

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'Électronique et d'Informatique, Institut d'Informatique

**Ecole Doctorale
Ingénierie des Systèmes Informatiques**

THESE
Présentée pour l'obtention du grade de :

MAGISTER

Spécialité : Informatique Mobile

Par

M. Loucif AMIROUCHE

SUJET

**Tolérance aux Défaillances des Actionneurs
dans les Réseaux de Capteurs et
d'Actionneurs.**

JURY

Dr	Mahfoud BENCHAIBA	USTHB	(Président).
Prof	Nadjib BADACHE	USTHB	(Directeur de Thèse).
Dr	Djamel DJENOURI	CERIST	(Co-encadreur).
Dr	Omar NOUALI	CERIST	(Examineur).

Juin 2010

Remerciements

En ouverture, je tiens à remercier en premier lieu le Professeur Nadjib BADACHE et Docteur Djamel DJENOURI, mes directeurs de thèse pour leur encouragement, leur disponibilité, leurs idées, leurs conseils et leur sympathie qui m'ont permis de mener à bien cette thèse.

Je tiens à dire toute ma gratitude au Docteur Djamel DJENOURI ! Je pourrai écrire un cinquième chapitre rien que sur ce jeune et talentueux Docteur. Merci! Pour m'avoir encadré!! au sens propre du terme, puis pour m'avoir fait confiance en me confiant ce sujet de thèse et pour m'avoir accompagné, encouragé et conseillé au cours de ces années tant sur le plan technique que humain.

Je tiens à remercier très chaleureusement les membres du jury. J'aimerais aussi souligner la gentillesse particulièrement touchante de Dr BENCHAIBA Mahfoud Maitre de Conférences Classe A à l'USTHB qui a présidé le jury de ma thèse. Merci au Dr NOUALI Omar, Maitre de recherche Class A, CERIST, pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de rapporter ce travail.

J'adresse également mes sincères remerciements à ma famille; ma mère et mes deux sœurs pour m'avoir aidé à surmonter tous les obstacles et à me forger à travers les difficultés vécues durant toute cette période de travail. C'est donc avec le plus grand plaisir que je remercie ma très chère maman qui n'a jamais cessé de me demander mon état d'avancement chaque week-end.

À présent, je m'arrête pour saluer tous les acteurs de mon quotidien au CERIST, à l'USTHB et à ELIT, c'est l'occasion de remercier toutes les personnes que j'ai pu croiser durant ces années et qui ont toutes, à leur manière, embelli ces années de thèse.

Un grand merci à tous les membres du laboratoire réseaux de capteur au sein de CERIST qui m'ont procuré une ambiance chaleureuse pour effectuer mon travail. Je tiens à remercier particulièrement Mr Abdelraouf OUADJAOUT pour les précieux conseils qui ma prodigué sur la partie simulation.

Mes derniers remerciements vont à Cheraz, qui m'accompagne avec tant de bonheur depuis un bon bout de temps maintenant. Un ange qui me fait oublier la fatigue et le stress de tous les jours. Merci pour ta patience et ton aide à nulle autre pareille. Les derniers mois de thèse furent, à tes côtés, un ravissement et une joie que nous continuons à partager.

Enfin et avant tout, le grand et le vrai merci à Dieu qui m'a donnée la force et la vie pour accomplir cette tâche.

À vous tous, merci !

Résumé

La nécessité des WSANs s'est fait sentir par ses divers domaines d'application, qu'ils soient civils, médical ou militaires. De plus, les enjeux économiques qu'il représente et la qualité de service qu'il permet d'obtenir en précision et temps de réponse, font de ce type de réseau un domaine de recherche très attractif.

Néanmoins, cette classe de réseaux émergente soulève un certain nombre de défis, tel que la tolérance aux défaillances des actionneurs déployés avec un nombre limité et devant parfois être mobiles pour couvrir une région plus grande. Ces actionneurs, en plus des pannes traditionnelles de batterie et d'interface radio, sont sujets à des pannes mécaniques sur l'unité d'actuation.

Peu de travaux ont été réalisés pour répondre au problème de la tolérance aux défaillances des actionneurs dans les WSANs. Dans [OHE07], Les auteurs ont utilisés un model Multi Actionneurs Multi Capteur avec une coordination semi-passive (SPC). Cette dernière se base principalement sur l'élection d'un actionneur primaire unique qui prend la décision de la tâche à exécuter suivant les données captées transmises par les capteurs et les autres actionneurs backup. En cas de défaillance de l'actionneur primaire, un algorithme de consensus est exécuté pour choisir un autre actionneur primaire parmi les backups. Cette technique permet d'assurer la tolérance aux défaillances des actionneurs, mais avec une certaine latence, le temps de choisir un remplaçant à l'actionneur primaire. Par ailleurs, nous avons constaté que les techniques de redondance et de réplication utilisées dans WSN ne sont pas adaptées pour tolérer les pannes des actionneurs : la première exige un grand nombre d'actionneurs, et la seconde augmente la consommation d'énergie des capteurs qui font transiter la donnée dupliquée entre les différents actionneurs.

