

# Une nouvelle méthode de positionnement dans les réseaux de capteurs

Clément Saad

► **To cite this version:**

Clément Saad. Une nouvelle méthode de positionnement dans les réseaux de capteurs. AlgoTel: Aspects Algorithmiques des Télécommunications, May 2006, Trégastel, France. lirmm-00135593

**HAL Id: lirmm-00135593**

**<https://hal-lirmm.ccsd.cnrs.fr/lirmm-00135593>**

Submitted on 8 Mar 2007

**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.

# Une nouvelle méthode de positionnement dans les réseaux de capteurs

Clément Saad<sup>1</sup>

<sup>1</sup>LIA/CERI, 339 chemin des Meinajaries, BP 1228-84911 Avignon Cedex 9, France  
saad@lirmm.fr

---

Le problème du positionnement dans les réseaux de capteurs connaît un réel engouement dans le domaine de la recherche. Ce papier présente une nouvelle méthode de positionnement en se basant sur la localisation de certains capteurs pré positionnés communément appelés “ancres”. Elle s’appuie sur une technique d’approximation des positions, caractérisée par deux propriétés : un noeud peut juger si sa position estimée est proche de sa position réelle devenant, le cas échéant, une ancre estimée. Cette technique détecte quelques fausses informations dues à divers phénomènes. Des règles ont été introduites dans [SBK06] afin de résoudre l’ambiguïté lorsqu’un noeud peut se trouver à plusieurs positions. Elles sont adaptées ici à la technique d’approximation afin de prendre en compte les ancres estimées. L’efficacité de la méthode est démontrée par des simulations en la comparant à des méthodes existantes.

**Keywords:** réseaux de capteurs, localisation.

---

## 1 Introduction

De nombreuses applications dans les réseaux de capteurs nécessitent la connaissance de la localisation des noeuds : application médicale, contrôle du climat, surveillance, ... en sont des exemples. Les solutions proposées doivent prendre en compte les caractéristiques des capteurs : les capteurs sont des petits appareils dotés d’une batterie, capables de communiquer entre eux et de détecter des événements s’ils se trouvent à l’intérieur de leur rayon de perception. Pour formaliser le problème, un réseau de capteurs est représenté par un graphe dont les noeuds représentent les capteurs. Nous dirons que deux noeuds sont voisins s’ils se trouvent dans le rayon de perception l’un de l’autre. On suppose que tous les noeuds ont le même rayon de perception  $r$ , deux noeuds voisins peuvent communiquer entre eux et enfin, quelques noeuds sont pré positionnés (grâce à un GPS ou autre). Ces noeuds sont appelés “ancres”. La méthode proposée ici fait partie de celles utilisant les positions des ancres pour estimer la position des autres noeuds. Ces méthodes peuvent être classées en deux catégories : les méthodes “basées rang” et les méthodes “libre de rang”. Dans la première catégorie, les noeuds utilisent uniquement la position des ancres. [HHB<sup>+</sup>05] propose une technique d’approximation dont nous nous sommes inspirés pour notre technique. Dans la deuxième catégorie, les noeuds connaissent la distance qui les sépare de leurs voisins en utilisant des techniques comme RSSI, ToA, TDoA ou AoA. Ces distances sont appelées “rang”. Les méthodes les plus connues sont celles de Niculescu et Nath [NN01], Savvides & al., [SPS02] et Savarese & al.[SR02]. Ces méthodes utilisent le même schéma d’exécution : pour commencer, les noeuds estiment leurs distances avec les ancres, ensuite ils appliquent la multilatération et enfin exécutent un processus de raffinement pour améliorer le résultat de l’estimation. Pour la première partie, on dénombre trois techniques d’estimation des distances avec les ancres : Sum-Dist[SPS02], DV-Hop[SR02] et Euclidian[NN01]. Nous décrivons uniquement Sum-Dist puisque c’est celle que nous utilisons dans notre méthode. Cette technique d’estimation est très simple. Chaque ancre diffuse sa position et les noeuds font suivre. Un noeud estime sa distance avec une ancre en faisant la somme des rangs rencontrés. Par exemple, soit  $A$  une ancre et  $X$  un noeud. Si le chemin menant de  $X$  à  $A$  est  $XYZA$  alors la distance estimée ( $\hat{d}_{XA}$ ) est égale à  $\hat{d}_{AY} + d_{YX}$ . Par l’inégalité triangulaire on a  $d_{XA} \leq \hat{d}_{XA}$ . La description de notre méthode est donnée dans la section suivante.

