

**UNIVERSITE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI
BOUMEDIENE (USTHB)**

FACULTE D'ELECTRONIQUE ET D'INFORMATIQUE

MÉMOIRE DE MAGISTER

Présenté pour l'obtention du diplôme de Magister

Filière :

Informatique

Option :

Systèmes Informatiques et Ingénierie des Logiciels

Par :

Melle. BENKHELIFA Imane

Sujet:

**LA LOCALISATION DANS LES RÉSEAUX DE
CAPTEURS SANS FIL**

Soutenu publiquement le **03 JAN. 2012** devant un jury composé de :

Mr. Nadjib BADACHE	Professeur, C.E.R.I.S.T	Président
Mme Nawel GHARBI	Maitre de conférences A, U.S.T.H.B	Examinatrice
Mme Nadia NOUALI	Directrice de recherche, C.E.R.I.S.T	Examinatrice
Mme Samira MOUSSAOUI	Maitre de conférences A, U.S.T.H.B	Directrice de mémoire

RESUME

Nos travaux proposent deux contributions à la localisation dans les réseaux de capteurs qui répondent aux défis imposés par les capteurs. La première est la méthode *APPL (Anchor Path Planning based Localization)* dédiée aux réseaux de capteurs statiques. Cette méthode propose l'utilisation d'une technique simple de localisation et qui économise considérablement le coût de localisation en énergie grâce à l'utilisation d'une seule ancre mobile au lieu de plusieurs ancres. Le défi principal de l'utilisation d'une seule ancre est de choisir une trajectoire convenable de cette ancre de sorte à assurer une bonne couverture de réseau en un temps de parcours optimal et une meilleure précision des estimations de positions des capteurs. Afin de répondre au mieux à ces exigences, nous avons proposé et étudié trois trajectoires à savoir « Carrés en Spirale », « Spirale d'Archimède » et « Waves ».

Notre deuxième apport consiste en la méthode de localisation *SDPL (Speed and Direction Prediction based Localization)* dédiée aux réseaux de capteurs mobiles. Son principe est basé sur la prédiction de la vitesse des capteurs et leur prochaine direction. Elle utilise une seule ancre mobile qui se déplace suivant une trajectoire déterministe. A notre connaissance, cette méthode est la première qui propose une approche de calcul de positionnement des capteurs mobiles en se basant sur une prédiction de la vitesse et la direction. En effet, prédire la vitesse future et la nouvelle direction d'un capteur permet de réaliser une meilleure évaluation de position et de réduire l'erreur d'estimation.

Les résultats d'évaluation des performances de nos méthodes ont montré qu'elles offrent une amélioration de la précision de positionnement et une couverture du réseau très prometteuses par rapport à d'autres méthodes concurrentes.

Mots clés : Localisation, Réseaux de capteurs, Ancre mobile Algorithmes distribués.

ABSTRACT

Our work offers two contributions to the localization in sensor networks that meet the challenges imposed by the sensors. The first is the method *APPL (Anchor Path Planning based Localization)* dedicated to static sensor networks. This method provides the use of a simple localization technique which saves considerable localization cost in energy through the use of one mobile anchor instead of multiple anchors. The main challenge of using a single anchor is to choose a suitable path to the anchor so as to ensure good network coverage in an optimal travel time and to improve accuracy. To best meet these requirements, we have proposed and studied three paths, that is to say "Spiral Squares", "Spiral of Archimedes" and "Waves".

Our second contribution consists of the method *SDPL (Speed and Direction Prediction based Localization)* dedicated to mobile sensor networks. Its principle is based on the prediction of the speed of sensors and their next direction. It uses a single anchor mobile which moves along a deterministic trajectory. To our knowledge, this is the first method that provides a computational approach for positioning mobile sensor based on a prediction of the speed and direction. Indeed, predicting the future speed and direction of a sensor enables a better estimate of position and reduces the estimation error.

The results of performance evaluation of our methods have proven that they provide improved positioning accuracy and coverage of the network very promising compared to other concurrent methods.

Keywords: Localization, Sensor Networks, Mobile Anchor, Distributed Algorithms.

