

---

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche  
scientifique

**Institut National de formation en Informatique (I.N.I)  
Oued Smar, Alger**

**Mémoire de fin d'études**

pour l'obtention du diplôme  
d'ingénieur d'état en informatique

**Option** : Systèmes informatiques

**Routage dans les réseaux de capteurs sans fil :  
Optimisation du protocole Directed Diffision**

**Réalisé par :**  
DOUFENE Naouel  
HADJAMMAR Hani

**Proposé par :**  
KHELLADI Lyes  
(CERIST)

**Promotion** : 2005/2006

---

---

## RESUME

La conception des réseaux de capteurs est fortement influencée par la limitation de la ressource énergétique disponible au niveau de chaque nœud. Actuellement, la plupart des travaux de recherche sur ces réseaux sont consacrés à la conception de nouveaux protocoles de routage efficaces en consommation d'énergie, facilitant la transmission des données captées vers l'utilisateur du réseau.

Dans cette optique, nous nous sommes intéressés dans notre projet à l'un des protocoles de routage les plus répandus, à savoir Directed Diffusion, dans le but d'améliorer sa consommation d'énergie particulièrement dans les réseaux à forte densité.

Les résultats de simulation obtenus ont montré que notre amélioration, nommée Power-Aware Directed Diffusion (PADD), permet une meilleure consommation d'énergie par rapport à Directed Diffusion.

Mots clés : Réseaux de capteurs sans fil, Directed Diffusion, routage efficace en consommation d'énergie.

## ABSTRACT

The design of Wireless Sensor Networks (WSNs) is strongly influenced by the limitation of the energy resource available on each node. Nowadays, most of the research efforts in the field of sensor networks have been devoted to develop new energy-efficient routing protocols that facilitate the communication of the sensed data to the network users.

Accordingly, we focused our study on one of the most prominent routing protocols in WSNs, namely Directed Diffusion, in order to improve its energy efficiency, particularly in densely-deployed sensor networks. The simulation results showed that our enhanced protocol, called Power-Aware Directed Diffusion (PADD), allows better energy consumption when compared to Direct Diffusion.

Key words: Wireless sensor networks, Directed Diffusion, energy-efficient routing.

---

---

# SOMMAIRE

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE 1 LES RESEAUX MOBILES ET LES RESEAUX DE CAPTEURS SANS FIL .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Les réseaux mobiles .....</b>	<b>4</b>
1.2.1 Les différents types d'unités mobiles .....	4
1.2.2 Les catégories de technologies mobiles .....	5
1.2.3 Classification des réseaux mobiles .....	7
<b>1.3 Les réseaux Ad hoc.....</b>	<b>9</b>
1.3.1 Définition .....	9
1.3.2 Fonctionnement .....	9
1.3.3 Modélisation d'un réseau ad hoc.....	10
1.3.4 Caractéristiques des réseaux ad hoc.....	11
1.3.5 Applications des réseaux ad hoc .....	12
1.3.6 Comparaison entre les réseaux ad hoc et les réseaux avec infrastructure.....	13
<b>1.4 Les réseaux de capteurs.....</b>	<b>14</b>
1.4.1 Description .....	14
1.4.2 Les micro-capteurs.....	15
1.4.3 Applications des réseaux de capteurs .....	19
1.4.4 Différences entre les réseaux de capteurs et les réseaux ad hoc .....	22
1.4.5 Pile protocolaire des réseaux de capteurs .....	24
<b>1.5 Conclusion.....</b>	<b>28</b>
<b>CHAPITRE 2 LE ROUTAGE DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS.....</b>	<b>29</b>
<b>2.1 Introduction.....</b>	<b>29</b>
<b>2.2 Routage et réseaux de capteurs .....</b>	<b>30</b>
<b>2.3 Facteurs de conception des protocoles de routage .....</b>	<b>30</b>
2.3.1 La tolérance aux pannes.....	31
2.3.2 La scalabilité .....	32
2.3.3 La limitation des capacités .....	32
2.3.4 Le déploiement des nœuds.....	33
2.3.5 La mobilité .....	33
2.3.6 Le modèle de livraison de données .....	34
2.3.7 L'hétérogénéité.....	35
2.3.8 La consommation d'énergie .....	36

