

N°D'ORDRE : 12/2006-M/IN

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE
« HOUARI BOUMEDIENE »
FACULTE D'ELECTRONIQUE ET D'INFORMATIQUE

THESES

Présentée pour l'obtention du diplôme de

MAGISTER

En : INFORMATIQUE

Spécialité : programmation et systèmes

Par : **ZEGHILET HOUDA**

SUJET

La diffusion dirigée avec conservation d'énergie dans les réseaux de capteurs

Soutenu le 13/12/2006, devant le jury composé de :

Mr. AHMED NACER M.	Professeurs, USTHB	Président
Mr. BADACHE N.	Professeurs, USTHB	Directeur de thèse
Melle. BENSAOU N.	Maitre de conférences, USTHB	Examineur
Mr. NOUALI O.	Maitre de Recherche , CERIST	Examineur
Mr. TANDJAQUI D.	Chargé de conférence, USTHB	Examineur

Résumé :

La technologie des réseaux de capteurs est une technologie clé pour les années futures. Des composants d'un coût raisonnable, intelligents (capacités de traitement), avec plusieurs capteurs à bord, interconnectés à travers des liens sans fil sont déployés en grand nombre dans différents endroits. Cette interconnexion a un effet profond et des opportunités sans précédents dans beaucoup d'applications militaires et civiles.

Pour assurer la communication entre les nœuds dans un réseau de capteurs, plusieurs protocoles de routage ont été proposés. Une nouvelle approche de routage orienté données est apparue pour ce type de réseaux. La diffusion dirigée est un exemple de protocole de routage orienté données. Il applique une identification des données sous forme de paires attribut/valeur et utilise des traitements intra-réseau (l'agrégation, le cache, ...etc.) dans le routage de données.

En l'absence d'un système d'adressage global dans les réseaux de capteurs, les protocoles de routage, notamment, la diffusion dirigée font recours au mécanisme d'inondation. Ce dernier est très coûteux en terme de consommation d'énergie. Celle-ci constitue, dans les réseaux de capteurs, une ressource limitée qui doit être prise en compte dans tous les niveaux de l'architecture.

Dans cette thèse, nous avons proposé une amélioration pour le paradigme de la diffusion dirigée en vue de le rendre plus efficace en consommation d'énergie. Pour cela, une description de la diffusion dirigée est d'abord donnée décrivant ses caractéristiques et son principe de fonctionnement. Par la suite, une étude des caractéristiques de dissipation d'énergie vient mettre en évidence les niveaux de consommation et de conservation d'énergie dans les réseaux de capteurs.

Après ce constat, un état de l'art des travaux de conservation d'énergie dans le paradigme de la diffusion dirigée est élaboré. Cet état de l'art présente l'ensemble des solutions proposées dans ce domaine ainsi que des discussions décrivant les avantages et les limitations des différentes solutions. Basées sur les discussions et critiques effectuées, des améliorations à ce paradigme ont été proposées, elles consistent essentiellement en:

- L'amélioration d'un algorithme de clustering afin de prendre en compte les états énergétiques des nœuds lors de la formation et la maintenance de la topologie.
- Ensuite appliquer cet algorithme avec la diffusion dirigée dans le but de prolonger la durée de vie des nœuds et ainsi de tout le réseau.

Une évaluation de performances de la solution proposée est réalisée à l'aide du simulateur NS 2.

Mots clés :

Diffusion Dirigée, Conservation d'énergie, Clustering Passif, Simulation.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	4
1. LES RESEAUX DE CAPTEURS ET LA DIFFUSION DIRIGEE	6
1.1 INTRODUCTION.....	6
1.2 LES RESEAUX MOBILES AD HOC	7
1.3 LES RESEAUX DE CAPTEURS.....	8
1.3.1 <i>Architecture d'un nœud capteur</i>	8
1.3.2 <i>Le modèle d'un réseau de capteurs</i>	9
1.3.3 <i>Le matériel</i>	9
1.3.4 <i>Les systèmes d'exploitation</i>	10
1.3.5 <i>Application des réseaux de capteurs</i>	10
1.3.6 <i>Caractéristiques d'un réseau de capteurs</i>	11
1.3.7 <i>Comparaison entre les réseaux de capteurs et les réseaux Ad hoc</i>	11
1.4 LA DISSEMINATION DE DONNEES DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS	12
1.4.1 <i>Classification des protocoles de routage dans les réseaux de capteurs</i>	12
1.4.1.1 Les protocoles géographiques.....	13
1.4.1.2 Les protocoles hiérarchiques.....	13
1.4.1.3 Les protocoles orientés qualité de service.....	13
1.4.1.4 Les protocoles centrés données.....	13
1.5 LA DIFFUSION DIRIGEE	14
1.5.1 <i>Terminologie</i>	14
1.5.2 <i>L'identification des données</i>	15
1.5.3 <i>La propagation des intérêts</i>	15
1.5.4 <i>Etablissement des gradients</i>	16
1.5.5 <i>La propagation des données exploratrices</i>	16
1.5.6 <i>Le renforcement</i>	16
1.5.7 <i>La dissémination des données</i>	17
1.5.8 <i>La programmation d'un réseau de capteurs (APIs de publication/souscription)</i>	17
1.5.9 <i>Les algorithmes de dissémination</i>	18
1.5.9.1 La diffusion Pull à deux phases	18
1.5.9.2 La diffusion Push	18
1.5.9.3 La diffusion Pull à une phase	18
1.5.10 <i>Discussion</i> :.....	19
1.6 CONCLUSION :.....	19
2. LA CONSOMMATION ET LA CONSERVATION D'ENERGIE DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS.....	21
2.1 INTRODUCTION.....	21
2.2 LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS UN NŒUD CAPTEUR.....	21
2.2.1 <i>La consommation d'énergie dans l'unité centrale de traitement</i>	22
2.2.2 <i>La consommation d'énergie au niveau des capteurs</i>	22
2.2.3 <i>La consommation d'énergie dans le système de communication</i>	22
2.2.4 <i>Consommation d'énergie et modes de fonctionnement</i>	22
2.2.5 <i>Les caractéristiques de la batterie</i>	24
2.2.6 <i>Le convertisseur DC-DC</i>	25
2.3 LA CONSERVATION D'ENERGIE DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS	25
2.3.1 <i>Optimisation d'énergie au niveau d'un nœud capteur</i>	26
2.3.1.1 L'étape de calcul.....	26
2.3.1.2 Les logiciels	26
2.3.1.3 Gestion de puissance de la radio.....	27
2.3.1.4 La coordination au niveau du nœud.....	28
2.3.2 <i>Conservation de l'énergie dans le réseau</i>	29

