

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

Université Saad Dahlab blida 1



Faculté Des Sciences et De technologie

Département d'Informatique

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention du diplôme de Master en Informatique

OPTION : SECURITE DES SYSTEMES D'INFORMATION

THEME

**Mise en oeuvre d'une solution de
préservation de la vie privée des usagers
mobiles dans une ville intelligente**

Réalisé par :
- LARBI BOUARMRANE Mohamed
- MERZOUK Fares Mounir

Devant le jury composé de :
- AROUSSI Sana Président
- BOUSTIA Narhimene Promotrice
- BERRAMDANE Djamila Examinatrice

Encadré par :
- BENNA Amel
- MEZIANE Abdelkarim

10 septembre 2020

Remerciements

Nous souhaiterions remercier toutes les personnes qui ont participé à la création de ce projet, nous ont aidé et supervisé pour sa réalisation et sa conclusion.

Tout d'abord nous souhaiterions remercier *notre promotrice*, madame l'attaché de recherche **Amel BENNA**, de nous avoir supervisé tout au long de ce projet et de nous avoir apporté ses remarques et conseils pour l'aboutissement de ce projet. Nous vous remercions pour la patience et l'attention que vous nous avez accordé au cours de ce projet.

Nous souhaiterions aussi remercier *notre co-promoteur*, le maître de recherche **Abdelkrim MEZIANE**, pour nous avoir accueilli au sein du CERIST et de nous avoir proposé ce sujet de master. Nous souhaiterions également le remercier pour l'aide qu'il nous a apporté au cours du projet.

Nous souhaiterions, enfin, remercier *notre co-promotrice* de l'université de Blida, le Docteur **Narhimene BOUSTIA**, d'avoir accepté de nous encadré pour ce projet. Nous la remercions également pour toutes les connaissances qu'elle nous a enseigné au cours de nos deux années de master.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

*A mes parents, **Mustapha et Nachida**, qui ont su me conseiller et me soutenir tout au long de mon cursus scolaire et à qui je dois tout. Les mots ne suffiront jamais pour décrire tous les efforts que vous avez fait pour faire de moi l'homme que je suis aujourd'hui.*

*A mon très cher frère, **Anis**, avec qui j'ai partagé des moments remplis de joies et de bonne humeur pendant plusieurs années et sur qui j'ai pu compter dans les moments de difficulté. Je te souhaite une vie pleine de réussite et de réaliser tous tes rêves. Tu resteras, pour toujours, mon meilleur ami et mon sang.*

*A mon grand frère et sa compagne, **Adel et Dalila**, qui, malgré la distance, ont su m'apporter le soutien et les conseils qui m'ont guidé durant mes choix universitaires. Vous resterez toujours présents dans mon cœur et j'espère que l'avenir me guidera dans vos pas afin que je puisse réaliser tout ce que vous avez pu réaliser jusque là.*

*A mon meilleur ami, **Zaki**, avec qui j'ai partagé tellement de souvenirs joyeux et qui a su me montrer son soutien moral et une épaule sur laquelle me reposer dans mes moments de détresse. Je ne te remercierais jamais assez d'être la personne que tu es.*

*A ma très chère amie, **Amina**, qui a su m'apporter l'ambiance et la bonne humeur au moment où j'en avais le plus besoin. Je te souhaite une vie pleine de succès et de bonnes surprises et j'espère que la vie fera en sorte que nos deux *destins* se recroisent de nouveau.*

*A ma meilleure amie d'enfance, **Amira**, avec qui j'ai partagé une jeunesse formidable pleine de fou rire et de bons moments. Tu seras toujours présente dans mon cœur malgré la distance qui nous sépare. Je te souhaite de vivre ta vie au maximum et de garder le sourire.*

*A mes chers amis, **Nabil, Chafik, Alaa, Tarek** et bien-sûr **Emmanuel**, avec qui j'ai partagé des souvenirs inoubliables dans l'espoir d'en partager encore d'autres dans le futur. Je vous souhaite de réaliser vos rêves et d'accomplir vos objectifs malgré les obstacles.*

Et enfin, à mon cher binôme et bras droit, **Adam**, sans qui ce travail n'aurait jamais vu le jour. Je n'aurais su trouver mieux comme partenaire de travail. Tu as su me rassurer dans les moments de stress et de doutes. Je te souhaite un avenir professionnel radieux.

