

## Réseaux sans-fil

### 1 Ensemble dominant par inclusion de voisinage

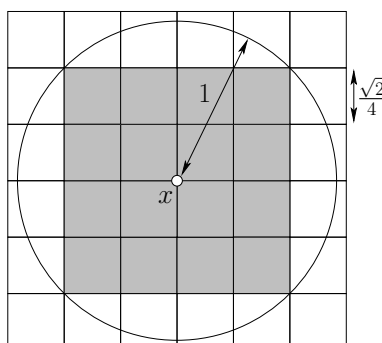
On souhaite construire un ensemble dominant dans le graphe de voisinage d'un réseau sans-fil, c'est-à-dire un sous-ensemble  $D$  des nœuds  $V$  tels que pour tout  $x \in V$ ,  $x$  est dans  $D$  ou  $x$  est un voisin d'un nœud  $y$  de  $D$ . On suppose que chaque nœud est muni d'un identifiant unique.

On considère le mécanisme de construction d'un ensemble dominant  $D$  suivant. Au départ,  $D$  contient tous les nœuds ; puis un nœud  $x$  s'élimine de  $D$  s'il constate que ses voisins d'identifiants plus petits que le sien forment une partie connexe et que l'union de leur voisinage contient le voisinage de  $x$ .

**Question 1.1.** Donner une définition formelle de l'ensemble  $D$  obtenu.

**Question 1.2.** Montrer que  $D$  forme un ensemble connexe dominant.

On adopte le modèle du disque unité : chaque nœud  $x$  peut émettre un message à tous les nœuds qui se trouvent dans un disque de centre  $x$  et de rayon 1. On travaille sur un terrain rectangulaire d'aire  $A$ . Pour chaque nœud, on considère la grille de pas  $\sqrt{2}/4$  centrée en  $x$ , comme sur la figure suivante.



**Question 1.3.** Montrer que si chaque carrée de taille  $\sqrt{2}/4$  totalement inclus dans la zone de couverture de  $x$  (en gris sur la figure) contient un nœud d'identifiant inférieur à  $x$ , alors  $x \notin D$ .

**Question 1.4.** Soit  $x$  nœud tel que  $i$  nœuds ont un identifiant strictement inférieur à  $x$ . Majorer la probabilité  $p_i$  pour que  $x$  soit dans  $D$ .

**Question 1.5.** En déduire une borne sur le nombre moyen de nœuds dans  $D$ .

On voit que la taille moyenne de l'ensemble dominant reste constante même quand la densité de nœuds augmente. Les simulations montrent que pour un terrain de taille  $1 \times 1$ , on a environ 2 nœuds dans  $D$ , et 40 pour un terrain de taille  $4 \times 4$ .

## 2 Auto-organisation en clusters

Le passage à l'échelle des réseaux ad hoc "plats" comme ceux vus en cours est limité par la bande passante consommée lors l'envoi des messages de contrôles, et par le coût de calcul des tables (pour OLSR). Pour pouvoir utiliser de tels réseaux sur une très grande échelle, on introduit une approche hiérarchique pour organiser les nœuds : plutôt que d'élire un ensemble de nœuds dominants, on cherche à rassembler les nœuds en clusters. Dans chaque cluster, un nœud est élu comme "tête" (*cluster head*). On essaye de maintenir une certaine localité : chaque nœud ne doit pas être trop loin de la tête de son cluster. Le routage s'effectue aussi de manière hiérarchique, qui diffère selon qu'on route dans un même cluster (intra-cluster) ou vers un autre (inter-cluster). On utilise d'habitude une approche proactive pour les messages internes aux clusters, et une approche réactive pour les autres.

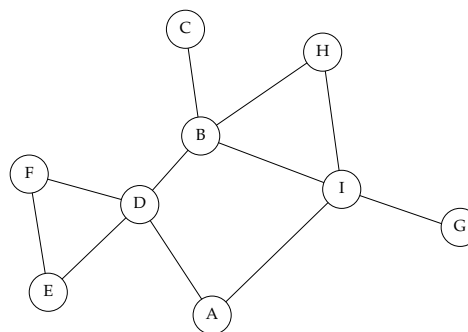
Un approche possible consiste à utiliser la densité d'un nœud, définie par :

$$\rho_u = \frac{|e = (v, w), \text{ tel que } v \in \{u\} \cup N(u) \text{ et } w \in N(u)|}{N(u)}$$

L'idée est que chaque nœud est la tête de son cluster s'il a la plus grande densité parmi ses voisins. Si deux nœuds voisins ont la même densité, la tête du cluster est celui qui à le plus petit identifiant.

**Question 2.1.** Identifiez les clusters et trouvez leur têtes dans l'exemple ci-contre.

**Question 2.2.** Donnez un algorithme distribué permettant de décider localement si un nœud est tête de cluster, ou sinon donnant un pointeur qui permet de router un message vers la tête. (Décrire brièvement les messages échangés.)



On doit maintenant sélectionner des passerelles (gateway) qui permettent de communiquer d'un cluster à un autre.

**Question 2.3.** Quels critères doivent selon vous intervenir dans le choix des passerelles ?

**Question 2.4.** Proposez un algorithme distribué de sélection des passerelles.

## Sources et références

- [1] Alan D. Amis, Ravi Prakash, Dung Huynh, and Thai Vuong. Max-min d-cluster formation in wireless ad hoc networks. In *INFOCOM*, pages 32–41, 2000.
- [2] Nathalie Mitton and Eric Fleury. Efficient broadcasting in self-organizing multi-hop wireless networks. In *ADHOC-NOW*, pages 192–206, 2005.
- [3] Nathalie Mitton, Eric Fleury, Isabelle Guérin Lassous, and Sébastien Tixeuil. Self-stabilization in self-organized multihop wireless networks. In *ICDCS Workshops*, pages 909–915, 2005.