---

---

<b>2.4 Classification des protocoles de routage .....</b>	<b>37</b>
2.4.1 Les protocoles Centrés-Données .....	37
2.4.2 Les protocoles Hierarchiques .....	40
2.4.3 Les protocoles basés-localisation .....	41
2.4.4 Les protocoles basés QoS (Quality of Service) .....	42
<b>2.5 Conclusion .....</b>	<b>43</b>
<b>CHAPITRE 3 LE PROTOCOLE DIRECTED DIFFUSION .....</b>	<b>44</b>
<hr/>	
<b>3.1 Introduction.....</b>	<b>44</b>
<b>3.2 Fonctionnement de Directed Diffusion .....</b>	<b>45</b>
3.2.1 Dissémination des intérêts et établissement des gradients .....	45
3.2.2 Propagation des données .....	47
3.2.3 Renforcement positif .....	48
3.2.4 Renforcement négatif.....	51
<b>3.3 Résumé du fonctionnement du protocole .....</b>	<b>54</b>
<b>3.4 Avantages et inconvénients de Directed Diffusion.....</b>	<b>54</b>
<b>3.5 Conclusion .....</b>	<b>56</b>
<b>CHAPITRE 4 PROPOSITION D'UNE OPTIMISATION POUR LE PROTOCOLE DIRECTED DIFFUSION : POWER-AWARE DIRECTED DIFFUSION .....</b>	<b>57</b>
<hr/>	
<b>4.1 Introduction.....</b>	<b>57</b>
<b>4.2 Modèle de consommation d'énergie adopté.....</b>	<b>58</b>
4.2.1 Portée de communication et puissance de transmission .....	58
4.2.2 Liens redondants du point de vu consommation d'énergie .....	59
<b>4.3 Étude de l'amélioration de référence.....</b>	<b>61</b>
4.3.1 Étape de configuration .....	61
4.3.2 Utilisation d'une métrique de consommation d'énergie dans le routage .....	65
<b>4.4 Inconvénients de l'amélioration .....</b>	<b>67</b>
<b>4.5 Description de Power-Aware Directed Diffusion.....</b>	<b>69</b>
4.5.1 Étape de configuration .....	69
4.5.2 Utilisation d'une métrique de consommation d'énergie dans le routage .....	72
<b>4.6 Comparaison entre DD et PADD .....</b>	<b>79</b>
<b>4.7 Conclusion .....</b>	<b>80</b>

---

---

<b>CHAPITRE 5 SIMULATIONS ET INTERPRETATION DES RESULTATS.....</b>	<b>81</b>
<b>5.1 Introduction.....</b>	<b>81</b>
<b>5.2 Environnement de simulation .....</b>	<b>82</b>
5.2.1 Choix du simulateur .....	82
5.2.2 Aperçu sur GloMoSim .....	83
5.2.3 Fonctionnement .....	84
<b>5.3 Implémentation des protocoles dans Glomosim .....</b>	<b>86</b>
<b>5.4 Difficultés rencontrées lors de l'implémentation .....</b>	<b>87</b>
5.4.1 Extensions/Modifications apporté à Glomosim .....	87
5.4.2 Le problème de perte de paquets .....	90
<b>5.5 Simulations .....</b>	<b>90</b>
5.5.1 Métriques considérées .....	90
5.5.2 Démarche de simulation .....	91
5.5.3 Résultats de simulation .....	93
<b>5.6 Conclusion .....</b>	<b>102</b>
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>	<b>103</b>
<b>RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....</b>	<b>105</b>

---