

Gestion d'un Parking par un Réseau de Capteurs Sans Fils

MESSAI Mohamed Lamine

UAMB, Ecole Doctorale en informatique ReSyD Bejaia. UFAS, Département d'informatique Sétif, Algérie.

E-mail: messai.amine@gmail.

Résumé— Les Réseaux de Capteurs Sans Fils (RCSFs) ont attiré une croissante attention aux niveaux académiques et industriels ces dernières années. Les RCSFs peuvent être déployés dans divers types d'applications de surveillance d'environnement et de collecte d'information. Dans cet article, nous présentons une architecture d'un réseau de capteurs sans fils pour la gestion d'un parking. Dans un système de gestion de parking un nombre de nœuds capteurs est déployé dans un champ de stationnement, indiquant l'occupation des places de stationnements. Les informations sur l'état des places de stationnements sont envoyées à une station de base située à la rentrer du parking pour guider les conducteurs. Les nœuds capteurs sont équipés d'une batterie (pile) fournissant l'énergie pour assurer leurs fonctionnements. Cette ressource d'énergie est très importante pour les nœuds capteurs et influe directement sur la durée de vie des nœuds capteurs et donc du RCSF entier. Nous proposons un mode de communication hybride pour optimiser la consommation d'énergie. Nous comparons la consommation d'énergie dans l'architecture proposée de gestion de parking avec les trois modes de communication ; un seul saut, multi-sauts et hybride.

Mots clés— Conservation d'Energie, Réseaux de Capteurs Sans Fils, Parking.

I. INTRODUCTION

La convergence de la micro-électronique et des technologies de communication sans fils a permis la création d'une combinaison entre les systèmes embarqués et les systèmes distribués ayant engendré les Réseaux de Capteurs Sans Fils ou RCSFs (Wireless Sensor Networks). Les RCSFs sont de plus en plus utilisés dans des applications de surveillance de grands systèmes dans une variété de domaines [5] : le militaire, l'environnement, la santé, l'habitat, l'éthologie, etc. Leur remarquable essor est dû à leur taille de plus en plus réduite, leurs prix de plus en plus faible ainsi que leur support de communication sans fils attrayant peu encombrant mais également peu de ressources. Les nœuds capteurs apparaissent comme des systèmes autonomes miniaturisés, menés d'une unité de traitement et de stockage de données, d'une unité de transmission sans fils et d'une batterie. Organisés sous forme de réseau, les nœuds capteurs d'un RCSF, malgré la limitation de leurs ressources de calcul, de stockage et surtout d'énergie, ont pour mission de récolter des données et les faire parvenir à une station de base [1, 2].

Un nœud capteur est composé de quatre unités principales suivantes (présentées dans la figure 1) :

- Unité de capture ("Sensing unit") : est composée de deux sous-unités, un dispositif de capture physique qui prélève l'information de l'environnement local et un convertisseur analogique/numérique appelé ADC ("Analog to Digital Converter"). Le capteur est responsable de fournir des signaux analogique/numérique. Ce dernier transforme ces signaux en un signal numérique compréhensible par l'unité de traitement.

- Unité de traitement ("Processing unit") : Le composant regroupe : un processeur et une unité de mémoire réduite. Elle permet de stocker les données, exécute les tâches de perception qui lui sont assignées.

- Unité de communication ("Transceiver unit") : cette unité est responsable d'effectuer toutes les émissions et réception des données sur un médium sans fils.

- Unité d'énergie ("Power unit") : un nœud capteur est muni d'une ressource énergétique (une batterie). Étant donné sa petite taille, cette ressource énergétique est limitée. Ceci fait souvent de l'énergie la ressource la plus précieuse d'un réseau de capteurs, car elle influe directement sur la durée de vie des nœuds capteurs et donc sur le réseau entier.

