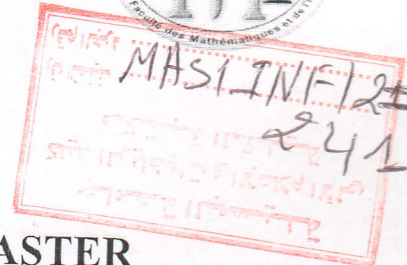


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA
FACULTE DES MATHÉMATIQUES ET
DE L'INFORMATIQUE

DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE



MEMOIRE de fin d'étude
Présenté pour l'obtention du diplôme de **MASTER**

Domaine : Mathématiques et Informatique

Filière : Informatique

Spécialité : Réseaux

Par : **BOUKHARI Nawel**

SUJET

Auto-localisation dans les réseaux de capteurs sans fil

Soutenu publiquement le : 31/05/2016 devant le jury composé de :

Mr. TAHRI Zohir

Université de M'sila

Président

Mr. DABBA Ali

Université de M'sila

Rapporteur

Mr. LAKHAL Ayat Raouf Ouanis

Université de M'sila

Examineur

Promotion : 2015 /2016

TABLE DES MATIERES

Table des matières :

Introduction générale	1
Chapitre 1 : Les réseaux de capteurs sans fil	4
1. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF)	4
1.1 Le nœud capteur	4
1.2 Architecture et fonctionnement d'un réseau de capteurs	7
2. Applications des réseaux de capteurs	9
2.1 Les Applications militaires	9
2.2 Les applications environnementales	10
2.3 Les applications médicales	11
2.4 Les applications domestiques	11
2.5 Autres applications	12
3. Caractéristiques et contraintes des réseaux capteurs	13
3.1 Déploiement	14
3.2 Localisation	14
3.3 Couverture	15
3.4 Sécurité	16
3.5 Énergie et durée de vie	16
3.6 Topologie dynamique	16
3.7 Groupement «clustering»	17
3.8 Communication multi-saut	17
3.9 Mobilité	18
3.10 Identification	18
4. Problèmes étudiés en RCSF	18
Chapitre 2 : Localisation dans les réseaux de capteurs sans fil	21
1. Pourquoi ?	21
2. Comment ?	22
2.1 Estimation des distances	22
2.1.1 Indicateur de puissance de signal à la réception(RSSI)	23

2.1.2	Mesure de la différence des temps d'arrivée (TDoA)	23
2.1.3	Angles d'arrivée (AoA)	23
2.2	Algorithme de localisation	23
2.2.1	La trilatération	23
2.2.2	La Multilatération	24
2.2.3	La triangulation	24
3.	Les Ancres (Beacons)	25
3.1	Ancre mobile	26
4.	La Classification des méthodes de localisation	26
4.1	Système centralisés et Système distribués	27
4.2	Système anchor-free et anchor-based	27
4.3	Méthodes range-free et range-based	27
4.4	La mobilité des nœuds	28
5.	Localisation avec ancre mobile et nœuds capteurs statiques	28
5.1	Mobile Assisted Localisation (MAL)	29
5.2	Algorithmes de localisation géométriques	30
5.3	Algorithmes de planification du chemin	30
6.	les critères de localisation	31
Chapitre 3 : Étude de l'algorithme de localisation distribué basé sur une ancre mobile		33
1.	Architecture et fonctionnement	34
1.1	Trajectoire	35
1.2	Les paquets et les points de diffusion	37
2.	Algorithme de localisation	37
3.	Les performances de l'algorithme de localisation	39
Chapitre 4 : Conception et réalisation d'un simulateur multithread		41
1.	Conception de simulateur multithread	41
1.1	Identification des objets et les traitements	41
1.2	La classe Thread ancre	42
1.3	La classe Thread nœud	42
2.	Simulation et Résultats	44
2.1	Interface de simulateur	44
2.2	Paramètres de simulation	45
2.3	Les Résultats	45