Fares

Je dédie ce travail :

*A mes parents, **Hocine et Nacera**, pour avoir fait de moi l'homme que je suis aujourd'hui. Je vous remercie de tout mon coeur pour tous les sacrifices que vous avez fait pour moi depuis ma naissance. On dit qu'on ne choisit pas ses parents, mais si j'avais eu le choix, je vous aurais quand même choisi.*

*A mon jeune frère, **Mouadh** et mes très chères soeurs **Maroua, Radjaaa, Meriem, Hala**, pour m'apporter chaque jour l'ambiance et les fou-rires dans ma vie. Je vous souhaite d'avoir une vie pleine de succès et de combler vos parents de bonheur en les rendant fiers de vous.*

*A toute **ma famille** maternelle et paternelle. Je vous remercie tous autant que vous êtes. Je suis fier de partager mon nom avec une famille aussi forte et aussi soudée comme les doigts de la main.*

*A tous **mes amis**, sans cité les noms pour n'en oublier aucun, pour toutes les sorties, les soirées, les nuits et les journées passées à vos cotés. Au plaisir de partager encore plus de souvenirs à notre prochaine rencontre.*

*A ma deuxième famille, **les SCOUTS de Hadjout**, plus particulièrement, *mes collègues ainsi que mes disciples*. Je tiens spécialement à remercier mes mentors de m'avoir formé dès mon plus jeune âge et de m'avoir aidé sur mon développement personnel. Je vous remercie de m'avoir accorder une si grande hospitalité et de m'avoir tant de connaissances au fil des années.*

*A mon club d'informatique de l'université de Blida, **le CSCC**, pour m'avoir appris beaucoup de choses dans le domaine de l'informatique, particulièrement, dans le domaine de sécurité qui, plus tard, est devenu mon choix de spécialité grâce à eux.*

*A toute la famille **MERZOUK** pour m'avoir considéré comme votre propre fils, pour nous avoir permis de travailler dans les meilleures conditions de travail, plus particulièrement, *mon cher ami*, avant d'être mon binôme, **Fares** avec qui j'ai travaillé dur au cours de ce projet. Merci pour ton soutien moral, ta patience et ta compréhension tout au long de ce voyage. Je te souhaite beaucoup de bonheur et de succès sur ton chemin qui, j'espère, sera long et joyeux.*

Adam

Résumé

Dans une ville intelligente, tout est inter-connecté, des hôpitaux jusqu'aux restaurants en passant par les bâtiments administratifs et les moyens de transport. Cette inter-connectivité digitale doit passer par un partage de données des différents secteurs afin de pouvoir faire profiter le citoyen de la ville intelligente de tous les services qu'il demande de la plus simple des façons. Néanmoins, une moindre faille dans ce partage de données pourrait exposer les utilisateurs de ces services à des personnes malveillantes. Par ailleurs, tout type de données des citoyens peuvent être stockés dans divers appareils électroniques pour généraliser le concept d'intelligence. Le smart-phone est largement le plus utilisé pour ce genre de tâches. Toutefois, les smart-phones ne sont pas assez performants pour gérer les données sensibles des utilisateurs et se retrouve généralement confrontés au problème de sur-collecte de données. Grâce à cette généralisation du smart-phone, un second problème fait surface concernant les applications Location-Based Services (LBS). Malgré leur potentiel énorme, les risques de sécurité pour ces applications LBS pour la vie privée des usagers mobiles est considérable et doit absolument être traité au risque de freiner leur exploitation. Afin de remédier à tous les problèmes de sécurité cités précédemment, ce rapport propose quelques solutions de sécurisation, entre autres, le stockage de données dans un cloud-mobile pour la résolution du problème de sur-collecte de données, un système de localisation par zone pour la sécurisation du système de localisation des applications LBS, et enfin, l'algorithme K-anonymity pour la protection des données sensibles des citoyens de la ville intelligente au cours du partage de données.