Nous avons proposé un protocole de clustering rapide et local qui permet d'obtenir des clusters autoréparables CA de taille égales où chaque cluster contient deux actionneurs CH_i et CH_j . La gestion d'un cluster C_i en interne incombe au CH_i . Dans le cas de panne d'un CH_i , le CH_j voisin membre d'un même CA peut le remplacer dans toutes ses tâches de décision et d'actuation. Nous avons aussi proposé un protocole de routage adapté qui prend en compte les contraintes de latence et de consommation d'énergie.

Nous avons simulé notre protocole sous TOSSIM et nous l'avons comparé à des protocoles existant pour montrer son efficacité en termes de taux de réussite et de latence de temps d'exécution.

Mots clés : Réseau de capteurs et d'actionneurs, Tolérance aux défaillances, Clustering, QoS, Routage dynamique, Tinyos, TOSSIM.

Sommaire

Introduction	- 1 -
Chapitre I : Les réseaux de capteurs et d'actionneurs.....	- 1 -
1. Introduction :	- 2 -
2. Micro-capteur :	- 3 -
2.1. Présentation :	3
2.2. Caractéristiques physiques d'un micro-capteur :	4
2.3. Architecture matérielle d'un micro-capteur :	5
2.4. Types de capteur :	5
3. Actionneur	6
3.1. Présentation :	6
3.2. Architecture matérielle d'un actionneur :	7
4. Architectures d'un Réseau de capteur et d'actionneur :	7
4.1. Architecture semi-automatique :	8
4.2. Architecture automatique :	9
5. Les domaines d'applications	10
5.1. Applications militaires :	10
5.2. Support logistique :	11
5.3. Applications médicales :	11
5.4. Applications à la robotique :	12
6. Le Clustering dans les WSANs:	12
7. La sécurité dans les WSANs :	13
8. La pile de protocole dans les WSANs :	14
8.1. Plan de management :	14
8.2. Plan de Coordination :	15
8.3. Plan de communication :	16
9. Conclusion :	18
Chapitre II : La tolérance aux défaillances dans les WSANs.....	19
1. Introduction :	20
2. Classification des défaillances.....	20
2.1. Classification selon les couches :	20
2.2. Classification selon les types	22
2.3. Classifications selon la fréquence d'occurrence	22
3. Procédure de tolérance aux défaillances :	23
4. Prise en charge des défaillances.....	25
4.1. Placement des nœuds relais :	26
4.2. Contrôle de topologie :	27
5. Tolérance aux défaillances des actionneurs :	28
6. Conclusion	30

Chapitre III : Proposition d'une nouvelle technique de clustering et d'un protocole de routage	31
1. Introduction :	32
2. Schéma de déploiement :	33
2.1. Schéma de déploiement Capteurs-Actionneurs:	33
2.2. Schéma de déploiement Capteurs-Actionneurs-Equipements d'Actuation:	34
2.3. Choix du schéma de déploiement :	35
3. Schéma de déploiement et le modèle de communication:	36
4. Techniques proposées pour assurer une FT des Actionneurs:.....	37
4.1. Mobilité de l'action :	37
4.2. Cluster Autoréparable :	38
4.3. Communication tolérante aux défaillances dans un CA :	41
5. Protocole proposé:.....	44
5.1. Principe de fonctionnement :	44
5.2. Constantes et variables:	50
5.3. Evénement :	51
5.4. Algorithme :	52
6. Conclusion	54
Chapitre IV : Environnement, démarche et résultat des simulations.....	55
1. Introduction :	56
2. TinyOS :	56
2.1. Propriété de TinyOS :	57
2.2. Principe général :	57
2.3. Langage NesC	58
3. Simulateur de TinyOS : TOSSIM.....	58
3.1. Présentation :	58
3.2. Architecture générale:	59
4. Choix des critères d'évaluations :	60
5. Scénarii de simulation :	61
5.1. Scénario 1 :Taux d'erreur des actionneurs.....	61
5.2. Scénario 2 : scalabilité de nombre de nœuds.	61
6. Résultats de la simulation :	62
7. Conclusion :	67
Conclusion.....	69
Bibliographies	71