2.3.1	La couverture réseau	45
2.3.2	Longueur du trajet	46
2.3.3	La précision de localisation	48
2.3.4	Le coût de communication	49
2.3.5	Passage à l'échelle	50
Conclusion générale		52
Bibliographie		53
Figure 1.4	Architecture de la communication d'un réseau RCSP	8
Figure 1.5	Acheminement d'un événement	9
Figure 1.6	Acheminement d'une demande	9
Figure 1.7	Utilisation des RCSP dans le domaine militaire	10
Figure 1.8	Utilisation des RCSP dans le domaine environnemental	10
Figure 1.9	Utilisation des RCSP dans le domaine médical	11
Figure 1.9	Utilisation des RCSP dans le domaine domestique	12
Figure 1.10	Utilisation des RCSP dans le domaine agricole	12
Figure 1.11	Déploiement aléatoire	14
Figure 1.12	Clusterisation d'un RCSP	17
Figure 1.13	Exemple de communication multi-saut dans un réseau de capteurs	18
Figure 2.1	Processus de localisation dans les réseaux capteurs	22
Figure 2.2	La trilatération	24
Figure 2.3	Multilatération	24
Figure 2.4	Triangulation	25
Figure 2.5	Classification des algorithmes de localisation selon la mobilité des nœuds	28
Figure 2.6	Une seule antenne mobile pour aider les nœuds à s'auto-localiser	29

INTRODUCTION GENERALE

Dans les domaines de recherche, d'analyse, d'observation et même de contrôle des phénomènes physiques, la phase de collection d'informations réelles tels que la température, la pression ou encore la luminosité est très importante. Cette tâche est déléguée aux capteurs dont la fonction est l'acquisition de l'information sur les phénomènes observés.

Le développement de la technologie dans les dernières années, en termes de miniaturisation des machines et des supports de communications conduit à l'émergence de nouvelle génération de micro-capteurs (miniaturisation, capacité de traitement (processeur), communication sans fil, diversité des capteurs (optiques, thermiques, multimédias, etc.), faible coût, etc.). En effet, grâce aux récents progrès des technologies sans fil, les capteurs peuvent communiquer non seulement de proche en proche mais aussi d'acheminer de l'information à tous les nœuds connectés au réseau.

Les réseaux de capteurs ont été identifiés comme l'une des dix technologies clefs de l'avenir et ce en raison de l'incroyable potentiel applicatif qu'elle renferme (selon MIT). Les réseaux de capteurs sans fil est compose d'un grand nombre de capteurs qui sont déployés de manière aléatoire à travers une zone géographique, appelée zone d'intérêt et travaillent de façon autonome et complètement transparente pour l'utilisateur. Celle de réseaux capables de s'auto-configurer et de s'autogérer sans qu'il y ait besoin d'interventions humaines. Les données récoltées par les capteurs sont acheminées grâce à des communications sans fil en multi-saut (c.-à-d. de proche en proche) à une station de base (ou puits) dont le rôle est d'agréger/exploiter les données récoltées. Elle représente en quelque sorte le point d'entrée du réseau de capteurs.

Les caractéristiques de RCSF ont ouvert beaucoup de perspectives applicatives très larges et très variées pour ces réseaux dans de nombreux domaines militaire, médical, domotiques, environnementales, etc.

Le domaine des réseaux de capteurs reste un « chantier » ouvert aux chercheurs de différentes communautés à tous les niveaux : initialisation et auto-configuration, localisation, couverture, déploiement, communication, topologie dynamique, collecte des

données, requêtes et traitement, etc. Nous sommes intéressés dans ce mémoire au problème de localisation.

