Localisation par méthodes ”range-based” et ”range-free” de stations mobiles communicantes dans un réseau sans fil

Réjane Dalcé, Linqing Gui, Thierry Val, Adrien van den Bossche, Anne Wei

▶ **To cite this version:**

Réjane Dalcé, Linqing Gui, Thierry Val, Adrien van den Bossche, Anne Wei. Localisation par méthodes ”range-based” et ”range-free” de stations mobiles communicantes dans un réseau sans fil. CFIP 2011 - Colloque Francophone sur l Ingénierie des Protocoles, UTC, May 2011, Sainte Maxime, France. inria-00587145

HAL Id: inria-00587145

https://inria.hal.science/inria-00587145

Submitted on 19 Apr 2011

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 méthodes «*range-based*» et «*range-free*» de stations mobiles communicantes dans un réseau sans fil

Réjane DALCE* - Linqing GUI* - Thierry VAL* - Adrien VAN DEN BOSSCHE* - Anne WEI**

* CNRS-IRIT-IRT ; Université de Toulouse, INSA, UTM
1 place George Brassens, Blagnac 31703 Toulouse, France

{dalce,gui,val,bossche}@irit.fr

** CNAM-Cédric-SEMpIA
292 Rue St Martin, 75141 Paris Cedex 03, France
anne.wei@cnam.fr

RÉSUMÉ. *La localisation des équipements mobiles communicants est une problématique importante pour les réseaux de capteurs sans fil, en particulier en intérieur, là où le GPS est inutilisable. Les algorithmes de localisation existants se rangent en deux catégories : «range-based» et «range-free». Les techniques «range-based» partent d'une évaluation de la distance entre émetteur et récepteur radio. Nous présentons, pour cette catégorie de systèmes de localisation, un état de l'art suivi de nos premiers travaux de métrologie, résultats utiles aux propositions et modélisations futures. Par rapport au principe «range-based», la technique «range-free» est plus économique en matériel car elle se contente de l'information de connectivité liée à la portée radio. Nous proposons un nouvel algorithme « range-free » qui fonctionne sur deux types de nœuds classés suivant le nombre d'ancres à portée. Les résultats de nos simulations montrent que l'algorithme proposé a une meilleure précision que les méthodes existantes, telles que Centroid, CPE ou DV-hop.*

ABSTRACT. *In wireless Sensor Networks, localization is an important issue, especially indoors, where GPS is unavailable. Two categories of localization algorithms exist, range-based and range-free. Range-based techniques measure the distance between two nodes, while range-free method use the connectivity information. We introduce the related work of the two fields, then we describe our contributions. As for range-based, we present our first results of localization using time-of-flight. These results will be exploited while designing the model for our future simulations. Regarding range-free, we propose a novel algorithm which works for two types of nodes. The number of neighbor anchors defines the classes. The simulation results show that our proposed algorithm is more precise than the existing ones, such as Centroid, CPE and DV-hop.*

MOTS-CLÉS : *réseaux de capteurs sans fil, localisation, range-based, range-free.*

KEY WORDS: *wireless sensor networks, localization, range-based, range-free.*

1. Introduction

Ces dernières années, les réseaux de capteurs sans fil attirent les intérêts de recherche mondiale, en raison de leurs vastes applications comme les soins médicaux, les maisons intelligentes, et la surveillance de l'environnement. Pour ces applications, la localisation des équipements mobiles communicants est une problématique importante car elle conditionne souvent leur bon fonctionnement [HON 08].

Les algorithmes de localisation existants peuvent être classés en deux catégories : *range-based* et *range-free*. La première classe utilise une mesure de la distance inter-nœud obtenue grâce au signal radio. La seconde, dans un objectif de simplicité et de réduction du coût, suppose que le déploiement des nœuds respecte certaines contraintes et propose des calculs plus ou moins complexes pour évaluer la position.

Ce document présentera pour chaque catégorie un bref panorama, puis nos travaux dans le domaine.

2. Méthode *Range-based*

Les techniques *range-based* exploitent généralement le *Received Signal Strenght Indication* (RSSI) et le temps de vol. Ces mesures peuvent être transformées en distance : le temps de vol est multiplié par la vitesse de propagation, un modèle est appliqué au RSSI. Ensuite, la trilatération ou des méthodes de calcul incluant les perturbations peuvent s'appliquer [LIU 07]…

En ce qui concerne le temps de vol, plusieurs travaux s'intéressent à augmenter la précision de cette mesure en l'immunisant du multitrajet. Ce phénomène superpose au message d'origine des copies atténuées et décalées dans le temps. Ceci masque le premier pic de corrélation et fausse l'estimation. Le travail de [LAN 06], par exemple, propose d'utiliser l'ensemble de la bande ISM à 2.4GHz pour combattre ce phénomène.

Le *fingerprinting* [EVE 09] implique la mesure, en divers points de l'espace, de la caractéristique exploitée, en l'occurrence le RSSI, préalablement à la mise en service de la localisation (hors-ligne). La base de données issue de ces mesures est utilisée ensuite en temps réel (en-ligne) pour associer de nouvelles mesures à une position. Les méthodes de rapprochement et de recherche ont fait l'objet de nombreuses études [DON 09]...