2.3.2.1	Le contrôle de la puissance de transmission	29
2.3.2.2	Gestion de la couche MAC	30
2.3.2.3	Les protocoles de contrôle de topologie : entre le MAC et le routage.....	32
2.3.2.4	Le routage	33
2.4	CONCLUSION	34
3.	LA CONSERVATION D'ENERGIE DANS LA DIFFUSION DIRIGEE.....	35
3.1	INTRODUCTION.....	35
3.2	LA CONSOMMATION D'ENERGIE DANS LA DIFFUSION DIRIGEE	35
3.3	LES PROTOCOLES DE CONSERVATION D'ENERGIE DANS LA DIFFUSION DIRIGEE	36
3.3.1	<i>Le Rumor routing</i>	36
3.3.2	<i>Routage à base de gradient</i>	37
3.3.3	<i>La diffusion dirigée avec routage géographique (GEAR)</i>	38
3.3.4	<i>Le routage efficace en consommation d'énergie (Energy Aware Routing)</i>	40
3.3.5	<i>La diffusion dirigée avec énergie solaire</i>	41
3.3.6	<i>La diffusion dirigée avec routage multiple</i>	42
3.3.6.1	Solution 1	43
3.3.6.2	Solution 2	44
3.3.7	<i>La diffusion dirigée avec le clustering passif</i>	45
3.3.7.1	Discussion et critiques	46
3.4	CONCLUSION	47
4.	PRESENTATION D'UNE AMELIORATION D'UN ALGORITHME DE CLUSTERING POUR LA CONSERVATION D'ENERGIE DANS LA DIFFUSION DIRIGEE	48
4.1	INTRODUCTION.....	48
4.2	POURQUOI LE CLUSTERING ?.....	48
4.3	LE CLUSTERING DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS	49
4.3.1	<i>Le clustering passif</i>	49
4.3.1.1	Les éléments du clustering passif.....	50
4.3.1.2	Le principe de fonctionnement	51
4.4	LE CLUSTERING PASSIF EFFICACE EN CONSOMMATION D'ENERGIE: ENERGY AWARE PASSIVE CLUSTERING (EAPC)	52
4.4.1	<i>Les éléments du protocole :</i>	53
4.4.1.1	Les états des noeuds.....	53
4.4.1.2	L'entête des messages manipulés	53
4.4.2	<i>Les règles de fonctionnement</i>	53
4.4.3	<i>Les étapes de l'algorithme</i>	54
4.4.3.1	L'étape d'initialisation	54
4.4.3.2	L'étape de formation et de maintenance :	55
4.4.4	<i>La définition et la réévaluation des paramètres</i>	57
4.5	L'APPLICATION DU EAPC AVEC LA DIFFUSION DIRIGEE	57
4.5.1	<i>Les hypothèses de travail</i>	58
4.5.2	<i>Le principe</i>	58
4.5.3	<i>La structure des messages</i>	59
4.5.4	<i>L'implémentation du protocole</i>	60
4.6	CONCLUSION	60
5.	EVALUATION DE PERFORMANCES DE LA SOLUTION PROPOSEE	62
5.1	INTRODUCTION.....	62
5.2	ENVIRONNEMENT DE SIMULATION.....	62
5.2.1	<i>Le simulateur NS (Network Simulator)</i>	63
5.2.2	<i>Architecture de NS</i>	63
5.2.3	<i>La diffusion dirigée dans NS</i>	64
5.2.4	<i>Le modèle d'énergie dans NS</i>	65
5.2.5	<i>Implémentation de la solution dans NS</i>	65

5.3	LES ELEMENTS DE LA SIMULATION	66
5.3.1	<i>La version de la diffusion dirigée</i>	66
5.3.2	<i>La charge du réseau :</i>	66
5.3.3	<i>Le modèle d'énergie</i>	67
5.4	LES SCENARIOS	67
5.4.1	<i>Génération des scénarios</i>	68
5.4.2	<i>Les paramètres de la simulation</i>	68
5.5	LES METRIQUES	69
5.5.1	<i>1^{er} cas : une quantité d'énergie suffisante</i>	69
5.5.2	<i>2^{ème} cas : une quantité d'énergie insuffisante</i>	71
5.6	RESULTATS ET INTERPRETATION DES RESULTATS	71
5.6.1	<i>Une quantité d'énergie suffisante</i>	71
5.6.1.1	Effet de la topologie du réseau.....	71
5.6.1.2	Effet du trafic	73
5.6.2	<i>Une quantité d'énergie insuffisante</i>	75
5.6.2.1	Effet de la topologie du réseau.....	75
5.6.2.2	Effet du trafic	76
5.6.3	<i>Une quantité d'énergie variable</i>	78
5.7	CONCLUSION	79
6.	CONCLUSION	81
7.	BIBLIOGRAPHIE	83