Le déploiement d'un grand nombre de capteurs est généralement aléatoire, en raison soit de l'hostilité de la zone à surveiller, soit de son immensité ce qui pose **le problème de localisation des capteurs**. La localisation consiste à attribuer une position géographique aux capteurs. Elle est donc nécessaire non seulement au fonctionnement du réseau (routage géographique par exemple), mais également à l'exploitation des données récoltées (« où » est la question qui suit immédiatement l'avènement d'un événement dans la zone surveillée). Il est donc nécessaire de localiser, avec la meilleure précision possible, tous les nœuds du réseau. Cette problématique, malgré les nombreux travaux de recherche qui s'y étaient attachés, reste une problématique ouverte. Cependant l'utilisation des solutions matérielles (GPS) pour la localisation est très chère. Pour pallier ce problème plusieurs algorithmes de localisation ont été inventés.

En effet l'utilisation d'une ancre mobile est l'une de solution. Cette approche est très prometteuse vu que l'ancre mobile est équipée d'un GPS et n'a pas de contrainte d'énergie. Cette ancre mobile peut être un robot mobile, un opérateur humain ... En outre, le processus de localisation dans l'approche de l'ancre mobile dépend de deux principaux enjeux. Le premier enjeu est le choix de la trajectoire de l'ancre mobile. Le deuxième est le choix de l'algorithme de localisation. Dans ce mémoire, nous étudions une méthode de localisation basée sur une ancre mobile avec la Trilatération. Nous examinons différentes trajectoires de l'ancre, proposés dans la littérature tels que: Hilbert, Scan, DoubleScan et Triangulaire. Afin d'analyser cet algorithme selon plusieurs critères de performances, comme le taux de couverture, l'erreur, le cout, longueur de trajet et passage à l'échelle, nous avons réalisés un simulateur multithread en Java.

Ce mémoire s'articule autour de quatre chapitres :

Chapitre 1 : Donne une vue générale sur les réseaux capteurs sans fil. Nous présentons les différents concepts tels que l'architecture, fonctionnement, domaines d'applications, et caractéristiques. Nous décrivons également, les principales problématiques de recherche dans les réseaux de capteurs.

Chapitre 2 : traite de la problématique de la localisation dans les réseaux de capteurs. Nous présentons comment les nœuds s'auto-localisent, les différentes méthodes existantes ainsi que leurs classifications, Nous introduisons l'approche fondée sur l'utilisation d'une ancre mobile.

Chapitre 3: présente une étude détaillée de l'algorithme de localisation distribué dans les réseaux capteurs basé sur une ancre mobile. Nous justifions le choix d'implémentation de cet algorithme ainsi que les différentes trajectoires à tester.

Chapitre 4: détail la conception et la réalisation d'un simulateur multithread en java. Nous avons examiné les performances de quatre trajectoires différentes (la couverture, la longueur de trajet ; la précision de localisation ...), les résultats d'expérimentations obtenus sont décrits et commentés.

L'évolution de l'informatique a été marquée par différentes étapes dans la miniaturisation. D'abord, sont apparus d'infimes systèmes micro-électroniques sous la forme de dispositifs à bas coût intégrant les fonctionnalités de capteurs, de traitement et de communication. Un grand nombre de ces dispositifs est déployé dans la nature afin de créer un réseau de capteurs. Ces réseaux facilitent le suivi et le contrôle à distance de l'environnement physique avec une meilleure précision. Ils peuvent servir de très diverses applications (environnementales, militaires, médicales, etc.).

1. Les réseaux de capteurs sans fil (RCSF)

Un réseau de capteurs est constitué d'un grand nombre d'unités appelées nœuds ou capteurs. Chaque nœud est composé principalement d'un ou plusieurs capteurs. Il est capable de surveiller son environnement et de réagir en cas de besoin en envoyant l'information collectée à un ou plusieurs points de collecte. Ces nœuds communiquent entre eux selon une topologie (fixe ou mobile) du réseau afin d'acheminer les informations à une unité de commande en dehors de la zone de mesure.

