



HAL
open science

Technique de trilatération pour la localisation Indoor

Tian Yang, Adnane Cabani, Houcine Chafouk

► **To cite this version:**

Tian Yang, Adnane Cabani, Houcine Chafouk. Technique de trilatération pour la localisation Indoor. Colloque sur les Objets et systèmes Connectés - COC'2021, IUT d'Aix-Marseille, Mar 2021, MARSEILLE, France. hal-03593071

HAL Id: hal-03593071

<https://hal.science/hal-03593071v1>

Submitted on 1 Mar 2022

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.

Technique de trilatération pour la localisation Indoor

Tian Yang¹, Adnane Cabani², Houcine Chafouk³
Tian.yang@esigelec.fr

Normandie Université, UNIROUEN, ESIGELEC, IRSEEM, Rouen 76000, France

RÉSUMÉ : Dans cette communication, quelques techniques de trilatération pour la localisation sont présentés en 2D et 3D. Plusieurs méthodes à base de kNN (Méthode des k plus proches voisins), et d'apprentissage automatique sont présentées. De plus, une simulation est réalisée pour localiser un récepteur selon les RSSIs (Indication de la force du signal reçu) détectées par le récepteur. Dans l'avenir, pour mieux résoudre le problème de localisation en 3D, une solution dynamique sera proposée selon une trajectoire du récepteur. La racine de l'écart quadratique moyen (RMSE) sera analysée pour vérifier l'exactitude de la localisation.

Mots clés : trilatération, localisation indoor, RSSI.

1 INTRODUCTION

La trilatération est une méthode mathématique qui permet de déterminer la position d'un point fixe ou mobile dans l'espace dans lequel il évolue en utilisant les distances entre ce dernier et des ancres avec leur position préalablement connues.

Dans cet communication, nous présentons succinctement le principe de la trilatération et son application. Un exemple de la trilatération en 2D est simulé sur MATLAB en se basant sur les RSSIs (*Received Signal Strength Indication*).

Étant donné les coordonnées des points d'accès (Access Point - AP), et les distances entre le récepteur et les APs, le calcul des distances est effectué par l'équation de Shannon-Hartley, selon les forces des signaux reçus par le récepteur ainsi que le bruit des canaux. La position du récepteur peut être estimée selon la géométrie des triangles en 2D comme indiqué sur la fig.1.

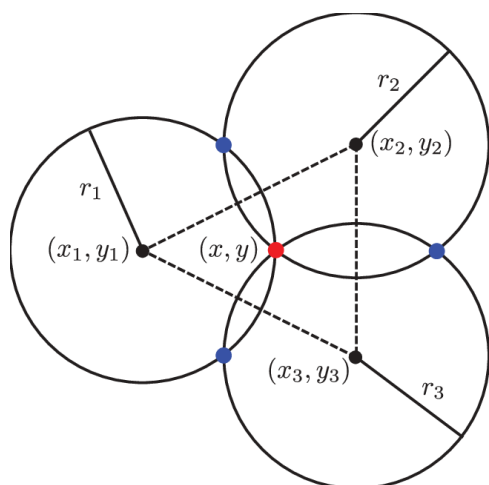


fig 1. Trilatération en 2D: Localisation selon la force du signal/ la distance [1]

Entre chaque pair de deux cercles, deux solutions peuvent être trouvées correspondant aux deux points d'intersection (un bleu et un rouge sur Fig.1), et l'autre cercle permet de fixer une solution unique selon sa distance. Dans le cas idéal où les distances r_1, r_2 et r_3

sont précises, il existe un seul point d'intersection (le point rouge sur Fig.1) des trois cercles, donc une solution unique est fixée par la trilatération. Par contre, en prenant en compte l'erreur de calcul, dans le cas réel où les trois cercles ne s'intersectent pas en un point, il faut ajuster la marge d'erreur sur le troisième cercle, pour qu'un seul point d'intersection puisse être déterminé entre le point rouge et le bleu (les deux points d'intersection des deux premiers cercles).

Dans un modèle 3D de la trilatération, pour chaque paire de deux sphères, il existe un contour d'intersection composé des deux lignes courbes d'intersection. Chaque ligne courbe est un ensemble de solutions trouvés selon les distances estimées entre la position de récepteur et les deux APs. La troisième sphère permet de fixer deux points d'intersections sur les deux lignes courbes, respectivement. En conclusion, dans un modèle 3D, deux solutions sont déterminées selon les trois distances récepteur-APs et les coordonnées des N APs (x_i, y_i, z_i) , $i = 1, 2, \dots, N$.

