

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



MA SI INF 1193

N° d'ordre:

**UNIVERSITE DE M'SILA**  
**FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET DE L'INFORMATIQUE**

Département des Sciences des Technologies de l'information  
et de la Communication

**MEMOIRE de fin d'étude**

**Présenté pour l'obtention du diplôme de MASTER**

**Domaine: Mathématiques et Informatique**

**Filière: Informatique**

**Spécialité: Technologies de l'information et de la Communication**

**SUJET**

Implémentation et Evaluation la Planification des Capteurs dans WSNs

Réalisé par :  
MELIANI Abd El Ghafour

Dirigé par: Mr LAMRI sayad

**Promotion : 2014 /2015**

## Table des matières

### Introduction générale

#### Chapitre 1 : Réseaux de capteurs sans fil(WSN)

1. Introduction .....	2
2. Définition .....	3
3. Caractéristique de WSN .....	3
4. Architecture d'un nœud capteur.....	4
4.1 L'unité de captage .....	4
4.2 L'unité de traitement .....	4
4.3 L'unité de transmission.....	4
4.4 L'unité de contrôle d'énergie .....	4
5. Application des WSN .....	5
5.1 Applications militaires .....	5
5.2 Applications environnementales .....	5
5.3 Détection d'intrusions .....	5
5.4 Applications métier .....	6
5.5 Applications agricoles.....	6
5.6 Applications médicales .....	6
5.7 Applications domestiques .....	6
6. Facteurs et contraintes des WSN .....	7
6.1 Durée de vie du réseau.....	7
6.2 Ressources limitées .....	7
6.3 Bande passante limitée .....	7
6.4 Passage à l'échelle.....	7
6.5 Topologie dynamique .....	8
6.6 Agrégation de donnée .....	8
7. Conclusion.....	9

#### Chapitre 2 : les techniques de planification de l'activité des capteurs dans WSNs

1. Introduction .....	11
2 la consommation d'énergie dans un nœud capteur.....	12
2.1 Énergie consommée durant la collecte des données .....	12
2.2 Énergie consommée durant le traitement des données .....	12

Conclusion Générale

Bibliographie

2.3 Énergie consommée durant la transmission des données .....	12
3 LES SOURCES DE GASPILLAGE D'ENERGIE.....	13
3.1 L'écoute passive (idle).....	13
3.2 Les collisions .....	13
3.3 La puissance de transmission .....	13
3.4 Les distances de transmission .....	13
3.5 L'écoute abusive (Overhearing) .....	14
3.6 Le surcoût des paquets de contrôle (Overhead) .....	14
4 Techniques du Duty-cycling.....	15
4.1 Protocoles Sleep /Wake up.....	15
4.2 Protocoles du niveau MAC.....	16
4.2.1 Protocoles MAC reposant sur TDMA .....	16
4.2.2 Protocoles MAC avec contention .....	18
1. Le protocole Sensor-MAC .....	18
2 .Le protocole TimeOut-MAC .....	22
3.Fonctionnement de Timeout-MAC .....	22
4 .Le protocole B-MAC.....	24
5 .Le protocole Wise-MAC .....	25
6 .Le protocole D-MAC .....	26
7.Le protocole TRAMA (Traffic-adaptive medium accessprotocol) .....	27
8 .Le protocole Light weight-MAC.....	29
9 .Le protocole MAC de la norme IEEE 802.15.4 .....	30
4.3 Protocoles MAC hybrides.....	31
5 Conclusions .....	33

### Chapitre 3 : implémentation et évaluation La algorithmme

1 Introduction .....	35
2 Algorithme de cnnected k neighborhood (CKN).....	35
2.1Le modelé de communication dans le réseau .....	35
2.2ENERGY CONSUMED UNIFORMLY CONNECTED k NEIGHBORHOOD ALGORITHM .....	36
2.3 Analysé de CKN algorithme .....	37
3 Implémentation algorithme .....	37
3.1NS2 network simulator 2 .....	38
4 Résultat .....	44
5Conclusion .....	45

### Conclusion Générale

### Bibliographie

## Introduction générale

Les avancées technologiques et techniques opérées dans le domaine des réseaux sans fil, de la micro fabrication et de l'intégration des micro-processeurs sont fait naître une nouvelle génération de réseaux de capteurs à grand échelle adaptés à une gamme d'applications très variée. Imaginons un ensemble de petits appareils électroniques, autonomes, équipés de capteurs et capables de communiquer entre eux sans fil. Ensemble, ils forment un réseau de capteurs sans fil capable de superviser un région ou un phénomène d'intérêt, de fournir des informations utiles par la combinaison des mesures prises par les différents capteurs et de les communiquées ensuite via le support sans fil.

