Recherche décentralisée de connexité pour réseaux de capteurs mobiles

Merwan Achibet

1 Introduction

On imagine le problème suivant : un groupe de n capteurs mobiles est réparti aléatoirement dans un espace à deux dimensions. Un capteur ne peut communiquer avec un autre capteur que si la distance les séparant est inférieure à un seuil donné.

Cette contrainte de communication nous oblige à former un réseau connexe de capteurs car on souhaite que toute information puisse être partagée de capteur en capteur. Spatialement, cela signifie que l'on doit positionner les capteurs afin qu'ils appartiennent tous à la même composante connexe via leur rayon de communication. Cependant, une agglomération naïve de tous les capteurs dans une zone est inadapté à ce problème car on souhaite que les capteurs couvrent une zone importante, leur but étant avant tout de relever le plus de données possibles.

La décentralité du réseau implique que chaque capteur n'a pas de vue globale du système mais peut construire progressivement une vue, au début partielle et approximative puis plus précises, à l'aide des données de ses voisins.

Deux questions interdépendantes se posent donc :

1. Comment déterminer de manière décentralisée la connexité du réseau ?
2. Comment déplacer les capteurs pour rendre le réseau connexe ?

Dans la section 2, nous nous attelerons à proposer un algorithme simple permettant d'évaluer si un réseau de capteurs est connexe de manière décentralisée. Ensuite, nous envisagerons une méthode de guidage des capteurs inspirées des boïds et des systèmes particulaires.

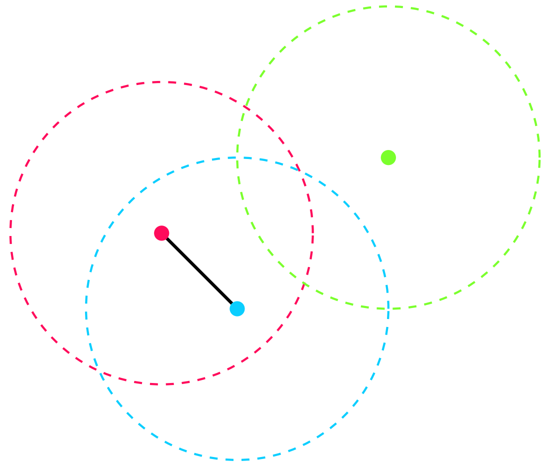

Figure 1 –

2 Déterminer si le réseau est connexe

3 Rendre le réseau connexe

On présente une méthode de guidage décentralisée permettant au déplacement de chaque capteur de participer à l'émergence d'une connexité globale.

Ce guidage, inspiré des boïds [Rey87] et des essaims particulaires gazeux [CSJ11], est dépendant de trois forces combinées en un seul mouvement. La première force, l'attraction, va associer à chaque capteur une force attirant les autres capteurs. La seconde force, la répulsion, va assurer que les capteurs ne soit pas tous regroupés dans la même zone et permet donc d'occuper un espace plus large. La dernière force, la gravité, permet de donner, aussi bien aux capteurs isolés qu'aux composantes connexes de capteurs, un mouvement global vers le center de l'espace à analyser.

3.1 Position connue ou approximée

Puisque l'on souhaite que chaque capteur se déplace indépendamment tout en participant à une évolution commune du réseau menant à la connexité, la connaissance de sa position propre ainsi que de la position de ses voisins est importante. Deux hypothèses sont envisageables : 1) les capteurs sont équippés pour connaître leur position absolue dans l'espace 2) les capteurs n'ont pas connaissance de leur position absolue.

Dans le premier cas, la tâche est plus aisée car un capteur peut de lui même se rendre à une position donnée, grâce à une position propre connue et précise. Cette hypothèse est envisageable puisqu'avec la diminution continue de la taille des composants électroniques, des instruments de localisation pourraient facilement être embarqués dans un capteur.

Dans le second cas, TRILATERATION !

3.2 Attraction

À la lecture de ce problème, la nécessité de rapprocher les capteurs les uns des autres afin qu'un réseau de communication ininterrompu se forme vient naturellement à l'esprit. En effet, la condition *sine qua non* au bon fonctionnement du réseau est la communication, un capteur isolé est inutile, puisque son information n'est pas partagée.

Pour les calculs de positionnement qui suivront, on part de l'hypothèse qu'un capteur C peut obtenir les positions exactes de ses voisins et qu'il connaît la sienne.

On associe à C un rayon d'attraction R_a donc le but sous-jacent est d'attirer les capteurs se trouvant à la fois dans le rayon de communication de C et à l'extérieur de R_a.

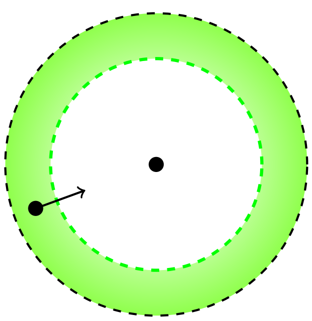

Figure 2 –

$$\vec{a} = \vec{p}_c - \vec{p}_v$$

3.3 Répulsion

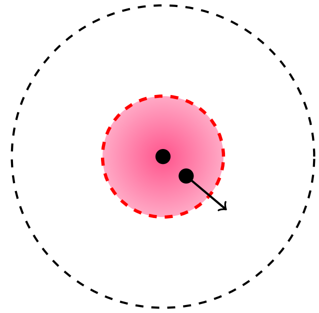

Figure 3 –

$$\vec{r} =$$

3.4 Gravité

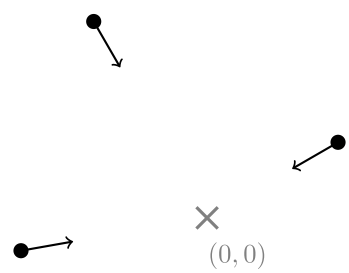

Figure 4 –

$$\vec{g} =$$

3.5 Composition d'une force nette

Références

[CSJ11] Teddy M. Cheng, Andrey V. Savkin, and Faizan Javed. Decentralized control of a group of mobile robots for deployment in sweep coverage. *Robotics and Autonomous Systems*, 59(7–8) :497 – 507, 2011.

[Rey87] Craig W. Reynolds. Flocks, herds, and schools : A distributed behavioral model. In *SIGGRAPH '87 : Proceedings of the 14th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*, pages 25–34. ACM, 1987.