2 ÉTAT DE L'ART

Plusieurs contributions récentes ont présenté la localisation à l'intérieur. Les auteurs [2]-[3] ont appliqué l'algorithme kNN, pour sélectionner et déterminer une localisation des k plus proches voisins selon les distances calculées par RSSI (en dB). Pour améliorer l'exactitude de l'estimation de position, les auteurs de [4] ont proposé une méthode hybride de la machine à vecteur de support et de l'apprentissage profond. La racine de l'erreur quadratique moyenne (RMSE) est calculée dans leur simulation pour prouver la stabilité et l'exactitude de leur méthode. Une solution est proposée [5] sur le réseau de neurones récurrents, pour baisser le taux d'erreur par rapport aux méthodes probabilistes, à l'aide du filtre pondéré. Une méthode de navigation à l'estime est implémentée [6] en plus des méthodes RSSI comme une compensation de l'interférence par RSSI. Cette méthode permet d'améliorer l'exactitude de l'estimation sur la location. Par contre, cette méthode demande plus d'information sur les smartphones pour les données d'entrée : l'itinéraire et la direction de la marche. Une méthode composée de l'apprentissage supervisé, non supervisé,

et surtout ensembliste est présentée dans [7]. Les auteurs ont classifié les données comme normale/anormale selon la prédiction du forêt d'isolement afin d'augmenter l'exactitude d'estimation. Cependant, L'amélioration de l'exactitude est très limitée par rapport à la croissance de complexité sur cette méthode de l'apprentissage automatique.

Les articles [8]–[12] se focalisent sur localisation à base de RSSI et la trilatération. Comme présenté dans [12], pour résoudre un problème de localisation en 3D, il faut au moins trois coordonnées des APs et trois RSSIs corrélés (détecté par le récepteur). En plus, si on détecte plus que trois APs, l'exactitude de localisation est renforcée grâce à l'information additionnelle. Mathématiquement, les auteurs [12] ont formulé la trilatération comme une équation linéaire, et les auteurs ont calculé deux solutions particulières (du système homogène $A \cdot X=0$) correspondantes aux deux points d'intersections sur les deux lignes d'intersection. Une solution générale en base de ces deux solutions particulières est indiquée dans [12].

3 RÉSULTATS

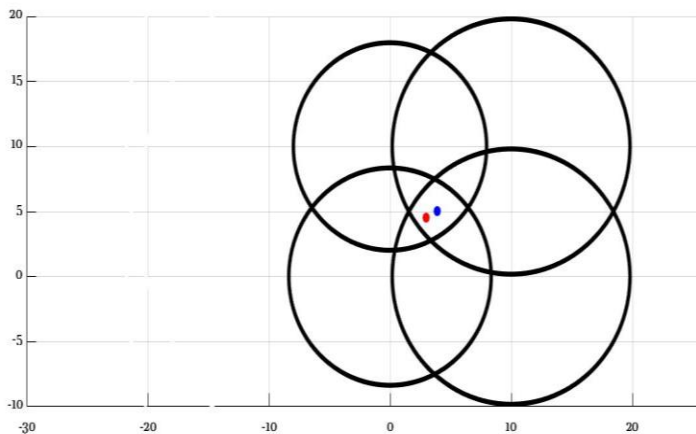


fig 2. L'estimation de localisation par la trilatération et l'exactitude de positionnement (unité: mètre)

Pour la trilatération en 2D, on a simulé sur MATLAB avec un récepteur situé au coordonnée (3, 4.5), indiqué par le point rouge sur fig. 2. Les coordonnées des APs (les centres des cercles) sont définies comme (0,0), (10,0), (0,10), (10,10). Étant donné les RSSIs reçues par le récepteur {8.3520, 7.9761, 9.8127, 31.7533}dB, la position calculée par l'algorithme de trilatération est égale à (3.8789, 5.0022). Cette dernière est présentée par le point bleu sur fig. 2. Les APs diffusent un signal WiFi de 2.4 GHz. Les distances sont calculées selon la fonction réciproque de la formule Shannon-Hartley.