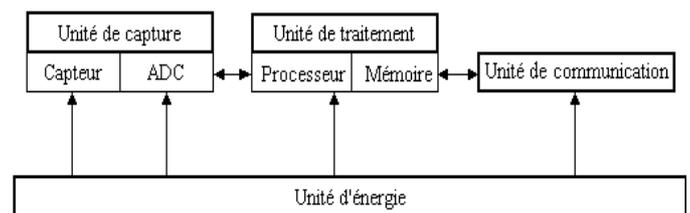


Fig. 1. Les composants d'un nœud capteur.

Chaque nœud capteur utilise une batterie de taille minuscule comme ressource d'énergie, ce qui limite sa durée de vie. La spécificité des applications des RCSFs (militaires, sismiques et autres) fait que la recharge ou le remplacement de ces batteries est une tâche difficile dans certaines applications voir presque impossible dans d'autres, ce qui nous mène à déduire que la durée de vie d'un nœud est essentiellement dépendante de la durée de vie de la batterie. Ainsi, la méthode de gestion de consommation d'énergie constitue une contrainte majeure dans ce type de réseau.

La gestion d'un parking, ou d'un parc de stationnement est une application qui peut intégrer un RCSF. Un parking est un espace ou un bâtiment spécifiquement aménagé pour le stationnement des véhicules. On en trouve le plus souvent à côté des bâtiments public (gare, aéroport), des lieux de travail, des centres commerciaux ou devant les grandes surfaces pour accueillir les usagers.

Dans ce papier, nous présentons une architecture de gestion d'un parking utilisant un RCSF pour le parking situé au centre ville de la Wilaya de Sétif. A Sétif, 81 835 automobiles [3], dont 35 % est lié à la recherche d'une place de stationnement. Un conducteur sur trois serait donc à la recherche d'une place de parking, d'où une telle solution proposée peut considérablement améliorer la circulation du trafic en offrant avec précision le nombre de places libres dans le parking. Nous évaluerons la consommation d'énergie où les nœuds capteurs envoient les informations directement à la station de base et dans le cas où les nœuds capteurs envoient les informations en mode multi-sauts. Nous proposons un mode hybride pour optimiser la consommation d'énergie. Le système consiste en un réseau de capteurs sans fils capable d'indiquer si une place dans le parking est occupée ou non. Chaque capteur est collé soit sur le sol, ou au plafond de chaque place du parking. Il fonctionne grâce à une batterie dont la durée est limitée.

Le reste du papier est organisé comme suit : la section 2 présente quelques travaux antérieurs, l'architecture du système et le modèle de consommation d'énergie sont décrit dans la section 3. La section 4 résume les résultats de simulation. Finalement, la section 5 conclue le travail.

II. TRAVAUX ANTÉRIEURS

Vue la prolifération des véhicules dans les routes, et à cause de l'inefficacité des différentes gestions des parkings ; il est important de proposer des parkings intelligents dans le but de faciliter aux conducteurs le stationnement de façon simple et sécurisée. Les avantages d'utiliser un parking intelligent sont : la facilité de stationnement, l'organisation du mouvement dans les routes, la réduction de la pollution d'air,...etc. Peu sont les travaux qui ont abordé la gestion d'un parking via un RCSF. Dans [6] les auteurs ont donné une étude sur les technologies utilisées pour la gestion des parkings.

L'objectif commun pour tous les parcs de stationnement est de faciliter aux conducteurs à trouver des emplacements libres et de les bien guider à l'intérieur du parking. Les informations sur la disponibilité des places de stationnement doivent être accessibles aux automobilistes afin de ne pas perdre du temps à chercher une place libre et ce qui contribue à la préservation de l'environnement. Un système de gestion d'un parking doit satisfaire les exigences suivantes :

- le système doit fournir toutes les informations et les directives pour aider les conducteurs à trouver un stationnement disponible.
- Le système doit assurer une gestion efficace des places de stationnements (libres et occupées) pour maximiser le taux d'exploitation et la rentabilité.

- Le système doit fournir des fonctions puissantes pour faciliter aux administrateurs la gestion des voitures dans le parking.

