
IV-3.3- Les interfaces du côté des consultants	67
Conclusion	70

Conclusion Générale	71
Annexes : Généralités sur la pandémie COVID-19	73
Références des figures	75
Références bibliographiques	76