Cette nouvelle technologie promet de révolutionner notre façon de vivre, de travailler et d'interagir avec l'environnement physique qui nous entoure. Des capteurs communicants sans filet dotés de capacités de calcul facilitent une série d'applications irréalisables ou trop chères il y a quelques années. Aujourd'hui, des capteur minuscules et bon marché peuvent être littéralement éparpillés sur des routes, des structures, des murs ou des machines, crantai si une sorte de <<seconde peau numérique>> capable de détecter une variété de phénomènes physiques. De nombreux domaines d'applications ont alors envisages tels que la détection et la surveillance des désastres, le contrôle de l'environnement et la cartographie de la biodiversité, le bâtiment intelligent, l'agriculture de précision, la surveillance et la maintenance préventive des machines, la médecine et la santé, la logistique et les transports intelligents.

Les réseaux de capteurs sans fils ont souvent caractérisés par un déploiement dense et à grande échelle dans des environnements limités en terme de ressources. Les limites imposées ont la limitation des capacités de traitement, de stockage et surtout d'énergie car ils sont généralement alimentés par des piles. Recharger les batteries dans un réseau de capteurs est parfois impossible en raison de l'emplacement des nœuds, mais le plus souvent pour la simple raison que cette opération est pratiquement ou économiquement infaisable. Il est donc largement reconnu que la limitation énergétique est une question incontournable dans la conception des réseaux de capteurs sans fil en raison des contraintes strictes qu'elle impose sur l'exploitation du réseau. En fait, la consommation d'énergie des capteurs joue un rôle important dans la durée de vie du réseau qui est devenue le critère de performance prédominant dans ce domaine. Si nous voulons que le réseau fonctionne de

Manière satisfaisant eau si long temps que possible, ces contraintes d'énergie nous obligent à faire des compromis entre différentes activités aussi bien au niveau du nœud qu'au niveau du réseau.

Plusieurs travaux de recherche sont apparus avec un objectif : optimiser la consommation énergétique des nœuds à travers l'utilisation de techniques de conservation innovantes afin d'améliorer les performances du réseau, notamment la maximisation de sa durée de vie. De façon générale, économiser l'énergie revient finalement à trouver le meilleur compromis entre les différentes activités consommatrices en énergie. La littérature des réseaux de capteurs sans fil reconnaît que la radio est un consommateur d'énergie prééminent.

Une approche commune pour la conservation de l'énergie dans les réseaux des capteurs est les techniques de planification de l'activité des nœuds (duty-cycle).

Cette technique est principalement utilisée dans l'activité réseau. Le moyen le plus efficace pour conserver l'énergie est de mettre la radio de l'émetteur en mode veille (low-power) à chaque fois que la communication n'est pas nécessaire.

L'objectif principal de notre travail est de s'initier au domaine des réseaux de capteurs sans fil minimisé consommation énergie dans RCSF.

Chapitre 1: décrit l'architecture d'un capteur et présente les principes et les caractéristiques des réseaux de capteurs aussi que ses domaines d'application, facteurs et contraintes de RCSF et citer les domaines de recherche sur les réseaux de capteurs sans fil.

Chapitre2 : nous présentons les techniques de planification des activité des nœuds Sleep /Wake technique a niveau mac dans un réseau de capteur sans fil (RCSFs).

Chapitre3 : nous présentons et implémentation et évaluation l'algorithme de connected k neighborhood (CKN) et installation NS 2.