## 2 Technique d'approximation (AT-Dist)

Lorsqu'un noeud  $X$  reçoit la position d'une ancre  $B$ , deux cas se présentent: soit  $B$  et  $X$  sont voisins alors  $X$  sait qu'il est sur le cercle centré en  $B$  de rayon  $d_{BX}$ . Soit ils ne sont pas voisins, alors  $X$  sait qu'il n'est pas dans le cercle de centre  $B$  et de rayon  $r$ , sinon ils seraient voisins, et il est forcément, grâce à l'inégalité triangulaire, dans le cercle de centre  $B$  et de rayon  $\hat{d}_{BX}$  (distance estimée avec Sum-Dist). Ce processus est répété pour chaque ancre. Ainsi, l'intersection des cercles définit une zone contenant  $X$ . Le centre de gravité de cette zone donne une estimation de la position de  $X$ . Concrètement, chaque noeud représente le réseau par une grille dont les côtés des cases mesurent  $0.1r$  afin de garantir une estimation précise. Dès qu'un noeud reçoit la position d'une ancre, il incrémente de un l'ensemble des cases pouvant être une localisation possible. La figure 1 est un exemple de grille : lorsque  $X$  reçoit la position de l'ancre  $B$  (resp.  $C, D$ ), il incrémente toutes les cases étant entre les deux cercles centrés en  $B$  (resp.  $C, D$ ). La zone contenant  $X$  est forcément définie par les cases contenant la valeur maximale dans la grille. Dans l'exemple, cette zone est définie par les cases valant 3.  $X$  n'a plus qu'à calculer le centre de gravité de cette zone pour déduire une estimation de sa position.

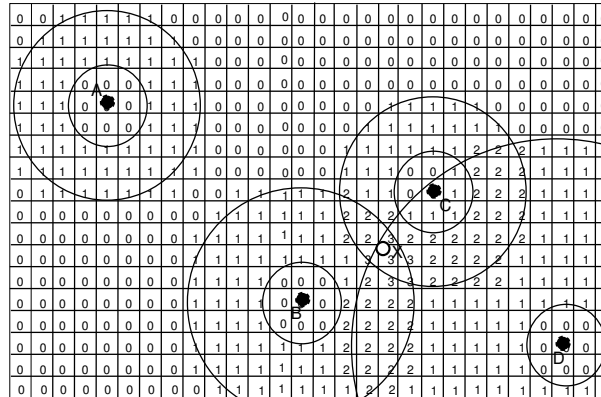


Fig. 1: Un exemple de grille représentant un réseau

AT-Dist a deux propriétés importantes :

- Premièrement, un noeud est capable de juger si sa position estimée est proche de sa position réelle; soit  $\epsilon$  la distance maximale entre deux points de la zone. Le noeud sait que la distance entre sa position estimée et sa position réelle est inférieure à  $\epsilon$ . Nous définissons un *seuil* tel que si  $\epsilon \leq \text{seuil}$  alors la position est estimée proche. Le noeud devient alors une ancre estimée et diffuse sa position avec son  $\epsilon$ . Lorsque AT-Dist est exécuté avec une ancre estimée, elle prend en compte  $\epsilon$  en transformant les rayons en  $d_{AX} \pm \epsilon$  si  $X$  et  $A$  sont voisins et  $r - \epsilon, \hat{d}_{AX} + \epsilon$  sinon.
- Deuxièmement, un noeud est capable de détecter s'il y a eu une fausse information en détectant une incohérence. Ce cas est illustré en figure 1 lorsque  $X$  reçoit la position de l'ancre  $A$ .  $X$  n'est pas entre les deux cercles centrés en  $A$ , ce qui est impossible du fait de l'inégalité triangulaire. Plusieurs phénomènes peuvent expliquer cette erreur : les erreurs de rang dues aux imprécisions des mesures de rang, une erreur de position du GPS, ou bien encore l'ancre est sous le contrôle d'un ennemi et diffuse de fausses informations dans un contexte militaire. AT-Dist ne considèrera pas ces informations. Il est intéressant de noter que les erreurs de rang, constituant le principale inconvénient des méthodes "basées rang", sont dans certains cas maîtrisées.