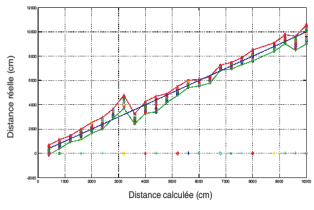

Figure 1. *Distance réelle et mesures*

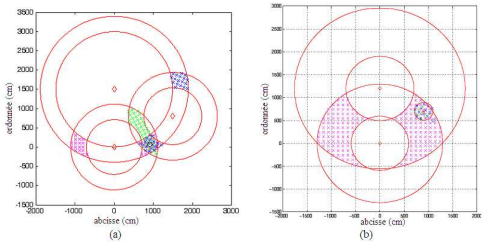

Figure 2. *(a) Simulation (b) Prototype*

En ce qui concerne la combinaison de signaux, des solutions existent telles celle de [SCH 08], qui repose sur la différence de temps d'arrivée et le déphasage du signal. L'association de ces deux sources de données a permis d'atteindre une précision décimétrique.

Notre proposition se base sur la combinaison de signaux venant de sources différentes. Une contrainte majeure est la création d'une méthode adaptée à des nœuds à faible capacité de calcul. Elle exploite l'imprécision de l'outil de mesure pour générer une surface où le mobile a une grande probabilité de se trouver. En effet, la caractérisation de la plateforme a permis de conclure que la mesure constituait un encadrement fiable de la distance réelle (fig. 1) : les courbes reliant les estimations maximales et minimales définissent un intervalle autour de la droite représentant la vraie distance.

Les résultats de simulation et de prototype sont présentés en figures 2a et 2b. Dans les deux situations, trois balises (losanges) sont utilisées pour localiser le mobile (cercle). En simulation, la largeur des anneaux a été choisie identique entre les ancres, contrairement à la réalité. Néanmoins, une surface très proche a été obtenue dont la taille dépend des dimensions des anneaux.

3. Méthode *Range-Free*

Centroid [PAT 04] et *CPE* [ESS 07] exigent un minimum de trois ancres voisines. *DV-hop* [NIC 01] [HON 08] échappe à cette contrainte au prix d'un plus grand trafic. Notre proposition d'algorithme constitue un bon compromis entre complexité et précision de localisation.

Une classe regroupe les mobiles ayant moins de trois ancres voisines et une seconde ceux en ayant au moins trois. Notre algorithme traite les deux cas, le premier par *Checkout DV-hop*, le second avec *Mid-Perpendicular*.

Checkout DV-hop corrige la position estimée par *DV-hop*, $N_{DV\text{-}hop}$, en remarquant que les erreurs de distance aux ancres augmentent avec le nombre de sauts. L'erreur liée à l'ancre la plus proche, A_{near}, étant la plus faible, notre algorithme retranche l'écart calculé pour A_{near} de la distance séparant $N_{DV\text{-}hop}$ de A_{near}. La nouvelle position, $N_{checkout}$ (fig. 3) est calculée par [1] où $d_{near,Nx}$ est la distance entre $N_{checkout}$ et A_{near}, et $d_{DV\text{-}hop}$ celle entre $N_{DV\text{-}hop}$ et A_{near} (ici, A_{near} est A_1).

$$x_{checkout} = x_{DV\text{-}hop} - \left(\frac{d_{DV\text{-}hop} - d_{near,Nx}}{d_{DV\text{-}hop}}\right) \times (x_{DV\text{-}hop} - x_{Anear}); \; y_{checkout} = y_{DV\text{-}hop} - \left(\frac{d_{DV\text{-}hop} - d_{near,Nx}}{d_{DV\text{-}hop}}\right) \times (y_{DV\text{-}hop} - y_{Anear}) \quad (1)$$

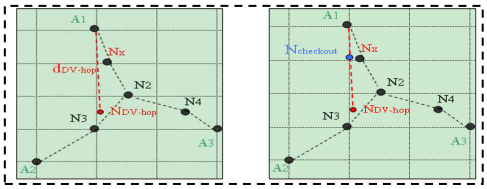

Figure 3. *Principe de Checkout DV-hop*

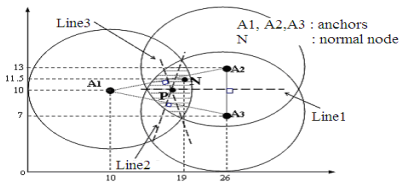

Figure 4. *Principe de Checkout DV-hop*

Pour les nœuds de Classe 2, la Méthode *Mid-Perpendicular* est proposée. Le principe est de trouver le centre de l'intersection des zones de couverture des ancres à portée. Sur la figure 4, la médiatrice de A_2A_3 est "*Line1*". Par symétrie, *Line1* traverse le centre de la zone de recouvrement. *Line2* et *Line3* sont obtenues grâce au même raisonnement. Le point d'intersection *P* sera donc le centre cherché. Ce point peut être calculé par [2].