---

# Conclusion générale et perspectives

---

Les réseaux de capteurs sans fil ont connu au cours de ces dernières années un formidable essor aussi bien dans l'industrie que dans le milieu universitaire. Cela est principalement attribuable à l'ampleur sans précédent des possibilités qu'offre cette technologie. Toutefois, les réseaux de capteurs sans fil doivent aussi faire face à d'importants défis de conception en raison de leurs capacités de calcul et de stockage limitées et surtout de leur dépendance à l'égard d'une énergie limitée fournie par une Batterie. L'énergie est une ressource critique et constitue souvent un obstacle majeur au déploiement des réseaux de capteurs qui prétendent à l'omniprésence dans le monde de demain. Cette thèse a porté sur l'efficacité énergétique dans les réseaux de capteurs sans fil, avec un accent particulier sur la conservation d'énergie au niveau application et par la suite au niveau routage.

Guidés par un seul objectif, réduire la consommation énergétique des nœuds afin d'augmenter la durée de vie du réseau et la durabilité de l'application, nous avons dû faire face à plusieurs formes de dissipation et de surconsommation d'énergie. Repose sur une approche de conservation d'énergie centrée sur la réduction du duty-cycle. Afin d'atteindre cet objectif, le protocole d'initialisation repose sur une temporisation paramétrable permettant d'écouter le canal avant d'émettre évitant ainsi les collisions. Le protocole d'échange de données (régime permanent) repose quant à lui sur un mécanisme d'ordonnancement Sleep/Wake up utilisant des rendez-vous planifiés entre les nœuds. Les mécanismes choisis combinés à la topologie garantissent un faible duty-cycle et permettent ainsi aux nœuds de maintenir leurs radios éteintes la plupart du temps. À travers cette solution, nous avons montré que tels mécanismes peuvent être intégrés au niveau application bien qu'ils soient souvent évoqués et

Implantés au niveau MAC. Ce choix nous a permis de nous affranchir de la complexité des couches basses et d'opter pour des méthodes d'accès simples.

Les travaux que nous avons effectués dans cette thèse nous ouvrent quelques perspectives de recherche comme suit :

La première phase concerne la solution sleep / wake protocole dans les nœuds, à ce jour nous ne disposons toujours pas de moyens efficaces pour évaluer la consommation exacte des protocoles même si nous voulons la déduire par l'état de la batterie. Par conséquent, nous pensons que les modèles peuvent être affinés davantage grâce à des expérimentations et des mesures réelles. En effet, cela nous permettra de déceler et de comprendre au mieux les aléas du support afin d'en tenir compte dans les modèles d'énergie.

D'autres déploiements de réseaux de capteurs dans des environnements variés peuvent rendre l'étude expérimentale encore plus passionnante, ils apporteront de riches enseignements pour le développement de modèles exacts et le dimensionnement de protocoles. En vue de l'arrivée massive des réseaux urbains et domotiques, des études de cohabitation avec d'autres normes seront du plus grand intérêt pour la fiabilité et la robustesse des futures solutions.

En dernier, nous envisageons également de généraliser les méthodes présentées afin de tenir compte d'une répartition non uniforme des énergies voire des trafics à écouler, ainsi que d'autres aléas tels que les pannes potentielles de capteurs, etc.

[9] G. Chakras, E. Fedy, et T. Mignier, «Broadcast, énergie et réseaux de capteurs sans fil», Institut de Lyon-ARES, INRIA, 2006.

[10] Efficacité énergétique des réseaux sans fil. Par JUMIRA Ouwali, ZEADALLYSNEAL.

[11] C. Y. Chong and S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges," in Proceedings of the IEEE, vol. 91, Issue 8, August 2003, pp. 1247 - 1256.

[12] A Survey of Low-Duty Cycle MAC Protocols in Wireless Sensor Networks M. Rahn, Ahmed, Erik Dutkiewicz, and Xuejin Huang.

[13] Heinzelman, W.B.; Chandrakasan, A.P.; Balakrishnan, H. (2002) An Application-specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Networks, IEEE Journal of Wireless.

[14] Shouwen Lai "Duty-Cycled Wireless Sensor Networks: Wakeup Scheduling, Routing, and Broadcasting".

[15] Méso Une approche Inter-Couches (cross-layer) pour la Sécurité des réseaux R-C S.F. Boubiche Djallil Edine.

[16] [RSPSU2] VijayRaghunathan, Chit Schwingata, Sang Park, and Mani B. Srivastava, Energy-aware wireless microsensor networks, IEEE Signal Processing Magazine, 19(2) 40-51, March 2002.