## 3 Adaptation de MuR

MuR [SBK06] a été proposée afin de résoudre l'ambiguïté lorsqu'un noeud peut être localisé à plusieurs endroits : si un noeud a deux ancres voisines, les deux points d'intersection des deux cercles centrés aux

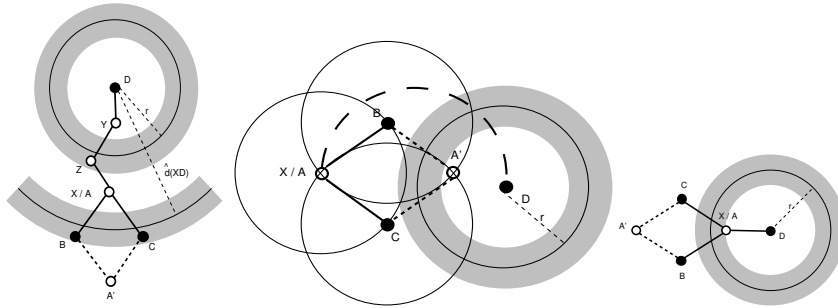


Fig. 2: a) règle 1      b) règle 2      c) règle 3

ancres et de rayons les rangs qui les séparent, représentent deux positions possibles. Nous adaptons les règles de MuR afin de prendre en compte les ancres estimées. Dans la figure 2, le noeud  $X$  cherche sa position,  $B, C$  sont des ancres voisines. On suppose que la position réelle de  $X$  est en  $A$ . Dans les deux premières règles, l'ancrage  $D$  permettant de résoudre l'ambiguïté n'est pas une ancre voisine de  $X$ .

**Règle 1** Cette règle est illustrée en figure 2a. Dans un premier temps  $D$  est une ancre. Si  $A$  se trouve entre les cercles centrés en  $D$  de rayons respectifs  $r$  et  $\hat{d}_{XD}$  et  $A'$  se trouve à l'extérieur alors  $X$  conclut qu'il est en  $A$ . Cependant, si les deux noeuds sont entre ces deux cercles  $X$  ne peut pas conclure. Maintenant si  $D$  est une ancre estimée, il faut prendre en compte  $\epsilon$ , donnant ainsi la zone en gris sur la figure définie par les rayons  $\pm \epsilon$ .  $A$  devra être à l'intérieur des deux zones en gris et  $A'$  à l'extérieur.

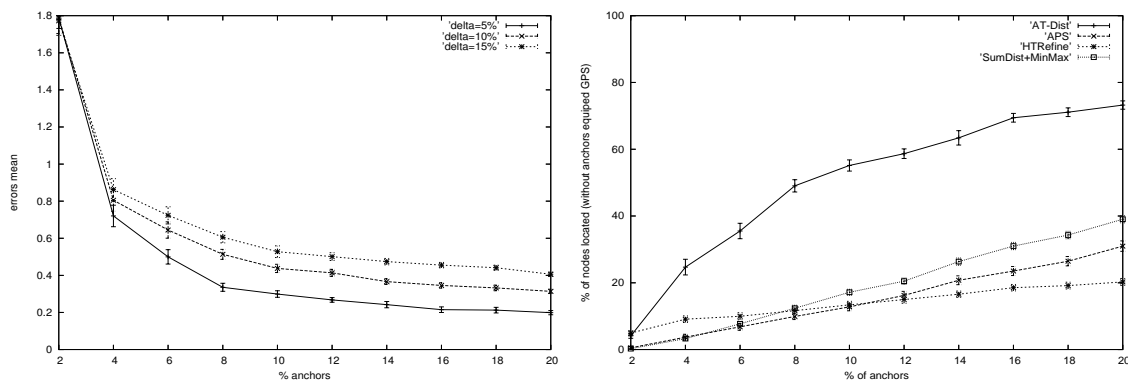
**Règle 2** Cette règle est illustrée en figure 2b. Dans un premier temps  $D$  est une ancre. Si  $A'$  se trouve à l'intérieur du cercle centré en  $D$  et de rayon  $r$  alors  $A'$  ne peut être la position de  $X$  puisque  $X$  et  $D$  ne sont pas voisins. Si  $A$  est à l'extérieur de ce cercle alors  $X$  conclut qu'il est en  $A$ . Cependant, si  $A$  et  $A'$  sont à l'extérieur alors  $X$  ne peut pas conclure. Considérons  $D$  comme une ancre estimée,  $A$  doit être à l'extérieur de la zone grise et  $A'$  à l'intérieur.

**Règle 3** Dans cette règle  $X$  et  $D$  sont voisins et elle est de ce fait exactement le contraire de la règle 2. Elle est illustrée en figure 2c.