La conception d'un parking basé sur un RCSF fournit une grande précision et répond aux exigences citées ci-dessus. L'utilisation des RCSFs pour la gestion des parkings offre une commodité pour les clients, une robustesse et une flexibilité dans la gestion. Notre motivation est donc de fournir une gestion d'un parking via un RCSF.

Dans [7], le système de gestion du parking est décomposé en deux sous systèmes. Un premier sous système de détection de véhicules (VDS) et un deuxième sous système de gestion de véhicules (VMS). Le VDS détecte l'état des emplacements dans le parking et envoie les informations collectées au sous système VMS pour les fournir aux conducteurs.

Un autre système de gestion de parking intelligent est proposé dans [8]. Les auteurs de [8] comparent l'utilisation de différents types de capteurs (acoustique, capteurs de lumière et magnétiques) pour la gestion des parkings. Les informations des différents types de capteurs sont envoyées à un serveur central dans un temps fini.

Dans ce papier nous proposons une architecture de gestion de parking où nous évaluons la consommation d'énergie des nœuds capteurs déployés dans le parking ce qui est négligé dans les architectures de gestion des parkings proposées.

III. MODÈLES DE RÉSEAUX ET D'ÉNERGIE

Dans cette section nous présentons l'architecture du réseau ainsi que le modèle d'énergie utilisé.

La durée de vie d'un nœud capteur dépend fortement de la durée de vie de la batterie associée. Détecter l'occupation de la place de stationnement, élaborer un traitement de données local, et transmettre le résultat à la station de base située à la rentrée du parking sont les principales tâches d'un nœud capteur dans notre application. Les étapes de consommation d'énergie par ce nœud capteur peuvent être divisées en trois phases : le captage, le traitement de donnée et la communication. Parmi ces trois phases, la phase de communication de données est celle qui consomme la plus grande quantité d'énergie, ceci, à cause de la multitude de composants électroniques intégrés au circuit responsable de cette opération. Cette phase implique les deux étapes d'émission et de réception de données. Nous appliquons le modèle proposé dans [4] pour évaluer la consommation de l'énergie. Sachant que les réseaux de capteurs sont basés sur la communication un seul saut pour atteindre la station de base ou multi-sauts. Dans une communication multi-sauts chaque nœud joue à la fois le rôle d'initiateur de données et de routeur également. En multi-sauts, chaque nœud capteur envoie ses informations au nœud voisin, ce dernier retransmet les informations à son nœud voisin jusqu'à ce que les informations arrivent à la station de base.

Les nœuds capteurs sont conçus pour fonctionner durant des mois voire des années. Ainsi, la capacité énergétique de ces nœuds capteurs doit être utilisée efficacement afin de maximiser la durée de vie du réseau. A noter qu'une fois qu'un nœud capteur a épuisé son énergie, il est considéré comme

défaillant. Ainsi, il y a une forte probabilité de perdre la connectivité du réseau.

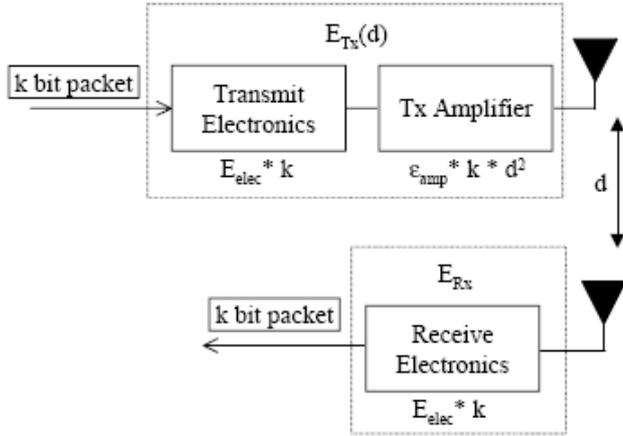


Fig. 2. Modèle de radio.