[17] Giuseppe Anastasi, Marco Conti, Maria Di Francesco, and Anilira Pascarella. Energy

## Bibliographie

- [1] I. Akyildiz, W. Su, E. Cayirci, Y. Sankarasubramaniam. "A survey on sensor networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 40, no. 8, pp. 102-114, Georgia Institute of Technology, Atlanta, USA. Août 2002.
- [2] M. Badet, W. Bonneau. " Mise en place d'une plateforme de test et d'expérimentation", *Projet de Master Technologie de l'Internet 1ere année*, Université Pau et des pays de l'Adour. 2006.
- [3] B. Khalifa. " La sécurité dans les réseaux de capteurs sans fil", *conférence à l'université de Bechar*. Printemps 2006.
- [4]. EikoYoneki, Jean Bacon, "A survey of Wireless Sensor Network technologies: research trends and middleware's role," Technical Report, no: 646, *UCAM ;CL;TR;646*, [Available from the World Wide Web <http://www.cl.cam.ac.uk/TechReports/UCAM;CL;TR;646.pdf>].
- [5]. Yazeed Al-Obaisat, Robin Braun "On Wireless Sensor Networks: Architectures, Protocols, Applications, and Management" Institute of Information and Communication Technologies University of Technology, Sydney, Australia.
- [6] Xue Yong, Gonzalez Andres, Aguilar Andres, Barroux Mickaël, "Agrégation de données dans les réseaux de capteurs", Rapport de Projet SR04, Université de Technologie Compiègne, Automne 2010.
- [7] David Martins, "Sécurité dans les réseaux de capteurs sans fil Stéganographie et réseaux de confiance", L'U.F.R. des Sciences et Techniques de l'université de Franche-Comté, 2010.
- [8] : Yacine CHALLAL « réseau de capteur sans fil >>, support de cours 2008.
- [9] G.Chelius, E.Fleury et T.Mignon. «Broadcast, énergie et réseaux de capteurs sans fil >>. CITI, Insa de Lyon-ARES, INRIA, 2004.
- [10] Efficacité énergétique des réseaux sans fil Par JUMIRA Oswald,ZEADALLYSherali.
- [11] C. Y. Chong and S. P. Kumar, "Sensor Networks: Evolution, Opportunities and Challenges," in *Proceedings of the IEEE*, vol 91, issue 8, August 2003, pp. 1247 – 1256.
- [12] A Survey of LowDuty Cycle MAC Protocols in Wireless Sensor Networks M. Riduan Ahmad<sup>1</sup>, Eryk Dutkiewicz<sup>2</sup> and Xiaojing Huang<sup>3</sup>.
- [13]Heinzelman, W.B.; Chandrakasan, A.P.; &Balakrishnan, H. (2002). An Application-specific Protocol Architecture for Wireless Microsensor Network, *IEEE Journal on Wireless*
- [14] Shouwen Lai 'Duty-Cycled Wireless Sensor Networks: WakeupScheduling, Routing, and Broadcasting'
- [15]Thèse Une approche Inter-Couches (cross-layer) pour la Sécurité dans les R.C.S.F,BoubicheDjallel Eddine
- [16][RSPS02] VijayRaghunathan, Curt Schurgers, Sung Park, and Mani B. Srivastava. Energy-awarewirelessmicrosensor networks. *IEEE Signal Processing Magazine*, 19(2) :40\_50, March 2002.
- [17]Giuseppe Anastasi, Marco Conti, Mario Di Francesco, and Andrea Passarella. Energy

conservation in wireless sensor networks : A survey. *Ad Hoc Networks*, 7(3) :537568, 2009.

[18] Trevor Armstrong. Wake-up based power management in multi-hop wireless networks, 2005. Term Survey Paper, University of Toronto, available at <http://www.eecg.toronto.edu/trevor/Wakeup/index.html>.

[19] Curt Schurgers, Vlasios Tsiatsis, and Mani B. Srivastava. STEM : Topology management for energy-efficient sensor networks. In *Proceedings of the IEEE Aerospace Conference*, volume 3, pages 78\_89, Big Sky, Montana, USA, 2002.

[20] Rong Zheng, Jennifer C. Hou, and Lui Sha. Asynchronous wakeup for ad hoc networks. In *Proceedings of the 4th ACM international symposium on Mobile ad Hoc networking & computing (MobiHoc'03)*, pages 35\_45, New York, NY, USA, 2003. ACM.

