

Université Saad DAHLEB -BLIDA-



Faculté des Sciences
Département d'Informatique

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du
Diplôme de MASTER en INFORMATIQUE

Option : Ingénierie des Logiciels

THÈME

**Implémentation d'un protocole de
planification pour la collection de
données agrégées dans un réseau
de capteurs sans fil**

Réalisé par : Rebhi Yacine Youcef et Mokdad Mohamed

Promoteur :

M. Bagaa Miloud

Encadreur :

Dr. Djennouri Djamel

Jury:

1. Mlle. Benblidia Nadjia (Presidente)
2. Mlle. Miloud Amal (Examinatrice)
3. Mme. Rezoug Nachida (Examinatrice)

Remerciements

Tout d'abord, je tiens à rendre grâce à Dieu tout puissant pour nous avoir donné le courage et la détermination nécessaires pour finaliser ce travail et le mener à terme.

Mon premier remerciement s'adresse au directeur de ce mémoire, Monsieur Baga Mouloud, attaché de recherche au CERIST, pour la qualité de son encadrement. Sa disponibilité et son attention du début à la fin de ce mémoire, ont été pour moi une aide précieuse et une source d'équilibre pour la réalisation de ce travail. Pour cela je renouvelle mes remerciements.

Je voudrai également remercier monsieur Djennouri Djamel qui nous as fait l'honneur d'être notre promoteur ainsi que pour son aide, ses conseils et son soutien durant ce projet

Je remercié, également le tous le personnel du CERIST pour leurs aide, leurs conseils ainsi que leurs soutiens tout au long de l'année.

Mes sincères remerciements et Madame Bessegu Hamida ainsi que Madame Naceur Djamilia, qui n'ont cessé de m'encouragé et m'ont offert l'opportunité de faire ce que j'aimais

Un grand Merci à mes amis, à tous ceux qui m'ont soutenu, a toute la clique (vous vous reconnaitrez), cette année auras été inoubliable à vos côtés, et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

Je remercie les membres de jury pour nous avoir fait l'honneur de juger notre travail

Je termine par dédicacer ce mémoire à mon père et ma mère qui sans eux tout cela n'aurait pas été possible ...

Remerciements

Tout d'abord, nous tenons rendre grâce à Dieu tout puissant pour nous avoir donné le courage et la détermination nécessaire pour finaliser ce travail et le mener à terme.

Je remercie notre promoteur M. Bagaa pour son aide précieuse et ses conseils avisés.

Je tiens aussi à remercier tous le personnel du CERIST pour leur sympathie, leurs aides et leurs encouragements.

Nous remercions les membres de jury pour nous avoir fait l'honneur de juger notre travail

Enfin, un grand merci à ma famille et mes amis qui m'ont encouragé tout le temps dans ma vie."

ملخص

ان التطورات الحديثة في تكنولوجيا الاتصالات اللاسلكية والإلكترونيات الدقيقة ساعدت في تطوير أجهزة استشعار لاسلكية منخفضة التكلفة. كما ان هذه الأخيرة مزودة بوحدة حساب، وذاكرة وواجهة اتصالات لاسلكية.

ولأجل ذلك، تم إنشاء نوع جديد من شبكات مخصصة لتوفير حلول مثيرة للاهتمام اقتصاديا لبيئة معقدة وموزعة. وهي شبكات الاستشعار اللاسلكية. التي يتمثل دورها في جمع البيانات من بيئة ونشرها داخل الشبكة. وان هذا النوع من الشبكات لديه تشكيلة واسعة من التطبيقات في المجال المدني أو العسكري أو الطبي.

ورغم ذلك، ما زالت شبكات الاستشعار اللاسلكية تعاني من مجموعة من العقبات المادية التي تؤدي إلى صعوبة إدارتها. وفي الواقع، أجهزة الاستشعار محدودة من حيث موارد الطاقة، وتخزين الذاكرة، والقدرة الحسائية وعرض النطاق الترددي، الخ.

يعد العثور على طريقة لتوجيه المعلومات الموزعة التي تجمعها أجهزة الاستشعار إلى المحطة الأساسية باستخدام تقنيات تجميع البيانات مع تقليل وقت الانتظار أحد مجالات البحث في شبكات الاستشعار اللاسلكية. وفي إطار مشروع نهاية دراستنا (تنفيذ بروتوكول برمجة تجميع البيانات في شبكات الاستشعار اللاسلكية) سنقوم بدراسة ومقارنة مختلف الخوارزميات الموجودة التي تعالج مشكلة تخطيط التجميع.