La figure 2 schématise le modèle radio. Pour une transmission d'un message de k -bits sur une distance d , le nœud capteur consomme $E_{Tx}(k, d)$ donné par les formules 1 et 2. Et pour Réception d'un message de k -bits, le nœud capteur consomme $E_{Rx}(k)$ donné par la formule 3.

$$E_{Tx}(k, d) = k \times E_{elec} + k \times \epsilon_{fs} \times d^2 \quad d < d_0 \quad (1)$$

$$E_{Tx}(k, d) = k \times E_{elec} + k \times \epsilon_{amp} \times d^4 \quad d \geq d_0 \quad (2)$$

$$E_{Rx}(k) = k \times E_{elec} \quad (3)$$

Où E_{elec} est la quantité d'énergie consommée pour un bit. ϵ_{fs} est l'amplification du signal dans une distance inférieure à la distance seuil d_0 . Si la distance d'émission est supérieure à d_0 , l'amplification ϵ_{amp} est utilisée.

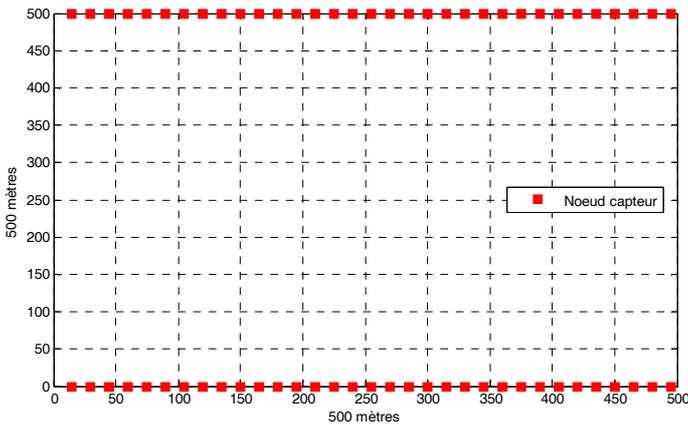


Fig. 3. Parking avec RCSF.

La figure 3 modélise le parking. La distance entre un nœud capteur et un autre est de 15 mètres. Dans une surface de 500 mètres x 500 mètres, nous aurons besoin de 66 nœuds capteurs.

IV. SIMULATION

Dans les RCSFs, l'énergie est une forte contrainte par rapport aux réseaux traditionnels. Prolonger la durée de vie du RCSF est lié à la minimisation de la consommation d'énergie des nœuds capteurs. Nous utiliserons l'environnement Matlab pour simuler le fonctionnement des nœuds capteurs du parking et calculer la consommation d'énergie. Nous considérons un mode d'accès au canal CSMA non persistant. La table 1 récapitule les paramètres de simulation.

TABLE 1. PARAMETRE DE SIMULATION.

Paramètre	Valeur
Surface	500 m x 500 m
Taille d'un paquet	1000 bits
Distance d_0	87 m
Nombre de nœuds capteurs	66
E_{elec}	50 nJ/bit
ϵ_{fs}	10 pJ/bit/m ²
ϵ_{amp}	0,0013 pJ/bit/m ⁴

Nous proposons un mode hybride de communication entre les nœuds capteurs et la station de base composé entre les deux modes un saut et mutli-sauts pour minimiser la consommation d'énergie. Le mode hybride est défini comme suit : Si le nœud capteur S_i peut atteindre la station de base SB par une communication directe, ce nœud utilise le mode un saut pour envoyer ses informations sur l'état de l'emplacement de stationnement. Sinon, le nœud capteur envoie ses informations en multi-saut au nœud capteur le plus près à la station de base. Pour chaque nœud capteur, nous cherchons le chemin le plus court menant à la station de base. Les nœuds capteurs intermédiaire sont choisis tel que:

$$E_{Tx}(k, d = \text{distance entre } S_i \text{ et } S_j) + E_{Tx}(k, d = \text{distance entre } S_j \text{ et } SB) < E_{Tx}(k, d = \text{distance entre } S_i \text{ et } SB)$$

La figure 4 représente la consommation d'énergie de transmission pour les modes de communication un saut, multi-saut, et le mode hybride proposé pour chaque nœud capteur pour atteindre la station de base. Le mode hybride proposé consomme moins d'énergie que les deux autres modes par ce que la distance dans le mode hybride est minimisé.