Abstract

In a smart city, everything is interconnected, hospitals, restaurants, administrative buildings and means of transport. This digital interconnectivity involve sharing data from different sectors in order to provide smart city citizens all the required services. However, a smaller flaw in this sharing could expose users to malicious individuals. Moreover, all kind of citizen data are stored in various electronic devices to generalize the concept of intelligence. The smartphone is widely used for this kind of task. However, smartphones are not efficient enough to handle sensitive user data and usually ends up in data over-collection issues. Thanks to this generalization of the smartphone, a second problem arises, the Location-Based Services (LBS) applications. Despite their enormous potential, the security risks to the mobile users's privacy are considerable and must absolutely be solved at the risk of hampering their growth. In order to remedy all the security problems mentioned above, this report proposes some security solutions, among others, the data storage in a cloud-mobile for the problem of data overcollection, a localization system by zone to secure the location system of LBS applications, and finally, the K-anonymity algorithm to protect sensitive data of the smart city's citizens during data sharing.

ملخص

في المدينة الذكية ، كل شيء مترابط ، من مستشفيات إلى مطاعم ومباني إدارية وحتى وسائل النقل. لذلك وجب على هذا الترابط الرقمي أن يتضمّن مشاركة البيانات من مختلف القطاعات الخدمائية فيما بينها حتى تتمكن من تزويد مواطني المدن الذكية بجميع الخدمات التي يحتاجونها بأبسط الطرق. وعليه ، قد يؤدي وجود خلل صغير في مشاركة هاته البيانات إلى تعريض مستخدمي هذه الخدمات لأشخاص ضارين. و يمكن أيضا تخزين أي نوع من بيانات المواطن في مختلف الأجهزة الإلكترونية لتعميم مفهوم الذكاء. يعتبر الهاتف الذكي الجهاز الأكثر استعمالا لهذا النوع من المهام. ومع ذلك ، فإن الهواتف الذكية ليست متطورة بما يكفي للتعامل مع بيانات المستخدم الحساسة وهي أيضا تواجه مشكلة الإفراط في جمع البيانات عموما. وهذا ما نتج عنه مشكلة ثانية تتعلق بتطبيقات الخدمات القائمة على الموقع (LBS). على الرغم من إمكانياتها الهائلة ، إلا أن المخاطر الأمنية التي تمس خصوصية مستخدمي الهاتف الذكي بسبب هذه التطبيقات تعتبر كبيرة ويجب معالجتها مع المخاطرة بإعاقة عملها. من أجل معالجة جميع المشاكل الأمنية التي سبق ذكرها، يقترح هذا العمل بعض الحلول الأمنية ، من بين تلك الحلول تخزين البيانات في سحابة مخصصة للهواتف النقالة لحلّ مشكلة الإفراط في جمع البيانات ، ونظام تحديد المكان حسب المنطقة لتأمين نظام تعريف المواقع في تطبيقات LBS ، وأخيراً ، خوارزمية K-anonymity لحماية البيانات الحساسة لمواطني المدينة الذكية أثناء مشاركة البيانات.

Table des matières

Introduction générale	1
1 Villes intelligentes et problèmes de sécurité	3
1.1 Introduction	3
1.2 L'essor des villes intelligentes	3
1.2.1 Architecture IOT dans les villes intelligentes	5
1.2.2 Caractéristiques des villes intelligentes	6
1.3 Quelques problèmes de sécurité et de protection de vie privée de l'utilisateur dans les villes intelligentes	8
1.3.1 Menaces à la vie privée dans le partage et le datamining de données	9
1.3.2 Menaces sur la confidentialité dans le mashup de données	10
1.4 Conclusion	11
2 La sur-collecte des données dans les villes intelligentes	13
2.1 Introduction	13
2.2 Quelques approches de collecte de données de l'utilisateur mobile dans les villes intelligentes	13
2.3 Collecte de données d'objets en mouvement massif dans une ville intelligente	15
2.4 Data mining	16
2.5 Conséquences de sur-collecte de données	16
2.6 Quelques solutions proposées pour la résolution des problèmes de confidentialité	18
2.6.1 W3 Privacy pour les applications Location-Based Service (LBS)	18
2.6.2 Modèles d'évaluation et de sécurisation de données	20
2.6.3 La conception d'une framework cloud-mobile	23
2.6.4 Protection de la vie privée par K-anonymity	26
2.6.5 Avantages et limites des solutions proposées	28
2.7 Conclusion	29
3 Analyse et conception	30
3.1 Introduction	30
3.2 Méthode d'analyse et identification des besoins	30
3.2.1 Capture des besoins	30
3.2.2 Identification des acteurs et de leurs objectifs	32
3.3 Conception du système	32
3.3.1 Aperçu général de notre solution de sécurité	35
3.3.2 Anonymisation de données	36
3.3.3 Le Cloud-mobile	42