1.1. Le nœud capteur :

Un capteur est un dispositif ayant une tâche de transformer une mesure physique observée en une mesure généralement électrique qui sera à son tour traduite en une donnée binaire exploitable et transmissible par un système d'information [5].

Parmi les différents types de mesures enregistrées par les capteurs, on peut citer entre autres : la température, l'humidité, la luminosité, l'accélération, la distance, les mouvements, la pression, la présence d'un gaz, la vision (capture d'image), le son, etc.

CONCLUSION GENERALE

Le domaine de réseaux de capteurs soulève d'importantes problématiques de recherche en termes d'organisation, de communication, de gestion, d'exploitation des données récoltées, etc.

La réduction de la consommation énergétique, ou du moins sa rationalisation est le facteur commun, préoccupation principale dans pratiquement la majorité des travaux sur les réseaux de capteurs. L'algorithme que nous avons implémenté dans ce mémoire optimise la consommation d'énergie des nœuds, du fait que durant toute la phase de localisation les nœuds ne communiquent jamais, sachant que les communications sont de loin les plus coûteuses en énergie. Cette approche de localisation est basée sur une ancre mobile qui traverse la région d'intérêt suivant un chemin défini en diffusant des informations pour aider les nœuds à se localiser par l'application des deux techniques RSSI et Trilatération. Nous avons évalué par une série de simulations les performances de quatre types de trajectoires selon plusieurs métriques en utilisant un simulateur multithread que nous avons implantés. Les résultats expérimentaux peuvent nous aider à choisir la bonne trajectoire selon nos besoins.

Les futures recherches dans le domaine de la localisation basé sur une ancre mobile éventuellement sont les suivantes :

- (1) Dans les applications réelles, des algorithmes de localisation basé sur une ancre mobile résistant aux obstacles sont nécessaires, donc les trajectoires d'ancre mobile doivent être conçues de manière dynamique ou partiellement selon les situations d'environnement ou de déploiement des observateurs afin de tirer des l'information en temps réel au cours de la localisation.
- (2) L'algorithme de localisation assisté par une ancre mobile unique prend beaucoup de temps pour localiser tout les nœuds inconnus, en particulier pour un RCSF à grande échelle. Ainsi, l'algorithme de localisation collaborative qui utilise plusieurs ancres mobiles devrait être spécifiquement conçu pour réduire le temps de localisation et d'améliorer la précision de la localisation.

Bibliographies:

- [1] Han, Guangjie, Chenyu Zhang, Jaime Lloret, Lei Shu, and Joel JPC Rodrigues. "A mobile anchor assisted localization algorithm based on regular hexagon in wireless sensor networks." *The Scientific World Journal* 2014 (2014).
- [2] Abdallah, M. A. K. H. O. U. L., J. Bahi, and A. Mostefaoui. "Réseaux de capteurs: localisation, couverture et fusion de données." PhD diss., Thèse de Doctorat, Université de Franche-Comté, 2008.
- [3] TRIPATHI, RAJIV KUMAR. "Base station positioning, nodes' localization and clustering algorithms for wireless sensor networks." PhD diss., INDIAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY KANPUR, 2012.
- [4] IMANE, Niar Leila. "Analyse graphique pour la surveillance dans un RCSF." PhD diss., Université Mohamed Boudiaf des sciences et de la technologie d'Oran.
- [5] MAAROUF, Samia, and Souhila OUADAH. "Implémentation et évaluation des schémas de routage sur une plateforme réelle de réseaux de capteurs sans fil." PhD diss., 2014.
- [6] Rachid, B. E. C. H. A. R. "Surveillance distribuée d'un réseau de capteurs sans fil à base d'agents." PhD diss., Université Ahmed Ben Bella d'Oran1 Es Senia.
- [7] Ji, Xiang. "Localization algorithms for wireless sensor network systems." PhD diss., The Pennsylvania State University, 2004.
- [8] Dalce, Rejane. "Méthodes de localisation par le signal de communication dans les réseaux de capteurs sans fil en intérieur." PhD diss., Toulouse, INSA, 2013.
- [9] Chafik, Abdellatif. "Architecture de réseau de capteurs pour la surveillance de grands systèmes physiques à mobilité cyclique." PhD diss., Université de Lorraine, 2014.
- [10] Niewiadomska-Szynkiewicz, Ewa. "Localization in wireless sensor networks: Classification and evaluation of techniques." *International Journal of Applied Mathematics and Computer Science* 22, no. 2 (2012): 281-297.
- [11] Nazir, U., M. A. Arshad, N. Shahid, and S. Hussain Raza. "Classification of localization algorithms for wireless sensor network: A survey." In *Open source systems and technologies (ICOSST), 2012 international conference on*, pp. 1-5. IEEE, 2012.
- [12] Han, Guangjie, Huihui Xu, Trung Q. Duong, Jinfang Jiang, and Takahiro Hara. "Localization algorithms of wireless sensor networks: a survey." *Telecommunication Systems* 52, no. 4 (2013): 2419-2436.
- [13] Han, Guangjie, Huihui Xu, Jinfang Jiang, Lei Shu, Takahiro Hara, and Shojiro Nishio. "Path planning using a mobile anchor node based on trilateration in wireless sensor networks." *Wireless Communications and Mobile Computing* 13, no. 14 (2013): 1324-1336.
- [14] Manel, Majdoub, and Eltaief Hamdi. "A localization algorithm using a mobile beacon in wireless sensor networks." In *Computer & Information Technology (GSCIT), 2014 Global Summit on*, pp. 1-5. IEEE, 2014.
- [15] Mazinani, Sayyed Majid, and Fatemeh Farnia. "Localization in Wireless Sensor Network Using a Mobile Anchor in Obstacle Environment." *International Journal of Computer and Communication Engineering* 2, no. 4 (2013): 438.

- [16] Koutsonikolas, Dimitrios, Saumitra M. Das, and Y. Charlie Hu. "Path planning of mobile landmarks for localization in wireless sensor networks." *Computer Communications* 30, no. 13 (2007): 2577-2592.
- [17] Hill, Jason Lester. "System architecture for wireless sensor networks." PhD diss., University of California, Berkeley, 2003.
- [18] Costa, Jose A., Neal Patwari, and Alfred O. Hero III. "Distributed weighted-multidimensional scaling for node localization in sensor networks." *ACM Transactions on Sensor Networks (TOSN)* 2, no. 1 (2006): 39-64.
- [19] He, Tian, Chengdu Huang, Brian M. Blum, John A. Stankovic, and Tarek Abdelzaher. "Range-free localization schemes for large scale sensor networks." In *Proceedings of the 9th annual international conference on Mobile computing and networking*, pp. 81-95. ACM, 2003.
- [20] Priyantha, Nissanka B., Hari Balakrishnan, Erik D. Demaine, and Seth Teller. "Mobile-assisted localization in wireless sensor networks." In *INFOCOM 2005. 24th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. Proceedings IEEE*, vol. 1, pp. 172-183. IEEE, 2005.
- [21] Zhang, Liqiang, Xiaobo Zhou, and Qiang Cheng. "Landscape-3D; a robust localization scheme for sensor networks over complex 3D terrains." In *Local Computer Networks, Proceedings 2006 31st IEEE Conference on*, pp. 239-246. IEEE, 2006.
- [20] Doudoux, Jean Michel. "Developpons en JAVA." *Tiré de* (1999).
- [21] DOUDOUX, Jean Michel. "Développons en Java avec Eclipse." *Version 0.80 1.15* (2008): 12.
- [22] Fain, Yakov. *Java programming 24-hour trainer*. John Wiley & Sons, 2011.