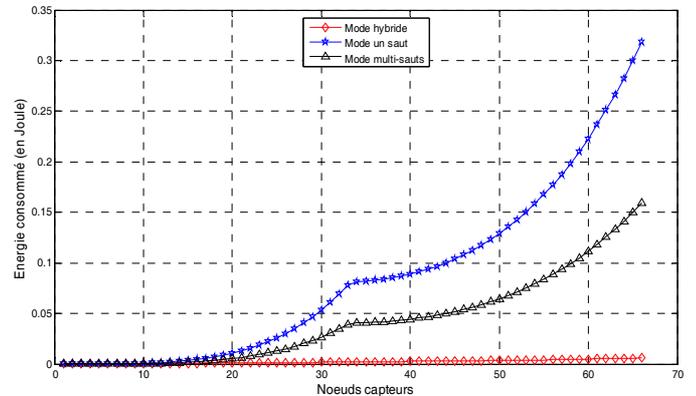


Fig. 4. Consommation d'énergie avec le mode un saut, multi-sauts et hybride.

V. CONCLUSION

Les capteurs sont devenus des éléments incontournables dans tous les systèmes où les informations issues de l'environnement extérieur sont nécessaires pour évaluer et agir. Nous avons proposé une architecture d'un réseau de capteurs pour la gestion d'un parking. Nous avons également simulé la consommation d'énergie (une métrique très importante dans les RCSFs) des nœuds capteurs dans cette architecture, nous avons proposé un mode de communication hybride afin d'optimiser la consommation d'énergie des nœuds capteurs. Nous pensons que les RCSFs peuvent être une technologie très porteuse pour être utilisée dans la gestion des parkings et dans d'autres applications. Nous passerons à l'expérimentation de notre proposition dans un avenir proche dans le cadre d'un projet national de recherche.

REFERENCES

- [1] Références I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. I. Cayirci, "A survey on sensor networks". IEEE Communications Magazine, Vol. 40, No. 8, pp. 102-116, August 2002.
- [2] Références Yick, J., Mukherjee, B., Ghosal, D. "Wireless Sensor Network Survey". Comput. Network, Vol. 52, pp. 2292-2330, 2008.
- [3] Références <http://www.ons.dz/-Parc-Automobile-.html>
- [4] Références W. B. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan. "An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks", IEEE Transactions on Wireless Communications, 1(4), pp. 660–667, October 2002.
- [5] Références T. Arampatzis, J. Lygeros, S. Manesis, "A survey of applications of wireless sensors and wireless sensor networks", in Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on Intelligent Control – Mediterranean Conference on Control and Automation, Washington, DC, USA, pp. 719–724, 2005.
- [6] Références M. Y. I. Idris, Y. Y. Leng, E. M. Tamil, N. M. Noor, Z. Razak, "Car Park System: A Review of Smart Parking System and its Technology". Information Technology Journal, Vol. 8 (2), pp. 101-113, 2009.
- [7] Références Seong-eun Yoo, Poh Kit Chong, Taehong Kim, Jonggu Kang, Daeyoung Kim, Cahngsyb Shin, Kyungbok Sung, Byungtae Jang, "PGS: Parking Guidance System based on Wireless Sensor Networks", IEEE 978-1-42441653-0/08, 2008.
- [8] Références Rakesh Kumar, Naveen K Chilamkurti, Ben Soh, "A Comparative Study of Different Sensors for Smart Car Park Management", International Conference on Intelligent Pervasive Computing, 2007", IEEE 978-0-7695- 3006-0/07, 2007.