3.3.4 Brouillage et localisation	42
3.4 Conclusion	45
4 Implémentation	46
4.1 Introduction	46
4.2 Environnement de développement	46
4.3 Base de données FireBase par Google	47
4.4 Description du cas d'étude NirBy : Implémentation d'une application LBS	48
4.4.1 Architecture de l'application	48
4.5 Analyse de sécurité de l'application LBS et mise en avant de ses problèmes de sécurité	53
4.6 Application de notre solution de sécurité	53
4.6.1 Mise en place de la base de données dans le cloud	53
4.6.2 Anonymisation des données	54
4.6.3 Brouillage et localisation par zone	56
4.7 Conclusion	60
Conclusion générale	61
References	64

Table des figures

1.1	Architecture de ville intelligente	4
1.2	Architecture basée IOT	6
1.3	Caractéristiques des villes intelligentes	7
1.4	Interconnectivité dans une ville intelligente	9
2.1	Carte de densité et radius d'incertitude atour d'un utilisateur	19
2.2	Relation entre la risque de sécurité et la quantité de données sur-collectées avec SL=1	22
2.3	Relation entre la risque de sécurité et la quantité de données sur-collectées avec SL=2	22
2.4	Relation entre la risque de sécurité et la quantité de données sur-collectées avec SL=3	23
2.5	Architecture cloud-mobile	24
2.6	Exemple de généralisation de valeurs	28
3.1	Modèle en cascade méthode analyse	30
3.2	Diagramme de relations entre les fonctionnalités et le client	31
3.3	Diagramme de cas d'utilisation du client	33
3.4	Diagramme de cas d'utilisation de l'administrateur	34
3.5	Diagramme d'activité de l'administrateur	35
3.6	Aperçu de notre approche de sécurité pour une application mobile basée sur la géo-localisation	36
3.7	Anonymiser les données sensibles	39
3.8	Localisation exacte d'un utilisateur	43
3.9	Localisation sécurisé d'un utilisateur	44
3.10	Localisation de route à proximité de l'utilisateur	45
4.1	Authentification FireBase	48
4.2	Page d'accueil de l'application	49
4.3	Fenêtre d'inscription dans "NirBy"	50
4.4	Fenêtre de connexion dans "NirBy"	50
4.5	Fenêtres de consultation du profil dans "NirBy"	51
4.6	Consultation des écoles à coté de l'utilisateur dans un rayon de 300 mètres	52
4.7	Consultation des utilisateurs enregistrés dans l'application "NirBy"	53
4.8	Code source localisant l'utilisateur avec sa localisation exacte	57
4.9	Code source de localisation brouillé	58
4.10	Figure géométrique de système de décalage de la localisation	59
4.11	Figure géométrique de système de décalage de la localisation	60

Liste des tableaux

2.1	Comparaison de technologies de localisation populaires	16
2.2	Base de données non-anonymisée d'un hopital fictif [21]	27
2.3	Base de données anonymisée d'un hopital fictif [21]	28
3.1	Objectifs de sécurité	32
3.2	Dataset d'un hopital fictif	37
3.3	Tableau identifiant l'ID, le nom et le prénom des patients	38
3.4	Tableau montrant les tranches d'âge et le zipcode	38
3.5	Tableau d'identification des champs sensibles à anonymiser	40
3.6	Dataset anonymisé	41
3.7	Tableau montrant les résultats de l'anonymisation	42
4.1	Dataset généré automatiquement	55
4.2	Dataset anonymisé	56