$$x_P = \frac{(x_1^2 - x_2^2)(y_3 - y_1) + (x_1^2 - x_3^2)(y_1 - y_2) + (y_1 - y_2)(y_2 - y_3)(y_3 - y_1)}{2[y_1(x_2 - x_3) + y_2(x_3 - x_1) + y_3(x_1 - x_2)]}; \; y_P = \frac{(y_1^2 - y_2^2)(x_3 - x_1) + (y_1^2 - y_3^2)(x_1 - x_2) + (x_1 - x_2)(x_2 - x_3)(x_3 - x_1)}{2[x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2)]} \quad (2)$$

Nous présentons ici deux scénarios de simulation avec différentes aires. Le ratio d'ancre est le rapport du nombre d'ancres sur tous les nœuds. Le paramètre "*Location error (% radio range)*" est utilisé pour estimer la précision de localisation. Il est défini comme le rapport de la distance entre la position estimée et la vraie position sur la portée radio.

Comparé aux algorithmes *DV-hop* [NIC 01], *improved DV-hop* [HON 08], *Centroid+DVhop* et *CPE+DVhop*, notre proposition atteint une meilleure précision dans les deux scénarii (fig. 5 et 6).

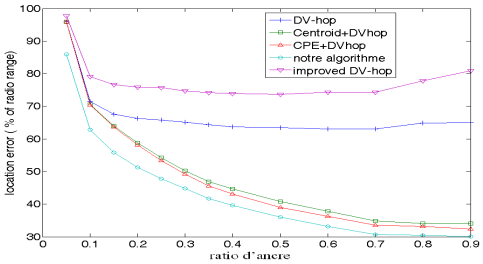

Figure 5. Erreur de localisation scénario 1

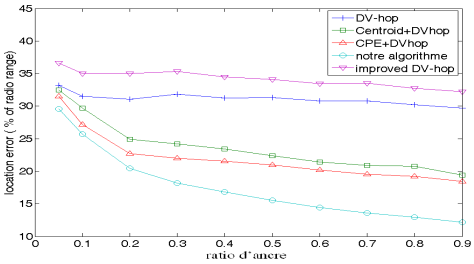

Figure 6. Erreur de localisation scénario 2

4. Conclusion

Pour adapter notre méthode de localisation *range-based* à des plateformes légères, nous proposons une méthode partant des faiblesses de l'instrument de mesure. Les prochaines étapes seront la mise à l'épreuve sur des modules implémentant la norme IEEE 802.15.4a et l'ajout d'informations complémentaires issues de capteurs embarqués en vue d'améliorer la performance.

D'autre part, nous avons proposé un algorithme de localisation *range-free* fonctionnant sur deux types de nœuds mobiles. Les résultats de nos simulations montrent que notre proposition a une meilleure précision que les méthodes existantes. Nous travaillons actuellement à la réduction du coût de notre algorithme et l'évaluation de la charge réseau induite par le protocole associé à cet algorithme.

5. Bibliographie

[DON 09] F. Dong, Y. Chen, K. Li, and D. Guo. A calibration-free localization solution for handling signal strenght variance. In International Workshop on Mobile Entity Localization (MELT), 2009.

[ESS 07] Essoloh M, Richard C and Snoussi H.. Anchor-based distributed localization in wireless sensor networks, IEEE/SP Workshop on Statistical Signal Processing, vol:1, pages:393-397, Aug 26-29, 2007.

[EVE 09] F Evennou. Techniques et technologies de localisation avancees pour terminaux mobiles dans les environnements indoor. PhD thesis, Universite Joseph Fourier, Grenoble, 2007.

[HON 08] H.Chen, Sezaki, K., P. Deng, Hing C S. An improved DV-hop localization algorithm for wireless sensor networks, IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, pp:1557-1561, June 2008.

[LAN 06] S. Lanzisera, D.T. Lin, and K.S. Pister. Rf time of flight ranging for wireless sensor network localization. In Workshop on Intelligent Solutions in Embedded Systems (WISES), 2006.

[LIU 07] H. Liu, H. Darabi, P. Banerjee, and J. Liu.Survey of wireless indoor positioning techniques and systems. In IEEE Transactionson Systems, Man and CyberneticsP artC :ApplicationsandReviews, 2007.

[NIC 01] D. Niculescu and B. Nath. Ad hoc positioning system (APS), Proc. Global Telecomm. Conf. (Globecom '01), volume:1, pages:2926-2931, Nov. 2001.

[PAT 04] Patro, R.K. Localization in wireless sensor network with mobile beacons, Proceedings of 23rd IEEE Convention of Electrical and Electronics Engineers in Israel, pages:22-24, Sept. 2004.

[SCH 08] S. Schwarzer, M. Vossiek, M. Pichler, and A. Stelzer. Precise distance measurement with IEEE 802.15.4 (zigbee) devices. In IEEE Radio and Wireless Symposium, 2008