## 4 Simulations

Les simulations sont réalisées à l'aide du simulateur créé par Langendoen et Reijers dans [LR03] basé sur OMNET++ [Var01]. Au départ une topologie de réseau est générée aléatoirement en fonction du nombre de noeuds et du nombre d'ancres. Dans nos scénarios, le nombre de noeuds est fixé à 150 et le pourcentage d'ancres (nommé  $\alpha$ ) varie. Les 150 noeuds sont répartis aléatoirement avec une distribution uniforme dans une aire de taille  $100 \times 100$ . Les ancres sont sélectionnées aléatoirement. Comme dans [LR03], les erreurs de rang et les erreurs de position sont normalisées à partir de  $r$ . Par exemple, une erreur de position de 50% signifie que le noeud se trouve à  $\frac{r}{2}$  de sa position réelle. Nous appelons  $\delta$  le pourcentage de l'erreur de rang, elle prendra selon les scénarios la valeur 5%, 10% ou 15%. La connectivité est liée à la valeur de  $r$ . Dans nos scénarios  $r$  est égal à 14. Nous considérons qu'un noeud a une estimation proche de sa position réelle si l'erreur est inférieure à 15%. Chaque scénario est exécuté 100 fois. Ainsi, la variance obtenue est relativement petite. Pour chaque scénario nous prenons en compte la moyenne et nous représentons l'intervalle de confiance. Ici, il y a 95% de chance que la valeur réelle se trouve dans cet intervalle. Comme le nombre d'exécutions d'un scénario définit la taille de l'intervalle, nous concluons que 100 exécutions sont raisonnables.

La figure 3a représente le comportement de la proportion de l'erreur moyenne (sans prendre en compte les noeuds localisés) de notre méthode lorsque nous introduisons des erreurs de rang. Les courbes indiquent la précision de la localisation avec  $\delta$  égal à 5%, 10% ou 15%. Nous obtenons à peu près trois courbes



**Fig. 3:** a) Proportion de l'erreur moyenne avec  $\delta = \{5,10,15\}\%$ . b) Performance des méthodes avec  $\delta = 5\%$

identiques avec un décalage d'environ 0.10 entre la courbe représentant  $\delta = 10\%$  et les deux autres. Il est à noter qu'après  $\alpha = 10\%$  la proportion de l'erreur moyenne diminue très faiblement. La figure 3b représente le pourcentage de noeuds localisés avec une erreur de positionnement inférieure à 20% sans prendre en compte les ancres équipées GPS obtenu par notre méthode et les trois techniques décrites dans [NN01, SR02, SPS02] avec  $\delta = 5\%$ . L'efficacité de notre méthode est clairement mise en avant.

## 5 Conclusion

Ce papier présente une nouvelle méthode de localisation dans les réseaux de capteurs. Elle propose une nouvelle technique d'approximation AT-Dist pour estimer la position des noeuds. Cette technique possède deux propriétés intéressantes : chaque noeud peut dans certains cas éliminer des fausses informations et est capable de juger si sa position estimée est proche de sa position réelle, devenant ainsi une ancre estimée. Les règles de MuR sont alors adaptées afin de prendre en compte ces ancres estimées. Les simulations montrent l'efficacité de notre méthode par rapport aux méthodes existantes.

## References

- [HHB<sup>+</sup>05] Tian He, Chengdu Huang, Brian M. Blum, John A. Stankovic, and Tarek Abdelzaher. Range-free localization and its impact on large scale sensor networks. *IEEE Personal Communications Magazine*, 2005.
- [LR03] K. Langendoen and N. Reijers. Distributed localization in wireless networks : A quantitative comparison. *Computer Networks*, no 43, pp. 500-518, 2003.
- [NN01] Dragos Niculescu and Badri Nath. Ad hoc positioning system (aps). in *Proceedings of GLOBE-COM, San Antonio*, November 2001.
- [SBK06] Clément Saad, Abderrahim Benslimane, and Jean-Claude König. Mur : A distributed preliminary method for location techniques in sensor networks. *WiMob 2006*, June 2006.
- [SPS02] A. Savvides, H. Park, and M. Srivastava. The bits and flops of the n-hop multilateration primitive for node localization problems. *First ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Application (WSNA), Atlanta, GA*, pp. 112-121, 2002.
- [SR02] Chris Savarese and Jan Rabaey. Robust positioning algorithms for distributed ad-hoc sensors networks. in *USENIX technical annual conference, (Monterey, CA)*, pp. 317-328, June 2002.
- [Var01] A. Varga. The omnet++ discrete event simulation system. *European Simulation Multiconference (ESM'2001), Prague, Czech Republic*, 2001.