[21] Ilker Demirkol, Cem Ersoy, and Fatih Alagoz. MAC protocols for wireless sensor networks : A survey. *IEEE Communications Magazine*, 44(4) :115\_121, April 2006.

[22] Venkatesh Rajendran, Katia Obraczka, and J. J. Garcia-Luna-Aceves. Energy-efficient collision-free medium access control for wireless sensor networks. In *Proceedings of the 1st international conference on embedded networked sensor systems (SenSys '03)*, pages 181\_192, New York, NY, USA, 2003. ACM.

[23] Injong Rhee, Ajit Warrier, Mahesh Aia, Jeongki Min, and Mihail L. Sichitiu. Z-MAC : a hybrid MAC for wireless sensor networks. *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 16(3) :511\_524, 2008.

[24] Giuseppe Anastasi, Eleonora Borgia, Marco Conti, Enrico Gregori, and Andrea Passarella. Understanding the real behavior of mote and 802.11 ad hoc networks : An experimental approach. *Pervasive and Mobile Computing*, 1(2) :237\_256, 2005.

[25] Heidemann J., Ye W., Estrin D., « An Energy-Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks », *IEEE Infocom*, Juin 2002.

[26] Ye W., Heidemann J., « Medium Access Control in Wireless Sensor Networks », USC/ISI Technical Report ISI-TR-580, Octobre 2003.

[27] Van Dam, Langendoen K., « An Adaptive Energy Efficient MAC Protocol for Wireless Sensor Networks », Faculty of Information Technology and Systems, Delft University of Technology, Pays-Bas, 2003.

[28] Decotignie J. D., El-Hoiydi A., Enz C., Le Roux E., « WiseMAC, an Ultra Low Protocol for the WiseNET Wireless Sensor Network », *ACM SenSys'03*, Los Angeles, USA, Novembre 2003.

[29] Demirkol I., Ersoy C., Alagoz F., « MAC Protocols for Wireless Sensor Networks: a Survey », 2003.

[30] El-Hoiydi A., Decotignie J.D., « WiseMAC : An Ultra low power MAC Protocol for the downlink of Infrastructure Wireless Sensor Networks », *IEEE Symposium on Computers and Communication*, pages 244-251, Egypte, Juin 2004.

[31] Rajendran V., Obraczka K., Garcia J.J., « Energy-efficient, Collision-Free Medium Access Control for Wireless Sensor Networks », *ACM Sensys'03*, Los Angeles, Novembre 2003.

- [32] Van Hoesel L.F.W., Havinga P.J.M., « A Lightweight Medium Access Protocol (LMAC) for Wireless Sensor Networks: Reducing Preamble Transmissions and Transceiver State Switches », INSS, Japan, Juin 2004.
- [33] Zheng J., Myung L., « Will IEEE 802.15.4 make ubiquitous networking a reality ? », The city college of CUNY, IEEE Communications Magazine, juin 2004.
- [34] Injong Rhee, Ajit Warrier, Mahesh Aia, Jeongki Min, and Mihail L. Sichitiu. Z-MAC : a hybrid MAC for wireless sensor networks. IEEE/ACM Transactions on Networking, 16(3) :511\_524, 2008.
- [35] G. Lu, B. Krishnamachari et C.S. Raghavendra. An adaptive energy-efficient and low-latency MAC for data gathering in wireless sensor networks. In Parallel and Distributed Processing Symposium, 2004. Proceedings. 18th International, page 224, april 2004.
- [36] Mohamed Nazim Abdeddaim. Analyse des performances d'un r\_eseau de capteurs exploitant le standard IEEE 802.15.4. Other. Universit\_e de Grenoble, 2012. French. <NNT : 2012GRENM067>. <tel-00767883>.
- [37] Joseph Polastre, Jason Hill et David Culler. Versatile low power media access for wireless sensor networks. In Proceedings of the 2nd international conference on Embedded networked sensor systems, SenSys '04, pages 95–107, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- [38] Bhaskar Krishnamachari. Networking Wireless Sensors. Cambridge University Press, 2006.
- [39] Meriem BELGAID Saida OUHAB « Routage et qualité de service dans AODV et OLSR » Mémoire 2006-2007 Université A/Mira de Bejaïa.
- [40] A Balanced Energy Consumption Sleep Scheduling Algorithm in Wireless Sensor Networks  
Zhuxiu Yuan<sup>1</sup>, Lei Wang<sup>1</sup>, Lei Shu<sup>2</sup>, Takahiro Hara<sup>2</sup>, Zhenquan Qin<sup>1</sup>

