



**HAL**  
open science

## Localisation par fingerprinting et méthodes à noyaux dans les réseaux de capteurs sans fil

Sandy Mahfouz, Farah Mourad-Chehade, Paul Honeine, Joumana Farah,  
Hichem Snoussi

► **To cite this version:**

Sandy Mahfouz, Farah Mourad-Chehade, Paul Honeine, Joumana Farah, Hichem Snoussi. Localisation par fingerprinting et méthodes à noyaux dans les réseaux de capteurs sans fil. Actes de la 14-ème conférence ROADEF de la Société Française de Recherche Opérationnelle et Aide à la Décision, 2013, Troyes, France. hal-01966001

**HAL Id: hal-01966001**

**<https://hal.science/hal-01966001>**

Submitted on 27 Dec 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Localisation par fingerprinting et méthodes à noyaux dans les réseaux de capteurs sans fil

Sandy Mahfouz<sup>1</sup>, Farah Mourad-Chehade<sup>1</sup>, Paul Honeine<sup>1</sup>, Joumana Farah<sup>2</sup>, Hichem Snoussi<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institut Charles Delaunay (UMR CNRS 6279), LM2S, Université de technologie de Troyes, France  
sandy.mahfouz@utt.fr, farah.mourad@utt.fr, paul.honeine@utt.fr, hichem.snoussi@utt.fr

<sup>2</sup> Département de télécommunications, Faculté de Génie, Université Saint Esprit de Kaslik, Liban  
joumanafarah@usek.edu.lb

**Mots-clés :** *localisation, réseaux de capteurs, fingerprinting, méthodes à noyaux.*

## 1 Introduction

Les réseaux de capteurs sans fil sont des réseaux composés d'un grand nombre de capteurs intelligents collaborant ensemble. Ces derniers sont munis d'un capteur physique mesurant une certaine grandeur physique, d'unités de traitement et de stockage de données et d'un module de communication sans fil [1]. L'une des problématiques principales des réseaux de capteurs sans fil est la localisation géographique des capteurs qui s'avère primordiale à la fois pour les protocoles de routage que pour la plupart des applications. Plusieurs approches ont été considérées pour la résolution du problème de localisation [2, 4]. Dans ce papier, nous proposons une approche basée sur le *fingerprinting* [3], permettant de construire une base de données par rapport à l'état du réseau. Une modélisation à l'aide des méthodes à noyaux [2] est ensuite réalisée, celle-ci ayant recours à la base de données construite au préalable. Une fonction est ainsi définie qui, pour un ensemble de mesure en entrée, donne en sortie une estimation de la position du capteur.

## 2 Description de l'approche

Le réseau est formé de deux types de capteurs : les capteurs fixes à positions connues appelés ancres, notés  $\mathbf{a}_i, i \in \{1, \dots, N_a\}$ , et les capteurs à positions inconnues appelés nœuds, notés  $\mathbf{x}_m(t), m \in \{1, \dots, N_x\}$ . Les ancres sont supposées uniformément distribuées par rapport à la région de surveillance. L'approche proposée est composée de deux étapes, la première permettant de construire une base de données à l'aide du *fingerprinting* [3], la deuxième permettant de réaliser un apprentissage du système. A la première étape,  $n$  positions  $\mathbf{p}_\ell, \ell \in \{1, \dots, n\}$ , dites positions *offline*, sont générées d'une manière uniformément espacée le long de la zone de surveillance. Les ancres émettent par la suite des signaux dans le réseau avec une même puissance initiale  $\rho_0$ . En plaçant les nœuds aux positions *offline*, il devient possible de mesurer les puissances des signaux reçus, celles-ci décroissant d'une manière monotone avec l'accroissement de la distance parcourue par le signal. Notons  $\rho_{\mathbf{a}_i, \mathbf{p}_\ell}$  la puissance mesurée à la réception du signal émis par l'ancre  $\mathbf{a}_i$  et reçu par un nœud placé à la position  $\mathbf{p}_\ell$ . Une base de données est ainsi obtenue, celle-ci est formée de  $n$  couples de mesures  $(\rho_\ell, \mathbf{p}_\ell)$ , où  $\ell \in \{1, \dots, n\}$ ,  $\rho_\ell = (\rho_{\mathbf{a}_1, \mathbf{p}_\ell}, \dots, \rho_{\mathbf{a}_{N_a}, \mathbf{p}_\ell})^T$  est le vecteur puissance relevé en  $\mathbf{p}_\ell$ .