لحل هذه المشكلة وتقليل الوقت قمنا ببرمجة البروتوكول (DSCA) الذي هو واحد من بروتوكولات تخطيط تجميع البيانات الموجودة التي تقلل من الوقت واستهلاك الطاقة. والهدف من هذا المشروع هو برمجة البروتوكول واختبار أدائه على شبكة من أجهزة الاستشعار التجريبية.

الكلمات الرئيسية

أجهزة الاستشعار اللاسلكية. شبكات الاستشعار اللاسلكية. بروتوكول التخطيط لجمع البيانات المجمعة.

Résumé

Les récentes avancées dans les domaines des technologies de communication sans-fil et microélectroniques ont permis le développement à faible coût des capteurs sans fil. Ces derniers sont munis d'une unité de calcul, d'une mémoire et d'une interface de communication sans fil. De ce fait, une nouvelle variante de réseaux ad-hoc s'est créée afin d'offrir des solutions économiquement intéressantes pour des environnements complexes et distribués. Ce sont les réseaux de capteurs sans fil « *RCSF* », ayant pour rôle de collecter des données d'un environnement et de les diffuser au sein du réseau. Ce type de réseaux a une très grande variété d'applications dans le domaine civil, médical ou encore militaire. Cependant, ces réseaux de capteurs sans fil se caractérisent par un ensemble de contraintes matérielles qui compliquent leur gestion. En effet, les micro-capteurs sont limités en termes de ressources énergétiques, mémoire de stockage, capacité de calcul, bande passante, etc.

Un des axes de recherche dans les *RCSFs* consiste à trouver une méthode qui permet d'acheminer les informations distribuées récoltées par les nœuds de capteurs vers la station de base en utilisant les techniques d'agrégations de données tout en minimisant le temps d'attente. Dans le cadre de notre projet de fin d'étude « Implémentation d'un protocole de planification pour la collection de données agrégées dans un réseau de capteurs sans fil », nous allons étudier et comparer les différents algorithmes existant traitant le problème de planification de l'agrégation. Afin de palier à ce problème et afin de minimiser les délais nous allons implémenter le protocole *DSCA*, qui est l'un des protocoles de planification de l'agrégation de données existants qui minimise le délai et la consommation d'énergie. L'objectif de ce projet est d'implémenter le protocole *DSCA* et tester ses performances sur un réseau de capteurs expérimental constitué de capteurs MicaZ.

Mots Clés

Capteurs sans fils, Réseaux de capteurs dans fil, planification de l'agrégation, *DSCA*, MicaZ.

Abstract

The recent advances in wireless communication technologies and micro-electronics allow the development of low-cost wireless sensor nodes. The latter equipped with a calculation unit, a memory and a wireless communication antenna. Therefore, a new variant of ad-hoc networks has been created to provide economically interesting solutions for remote monitoring and data processing in complex and distributed environments. The main objective of wireless sensor network (WSN) is the collect of data from the environment. Wireless sensor network has a wide range of applications, such as health-care, environment and military. Wireless sensor network is characterized by a set of physical constraints that complicate their management. In fact, the micro-sensors are limited in terms of energy consumption, memory storage, computing capacity, bandwidth, etc...

One of the research areas in WSN is how to gather data from nodes to the base station with a distributed manner. Data aggregation is an important mechanism to reduce energy consumption when gathering data. In the context of this final project study “Implementation of data aggregation scheduling protocol in WSN”, we will review and compare the different existing solutions that aim to schedule data aggregation. To resolve data aggregation problem and minimize time latency, we implement *DSCA* protocol, which is one of the data aggregation scheduling protocols. The objective of this project is to produce a real implementation of *DSCA* protocol and thus test it in a test-bed which composed with MicaZ sensors.

Keywords

Micro-Sensors, Wireless Sensor Network, data aggregation scheduling, *DSCA*, MicaZ.

Sommaire

Introduction générale 1

Chapitre -I- : Généralités sur les réseaux de capteurs sans fil

1. Introduction 4

2. Les domaines d'application 4

 2.1 Le domaine militaire 4

 2.1.1 Le contrôle de la gestion des forces 4

 2.1.2 La surveillance et le contrôle des champs de bataille 5

 2.1.3 La Protection 5

 2.2 Domaine de la sécurité 5

 2.3 Domaine environnemental 5

 2.4 Domaine médical et vétérinaire 7

 2.5 Domaine du traçage et de la localisation 7

 2.6 Domaine Industriel 8

 2.7 Maison, bureau, et vie civile 8

3. Le Capteur sans fil 9

 3.1 La structure matérielle (Hardware) 10

 3.1.1 L'unité de captage 11

 3.1.2 L'unité de traitement 11

 3.1.3 L'unité de communication 11

 3.1.4 L'unité d'énergie 11

 3.1.5 Les unités optionnelles 11

 3.2 La structure logicielle (Software) 12

 3.2.1 Système d'exploitation 12

3.2.2 Les Pilotes (Sensor Driver)	13
4. Le réseau de capteurs sans fil	14
4.1 Les caractéristiques d'un réseau de capteur sans fil.....	14
4.2 Le pile protocolaire de communication dans les <i>RCSFs</i>	15
4.2.1 Les couches de la pile protocolaire	16
4.2.2 Les niveaux de gestion d'énergie dans les réseaux de capteur sans fils...17	
5. Conclusion.....	18