RIASSUNTO

Il nostro lavoro offre due contributi per la localizzazione in reti di sensori in grado di soddisfare le sfide imposte dai sensori. Il primo è il metodo *APPL (Anchor Path Planning based Localization)* dedicato a reti di sensori statici. Questo metodo prevede l'utilizzo di una semplice tecnica della localizzazione che salva notevolmente i costi di localizzazione dell'energia attraverso l'uso di un ancoraggio mobile invece di ancoraggi multipli. La sfida principale di utilizzare un unico ancoraggio è quello di scegliere un percorso adatto per l'ancoraggio il fine di garantire una buona copertura di rete in un tempo di viaggio ottimale e una maggiore accuratezza delle stime delle posizioni dei sensori. Per meglio rispondere a queste esigenze, abbiamo proposto e studiato tre percorsi di conoscenza "Piazze in spirale", "Spirale di Archimede" e "Onde".

Il nostro contributo secondo è costituito dal metodo di localizzazione *SDPL (Speed and Direction Prediction based Localization)* dedicato a reti di sensori mobili. Il suo principio si basa sulla previsione della velocità dei sensori e la loro prossima direzione. Si utilizza un unico ancoraggio mobile che muove lungo una traiettoria deterministica. A nostra conoscenza, questo è il primo metodo che fornisce un approccio computazionale per il posizionamento dei sensori mobile basata su una previsione della velocità e direzione. In realtà, predire la velocità futura e la direzione di un sensore permette una migliore valutazione della posizione e di ridurre l'errore di stima.

I risultati della valutazione delle prestazioni dei nostri metodi hanno dimostrato di essi offrono una maggiore accuratezza di posizionamento e una copertura della rete molto promettente rispetto ad altri metodi concorrenti.

Parole chiave: Localizzazione, Reti di Sensori, Ancoraggio mobile, Algoritmi Distribuiti.

A mes chers parents

A mes frères Salah Eddine, Yacine, Abdellatif et Abdelhak

A mes sœurs Nadjat et Afaf

A toute ma famille

A tous mes amis

Je dédie ce modeste travail

Imane

Remerciements

Louange à notre Seigneur 'ALLAH' qui m'a doté de la merveilleuse faculté de raisonnement. Louange à notre créateur qui m'a incité à acquérir le savoir. C'est à lui que m'adresse toute ma gratitude en premier lieu.

En second lieu, je tiens à remercier ma promotrice Mme S.MOUSSAOUI de m'avoir proposé ce sujet et d'avoir suivi le déroulement de ce travail, tout au long de cette année avec beaucoup de rigueur. Ses remarques pertinentes et éclairées m'ont permis de mieux structurer ce travail et de mieux le décrire. De plus, je veux la remercier pour l'ensemble de ses conseils judicieux et de ses encouragements.

Je remercie particulièrement les honorables membres de jury qui ont pris la peine de lire et d'évaluer ce mémoire.

Je tiens aussi à remercier l'ensemble des enseignants de l'USTHB, sans exception, ainsi que les employés qui ont rendu plus confortable notre formation au sein de l'université.

Sans oublier de remercier tous ceux qui ont collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail.

Un grand **MERCI** à tous les membres de ma famille et spécialement mes parents qui m'ont soutenu tout au long de mes études et qui ont fait en sorte, par leur amour, leur affection et leur soutien financier, que je puisse avoir les meilleures conditions possibles pour continuer mes études et aller de l'avant. Qu'ils trouvent ici ma gratitude et mon amour pour eux.

Table des Matières

INTRODUCTION GENERALE	1
------------------------------------	----------

CHAPITRE 1 : FONDEMENTS DE BASE SUR LA LOCALISATION DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS SANS FIL

INTRODUCTION	4
1. LES CAPTEURS	4
1.1 DEFINITION	4
1.2 STRUCTURE D'UN CAPTEUR	5
1.3 ARCHITECTURE DE COMMUNICATION	5
1.4 STRUCTURE LOGICIELLE	6
2. LES RESEAUX DE CAPTEURS SANS FIL	7
2.1 DEFINITION	7
2.2 CARACTERISTIQUES DES RESEAUX DE CAPTEURS	7
2.3 SIMILARITES ET DIFFERENCES AVEC LES MANETS	9
3. APPLICATIONS DES RESEAUX DE CAPTEURS	10
4. LES AXES DE RECHERCHES DANS LES WSNS	11
5. LA LOCALISATION DANS LES WSNS	12
5.1 PROBLEMATIQUE DE LA LOCALISATION	12
5.2 LES SYSTEMES DE LOCALISATION	12
5.3 LES TECHNOLOGIES DE MESURE	14
6. SYNTHESE DES TECHNOLOGIES DE MESURE	16
CONCLUSION	17