Résumé :

La localisation est l'un des problèmes importants dans les réseaux de capteurs sans fil, qui sert à trouver les positions des nœuds suite à un déploiement aléatoire. Elle est nécessaire non seulement pour pouvoir localiser les événements mais aussi elle fournit un soutien fondamental pour de nombreux protocoles et applications de géo-localisation. L'utilisation du GPS est une solution matérielle qui offre une bonne précision, mais les contraintes de coût et de consommation d'énergie rendent impossible d'équiper chaque nœud capteur dans le réseau avec un système de positionnement global (GPS), en particulier pour les réseaux de capteurs à grande échelle. Une méthode prometteuse pour localiser les nœuds inconnus est d'utiliser une ancre mobile équipé d'unités GPS se déplaçant dans la zone d'intérêt et diffusant périodiquement son emplacement actuel afin d'aider les nœuds inconnus à s'auto localiser. Dans ce mémoire, nous étudions une méthode de localisation basée sur une ancre mobile avec la Trilatération. Nous examinons différentes trajectoires de l'ancre proposés dans la littérature tels que: Hilbert, Scan, DoubleScan et Triangulaire. Afin d'analyser cet algorithme selon plusieurs critères de performances, comme le taux de couverture, l'erreur, le cout, longueur de trajet, passage à l'échelle, nous avons réalisés un simulateur multithread en Java.

Mots-clés : réseaux de capteurs sans fil, localisation, ancre mobile, trajectoire.

Abstract:

The location is one of the important issues in wireless sensor networks, which is used to find the positions of nodes following a random deployment. It is necessary not only to be able to locate events but also it provides a fundamental support for many protocols and geo-location applications. The use of GPS is a hardware solution that offers good accuracy; however, the constraints of cost and power consumption make it impossible to provide each sensor node in the network with a global positioning system (GPS), particularly for large-scale sensor networks. A promising method to locate the unknown nodes is to use a mobile anchor equipped with GPS units moving in the area of interest and periodically broadcasting its current location to help unknown nodes to self-locate. In this work, we study a localization method based on a mobile anchor with Trilateration. We examine different trajectories anchor proposed in the literature such as Hilbert, Scan, DoubleScan and Triangular. To analyze this algorithm with many performance criteria, such as coverage, error, cost, path length, scaling, we have realized a multithreaded simulator in Java.

Keywords: wireless sensor networks, localization, mobile anchor, trajectory.

المخلص

إن تحديد الموقع هو أحد أهم الإشكاليات في شبكات الاستشعار اللاسلكية، يهدف لتعيين مواقع أجهزة الاستشعار بعد نشرها عشوائياً في أماكن المراقبة. معرفة المواقع ضروري ليس لتحديد موقع الأحداث فقط ولكن أيضاً لأنه يوفر الدعم الأساسي للعديد من البروتوكولات وتطبيقات المتعلقة بالموقع الجغرافي. إن القيود المتعلقة بالتكلفة واستهلاك الطاقة تجعل من الصعب جداً توفير كل جهاز استشعار في الشبكة على نظام تحديد المواقع العالمي GPS وخاصة شبكات الاستشعار واسعة النطاق. هناك طريقة واعدة لتحديد موقع أجهزة الاستشعار وهي استخدام مرساة متنقلة مجهزة بوحدة GPS تتحرك في مجال الاهتمام وتبث دورياً موقعها الحالي وذلك لمساعدة الأجهزة مجهولة الموقع على تحديده. في هذه المذكرة، نقوم بدراسة وتحليل تأثير استخدام خوارزمية المرساة المتنقلة عبر مسارات مختلفة (هيلبرت، المسح الضوئي، المثلث) مع العديد من معايير الأداء، مثل التغطية، والخطأ، والتكلفة، وطول المسار، وتوسعة النطاق، عن طريق تطوير برنامج محاكاة متعدد المسالك باستعمال لغة البرمجة جافا. كلمات البحث: شبكات الاستشعار اللاسلكية، تحديد المواقع، المرساة المتنقلة، المسار.