Chapitre -II- : Stratégies d'optimisation dans les réseaux de capteur sans fil

1. Introduction	20
2. Modelés de communication dans les réseaux de capteur sans fil	20
2.1. Modèle basée évènement (<i>Event-Driven</i>)	20
2.2. Modèle périodique	21
2.3. Modèle hybride	21
3. L'acheminement des données dans les <i>RCSFs</i>	21
3.1. L'acheminement des données dans un cluster	22
3.2. L'acheminement des données dans un arbre	22
4. Techniques de conservation d'énergie	23
4.1. La surconsommation d'énergie	23
4.2. Mode d'économie d'énergie	25
4.3. Duty-Cycling	25
4.4. L'agrégation de données dans les réseaux de capteur sans fil.....	26
4.4.1. Définition	26
4.4.2. Types d'agrégation de données	27
4.4.3. Différences entre l'agrégation de données et le routage	28

4.4.4. L'impacte de l'agrégation de données sur les délais29

5. Conclusion29

Chapitre -III- : Les solutions d'acheminement des données agrégées

1. Introduction.....31

2. Etudes et comparaison des protocols existants.....31

 2.1. NCA (Nearly Constant Approximation)..... 31

 2.2. DAS (Distributed data Aggregation Scheduling)..... 32

 2.3. ACS (Agregation Converge-cast Scheduling)..... 33

 2.4. PDA (Peony-tree-based aggregation).....33

 2.5. SDA (Shortest Data Aggregation).....34

 2.6. ISDA (Improved SDA).....35

 2.7. CIAS (Centralised Improved Data Aggregation Scheduling).....35

 2.8. SAS (Sequential Aggregation Scheduling)..... 36

3. Classification des algorithms..... 37

4. Conclusion..... 38

Chapitre -IV- : Implémentation du protocole *DSCA*

1. Introduction..... 40

2. *DSCA* (Distributed Simultaneous Construction and data Aggregation scheduling)..... 41

 2.1. Modèle réseau..... 42

 2.2. Description de l'algorithme.....42

 2.2.1. L'état Not Ready (NRY)..... 45

 2.2.2. L'état Wait0 (w0).....46

 2.2.3. L'état Ready (RY).....46

 2.2.3.1. Sélection du parent et du Slot..... 46

 2.2.3.2. Planification des nœuds en réseau.....48

 2.2.4. L'état Wait1 (W1).....50

3. Framework DADIDA.....	51
3.1. Présentation du Framework.....	51
3.1.1. Radio-Manager.....	52
3.1.2. Task-Scheduler.....	52
3.1.3. Neighborhood-Manager.....	52
3.1.4. DSCA.....	53
3.1.5. Data-Manager.....	53
3.2. DADIDA : Etapes et description.....	53
4. Conclusion.....	58

Chapitre -V- : Implémentation, simulation et résultats

1. Introduction.....	60
2. Les outils utilisés.....	61
2.1.1. Le Matériel.....	61
2.1.2. TinyOS.....	61
2.1.3. NesC.....	62
2.1.4. Python.....	62
2.1.5. Gnuplot.....	63
2.1.6. Le simulateur TOSSIM.....	63
2.1.7. L’émulateur Avrora.....	63
3. Résultats de simulation de DSCA.....	64
3.1. Temps de latence.....	65
3.2. Répartition des nœuds parents entre niveaux.....	67
3.3. Pourcentage de Slot explorées.....	69
3.4. Le nombre maximum d’enfants par nœud.....	70
3.5. Message générée.....	71
4. Simulation et Tests réel de DADIDA.....	72
4.1. Simulation de DADIDA.....	72
4.1.1. Goodput.....	75
4.1.2. Latency.....	76

4.1.3. Duty-Cycle.....	77
4.2. Tests réels de DADIDA.....	78
4.2.1. Description de déploiement des nœuds	78
4.2.2. Description de la topologie de simulation.....	79
4.2.3. Description de la planification des nœuds	80
4.2.4. Résultat Obtenu	83
5. Conclusion.....	85

Conclusion générale est perspectives.....	86
--	-----------

Références bibliographiques	88
--	-----------