## Résumé

Un réseau de capteurs sans fil (Wireless Sensor Network WSN) en constitue un exemple d'un réseau sans fil. Il est composé d'un ensemble de nœuds capteurs qui peuvent communiquer via des liaisons radio.

Les progrès technologiques réalisés ces dernières années ont permis le développement de nouveaux types de capteurs dotés de moyens de communication sans fil, peu onéreux et pouvant être configurés pour former des réseaux autonomes. Les domaines d'application sont nombreux : domotique, santé, domaine militaire ou bien encore surveillance de phénomènes environnementaux. Les limites imposées sont la limitation des capacités de traitement, de stockage et surtout d'énergie. La liberté laissée à l'implantation est forte et impose de concevoir complètement l'infrastructure, les mécanismes et les protocoles en fonction de l'application visée et les nœuds de capteurs sont généralement alimentés par des batteries. En dépit de la faible consommation d'énergie, la durée de vie de chaque capteur est limitée car il est pratiquement impossible de remplacer les batteries d'un grand nombre de capteurs déployés dans un environnement potentiellement hostile ou inaccessible.

Une façon évidente pour économiser l'énergie est de transformer les capteurs inactifs quand ils ne sont pas nécessaires. Cependant, cela doit être fait intelligemment parce que les événements critiques peuvent être oubliés et des informations peuvent être perdues pendant un capteur est éteint.

## تلخيص

شبكات الاستشعار اللاسلكية تتألف من مجموعة من العقد الاستشعار اللاسلكية في منطقة معينة التي تكون متصلة ببعضها البعض عن طريق الراديو او الوصلات اللاسلكية .

وقد تمكنت اخر التطورات التكنولوجية من تطوير انواع جديدة من اجهزة الاستشعار اللاسلكية غير مكلفة ويمكن تهيئتها لتشكيل شبكات مستقلة ، وتستخدم في عدة مجالات منها المجال الصحي والعسكري ومتابعة الكوارث الطبيعية لكن المشكلة الاولى تكمن في ان بطاريات عقد الاستشعار محدودة وقابلة للنفاد ومن المستحيل القيام باستبدالها في وسط قد يتسم بالعدائي او استحالة الوصول اليها ، يوجد طريقة واحدة لتوفير الطاقة في عقد الاستشعار المنتشرة وقد ركزنا على هذا الجانب من خلال موضوعنا هذا هي تحويل العقد الاستشعارية النشطة الى وضع النوم عندما لا تكون في حاجة اليها وذلك يجب ان يكون وفق احداث ومراقبة بطاريات العقد بطريقة ذكية لتفادي نسيان أي عقدة وبذلك قد نفقد المعلومات المهمة في عقد خارج نطاقنا.

## Abstract

wireless sensor network(WirelessSensor NetworkWSN) is an exampleof a wirelessnetwork.It consists ofa set of nodessensorsthat can communicatevia radio links.

Technologicaladvancesduring the last few yearsallowed the development of new and cheap sensorsequipped with wireless communication whichcanbeconfigured to forma autonomous networks. The application areas for wireless sensor networks (WSN) are various: home automations, health care services, militarydomain, and environment monitoring. The imposedconstraints are limitedcapacity of processing, storage, and especiallyenergy. In addition, implementing WSN solutions ishighly open and requireresthat the infrastructure, the mechanisms and the protocolsshouldbecompletelydesigned based on eachspecific application.

andthesensor nodesare usually poweredby batteriesDespite thelow power consumption, the lifeof each sensoris limited becauseit is virtually impossibleto replace thebatteries of alarge number of sensorsdeployed in a potentially hostileenvironmentor inaccessibleOne obvious wayto save energyis to turninactivesensorswhen theyare not needed. However,this must be doneintelligentlybecause thecritical eventscan be forgottenand informationmay be lost in a sensoris off.