Une fois la base de données *offline* est construite, l'objectif est de définir une fonction  $\psi(\cdot)$  qui associe à chaque entrée  $\rho_\ell$  la sortie correspondante  $\mathbf{p}_\ell$ , avec  $\psi: \mathbb{R}^{N_a} \mapsto \mathbb{R}^d$  où  $d$  est la dimension de l'espace. Comme préconisé dans la littérature des méthodes dites à noyaux [2], la fonction recherchée prend la forme suivante :

$$\psi(\cdot) = \sum_{\ell=1}^n \alpha_\ell k(\rho_\ell, \cdot),$$

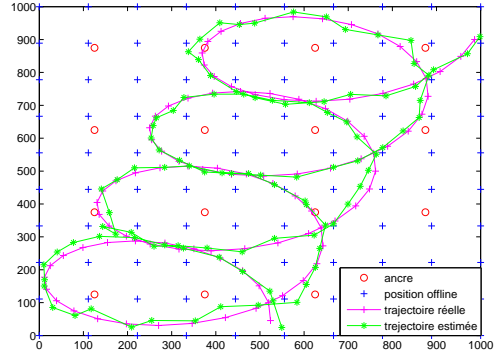
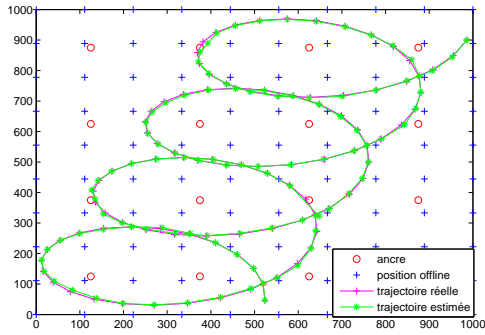


FIG. 1 – Estimation de la trajectoire sans bruit. FIG. 2 – Estimation de la trajectoire avec bruit.

pour une fonction noyau  $k(\cdot, \cdot)$  donnée, et où les vecteurs  $\alpha_\ell$  de taille  $d \times 1$  ont la même forme que les positions  $\mathbf{p}_\ell$ . En minimisant l'erreur quadratique moyenne entre les sorties du modèle  $\psi(\rho_\ell)$  et les valeurs désirées  $\mathbf{p}_\ell$ , ces vecteurs sont obtenus par la résolution du système linéaire

$$\mathbf{K}(\alpha_1, \dots, \alpha_n)^T = (\mathbf{p}_1, \dots, \mathbf{p}_n)^T,$$

où  $\mathbf{K}$  étant la matrice de Gram de taille  $n \times n$  dont le  $(i, j)$ <sup>ième</sup> élément est  $k(\rho_i, \rho_j)$ . Une fois cette fonction identifiée, un nœud mobile  $j$  mesure les puissances des signaux qu'il reçoit des ancres à l'instant  $t$  et les stocke dans un vecteur  $\rho_m(t)$ . Sa position estimée est alors donnée par  $\psi(\rho_m(t))$ .

Dans ce papier, nous considérons le cas d'un noyau Gaussien donné par :

$$k(\rho_i, \rho_j) = \exp\left(\frac{-\|\rho_i - \rho_j\|^2}{2\sigma_0^2}\right),$$

où  $\|\cdot\|$  désigne la norme Euclidienne. Afin d'illustrer les performances de la méthode proposée, nous considérons un nœud mobile se déplaçant dans une zone carrée de  $1000m \times 1000m$ . Nous considérons également 16 ancres et 100 positions *offline* uniformément espacées le long de la zone de surveillance. La FIGURE 1 illustre la trajectoire estimée à l'aide de données non bruitées. Elle montre également la trajectoire réelle du nœud ainsi que les positions *offline* et celles des ancres. L'erreur quadratique entre les positions réelles et les positions estimées vaut  $3,39m$ . La FIGURE 2 illustre la trajectoire estimée en utilisant des données bruitées. En ajoutant du bruit, l'erreur augmente à  $15,2m$ , avec toujours une bonne estimation.

### 3 Conclusions et perspectives

La méthode proposée permet une localisation des capteurs dans le réseau en utilisant la technique de *fingerprinting*, suivie d'un apprentissage à l'aide des méthodes à noyaux. Les résultats de simulation illustrent clairement les performances de la méthode proposée. Des améliorations vis à vis des performances du modèle en présence du bruit seront à considérer pour permettre une localisation encore plus précise.

### Références

- [1] I. F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci. A survey on sensor networks. *IEEE Communications Magazine*, 40(8) :102 – 114, 2002. Survey.
- [2] P. Honeine and C. Richard. Preimage problem in kernel-based machine learning. *IEEE Signal Processing Magazine*, 28(2) :77–88, 2011.
- [3] W. Meng, W. Xiao, W. Ni, and L. Xie. Secure and robust wi-fi fingerprinting indoor localization. In *IEEE International Conference on Indoor Positioning and Indoor Navigation (IPIN)*, pages 1–7, Guimaraes, Portugal, 31-23 Sept. 2011.
- [4] F. Mourad, H. Snoussi, F. Abdallah, and C. Richard. Anchor-based localization via interval analysis for mobile ad-hoc sensor networks. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 57(8) :3226–3239, 2009.