4 CONCLUSION

Dans cette communication, nous avons présenté succinctement la technique de trilatération qui permet de calculer la position d'un point qui reçoit un signal RSSI émis par plusieurs émetteurs de type WiFi. Nous comptons étendre les approches existantes dans l'état de l'art en prenant en compte le cas de perte de signaux RSSI. Les informations des RSSIs seront collectées par la carte WIFI du récepteur. Lorsque le récepteur est sur une trajectoire pré-programmée [13] (en contrôlant automatiquement la vitesse et la vitesse angulaire), l'implémentation de l'algorithme trilatération doit suivre l'itinéraire du récepteur en fonction de la distance calculée par l'équation Shannon-Hartley selon RSSI, et la position calculée doit être mise à jour pour chaque fragment du temps.

Bibliographie

- [1] L. Génévé, "Système de déploiement d'un robot mobile autonome basé sur des balises", *Doctoral dissertation*, Strasbourg, 2017.
- [2] S. Sadowski, P. Spachos, and K. N. Plataniotis, "Memoryless Techniques and Wireless Technologies for Indoor Localization with the Internet of Things." *IEEE Internet of Things Journal*, Vol. 7, No.11, pp. 10996-11005, 2020. DOI : 10.1109/JIOT.2020.2992651
- [3] M. T. Hoang et al., "A Soft Range Limited K-Nearest Neighbors Algorithm for Indoor Localization Enhancement," *in IEEE Sensors Journal*, vol. 18, no. 24, pp. 10208-10216, 15 Dec.15, 2018. DOI: 10.1109/JSEN.2018.2874453
- [4] A. B. Adege, H. P. Lin, G. B. Tarekn, X. Y. Munaye, and L. Yen, "An indoor and outdoor positioning using a hybrid of support vector machine and deep neural network algorithms", *Journal of sensors*, 2018. DOI: 10.1155/2018/1253752
- [5] M. T. Hoang, B. Yuen, X. Dong, T. Lu, R. Westendorp and K. Reddy, "Recurrent Neural Networks for Accurate RSSI Indoor Localization," *in IEEE Internet of Things Journal*, vol. 6, no. 6, pp. 10639-10651, Dec. 2019. DOI: 10.1109/JIOT.2019.2940368
- [6] Zhao, Bo; Zheng, Chao; Ren, Xinxin; Dai, Jianrong: "An Optimization Method Combining RSSI and PDR Data to Estimate Distance Between Smart Devices", *TechRxiv*. Preprint. 2020. DOI: 10.36227/techrxiv.13488738
- [7] M. A. Bhatti, R. Riaz, S. S. Rizvi, S. Shokat, F. Riaz and S. J. Kwon, "Outlier detection in indoor localization and Internet of Things (IoT) using machine learning," *in Journal of Communications and Networks*, vol. 22, no. 3, pp. 236-243, June 2020. DOI: 10.1109/JCN.2020.000018
- [8] B. Yang, L. Guo, R. Guo, M. Zhao and T. Zhao, "A Novel Trilateration Algorithm for RSSI-Based Indoor Localization," *in IEEE Sensors Journal*, vol. 20, no. 14, pp. 8164-8172, 15 July, 2020. DOI: 10.1109/JSEN.2020.2980966
- [9] S. Sadowski, and P. Spachos, "RSSI-based indoor localization with the internet of things", *IEEE Access*, vol. 6, pp.30149-30161,2018.DOI: 10.1109/ACCESS.2018.2843325
- [10] X. Zhu, and Y. Feng, "RSSI-based algorithm for indoor localization", *Communications and Network*, vol. 5, no. 2, pp 37, 2013. DOI: 10.4236/cn.2013.52B007
- [11] A. Norrdine, "An algebraic solution to the multilateration problem." *In Proceedings of the 15th interna-*

tional conference on indoor positioning and indoor navigation, Sydney, Australia, Vol. 1315, 2012.
DOI: 10.13140/RG.2.1.1681.3602
[12] Mendoza-Silva, Germán M.; Richter, Philipp; Torres-Sospedra, Joaquín; Lohan, Elena S.; Huerta, Joaquín. "Long-Term WiFi Fingerprinting Dataset for Research on Robust Indoor Positioning" *Data 3*, no. 1, 2018.

DOI: 10.3390/data3010003
[13] N. Ayadi, N. Derbel, N. Morette, C. Novales, and G. Poisson, "Simulation and experimental evaluation of the ekf simultaneous localization and mapping algorithm on the wifibot mobile robot", *Journal of Artificial Intelligence and Soft Computing Research*, Vol.8, no.2, pp.91-101, 2018.
DOI: 10.1515/jaiscr-2018-0006