CHAPITRE 2 : LA LOCALISATION DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS STATIQUES

INTRODUCTION	18
1. LES METHODES LIBRES DE MESURE	19
1.1 METHODE APIT	19
1.2 METHODE DV-HOP	21
1.3 METHODE HTRÉFINE	21
1.4 METHODE AT-FREE	23
2. LES METHODES BASEES MESURES	25
2.1 MÉTHODE BOUNDING BOX	26
2.2 MÉTHODE APS	27
2.3 MÉTHODE APS _{AoA}	28

2.4 METHODE AT-ANGLE.....	29
3. COMPARAISON ET SYNTHESE	32
CONCLUSION.....	33

CHAPITRE 3 : LA LOCALISATION DANS LES RESEAUX DE CAPTEURS MOBILES

INTRODUCTION.....	34
1. SCENARIOS DE MOBILITE DES CAPTEURS	34
2. METHODES DE LOCALISATION POUR LES RESEAUX DE CAPTEURS MOBILES	35
2.1 METHODE DE MONTE CARLO.....	35
2.2 METHODE MONTE CARLO LOCALIZATION BOXED.....	40
2.3 METHODE AVEC ANCRE MOBILE	44
CONCLUSION.....	50

CHAPITRE 4 : METHODES DE LOCALISATION: APPL ET SDPL

INTRODUCTION.....	51
1. MÉTHODE APPL: ANCHOR PATH PLANNING BASED LOCALIZATION	52
1.1 PRINCIPE DE LA METHODE APPL.....	52
1.2 CONSTRUCTION DE BOITE D'ANCRE	52
1.3 ALGORITHME DE APPL.....	53
1.4 EXEMPLE.....	55
1.5 AMELIORATION DE L'ALGORITHME D'ESTIMATION DE APPL.....	55
1.6 EXEMPLE.....	57
1.7 TRAJECTOIRES DE L'ANCRE MOBILE	58
1.7.1 Trajectoire « Carrés en spirale ».....	59
1.7.2 Trajectoire « Spirale d'Archimède ».....	61
1.7.3 Trajectoire « Waves ».....	65
1.8 COMPARAISON DES TRAJECTOIRES.....	67
2. MÉTHODE SDPL: SPEED AND DIRECTION PREDICTION-BASED LOCALIZATION.....	68
2.1 HYPOTHESES.....	69
2.2 PRINCIPE.....	69
2.3 PREDICTION DE VITESSE ET DE DIRECTION	71
2.4 EXEMPLES	74
2.5 ALGORITHMES DE SDPL.....	77
CONCLUSION.....	81

CHAPITRE 5 : EVALUATION DES PERFORMANCES

INTRODUCTION	82
1. ENVIRONNEMENT DE SIMULATION	82
1.1 NS (NETWORK SIMULATOR)	82
2. EVALUATIONS DES PERFORMANCES	85
3. EVALUATION DE LA METHODE APPL	87
3.1 ESTIMATION DE L'ERREUR MOYENNE	87
3.2 TECHNIQUE D'ESTIMATION DE APPL	88
a. <i>Variation de la période de diffusion</i>	88
b. <i>Impact de l'utilisation de RSSI comme mesure de distance</i>	89
3.3 EVALUATION DES TRAJECTOIRES	90
3.3.1 <i>Comparaison des temps de parcours</i>	90
3.3.2 <i>Influence des trajectoires sur l'erreur moyenne et la couverture</i>	91
a. <i>Erreur moyenne</i>	91
b. <i>Ecart d'erreur</i>	92
c. <i>La couverture du réseau</i>	93
e. <i>Variation de la résolution</i>	94
4. EVALUATION DE LA METHODE SDPL	95
4.1 <i>Variation de la vitesse</i>	95
4.2 <i>Variation de l'intervalle de diffusion</i>	96
4.3 <i>Cas d'intersection de trois cercles dans SDPL</i>	98
CONCLUSION	99

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

CONCLUSION	100
PERSPECTIVES	101
BIBLIOGRAPHIE	103