

2. Infrastructures réseaux pour les systèmes urbains

- Les réseaux dans la ville
- L'accès au médium
- **Le routage**
- Les réseaux cellulaires
- Le déploiement des réseaux sans fil dans la ville

Nathalie Mitton

VILLES INTELLIGENTES : DÉFIS TECHNOLOGIQUES ET SOCIÉTAUX

Le routage

Le routage consiste à déterminer les relais successifs d'un message entre son émetteur et sa destination.

Il existe traditionnellement 4 familles de routage dans les réseaux sans fil :

- le routage pro-actif
- le routage réactif
- le routage hiérarchique
- le routage géographique

2

Le routage est l'opération qui consiste à déterminer les relais successifs d'un message, entre un émetteur et sa destination.

En effet, nous parlons de réseaux distribués avec des entités petites, qui parlent en sans-fil, mais qui sont peut-être trop loin d'une station de base, pour pouvoir parler directement avec celle-ci. Il va donc falloir que les capteurs et les autres stations intermédiaires soient capables de relayer l'information. C'est le but du routage de déterminer qui va relayer quoi.

Traditionnellement, nous avons 4 familles de routages dans les réseaux sans fil :

- Le routage proactif où on va déterminer toutes les routes en avance.
- Le routage réactif, où on va chercher une route à la demande.
- Le routage hiérarchique, où on va faire localement du réactif, et plus loin du proactifs ou l'inverse.
- enfin, le routage géographique

Le routage

Le routage consiste à déterminer les relais successifs d'un message entre son émetteur et sa destination.

Il existe traditionnellement 4 familles de routage dans les réseaux sans fil :

- le routage pro-actif
- le routage réactif
- le routage hiérarchique
- **le routage géographique**

3

Le routage géographique est celui que l'on va considérer dans cette séquence.

Le routage géographique - principes

- Nécessite uniquement une **connaissance locale**.
- Besoins en mémoire et processeur **limités**.
- **Sans mémoire**.
- Bonnes performances dans les réseaux denses (taux de livraison, délais).

- Inconvénient : nécessite la connaissance de la position des nœuds.

4

Tout simplement, pourquoi celui-là ? Tout simplement, parce qu'il est le plus simple. Et qu'il est le plus adapté aux réseaux que l'on considère.

Il s'appelle géographique, car ils utilisent les positions géographiques des nœuds.

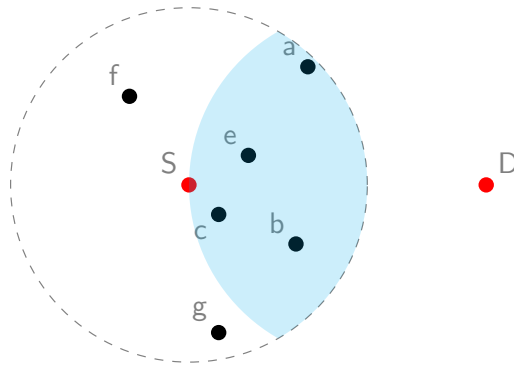
Ses avantages :

- Il ne nécessite qu'une connaissance locale, pour chacun des capteurs, pour chacune des entités. Elle va donc pouvoir utiliser seulement les informations des autres entités à portée radio.
- Besoins en mémoire et en processeur limité.
- Et surtout, il est sans mémoire, c'est-à-dire qu'au fur et à mesure du routage, il ne va pas stocker des informations supplémentaires ni en mémoire ni les ajouter dans un message.
- Cela donne de très bonnes performances dans des réseaux denses (taux de livraison, délais)

Son inconvénient : il nécessite la connaissance de la position des nœuds.

Greedy

- Minimise la distance à chaque saut



[Finn87]

5

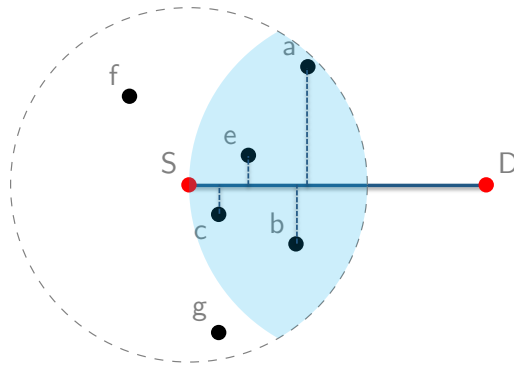
Nous allons voir les mécanismes des protocoles de routage les plus utilisés. Et les plus simples.

Le premier est le protocole que l'on appelle greedy pour glouton en anglais. Il va chercher à **minimiser la distance à chaque saut**.

Si je considère ma source S ici au milieu de mon écran, qui va envoyer un message à ma destination D. Elle connaît les positions, et connaît tous ses voisins radios. C'est-à-dire tous les nœuds qui sont situés dans son cercle de portée radio. Il est capable de déterminer leur position et donc de savoir si ces nœuds sont ou pas dans ma surface bleue. C'est-à-dire la surface qui me rapproche de ma destination. Et pour chacun de ces nœuds, S va être capable de calculer la distance qui le sépare de la destination. Et être capable de déterminer lequel est le plus proche. Dans notre cas, la distance la plus courte vers la destination est pour le nœud B. Le greedy va sélectionner le nœud B.

MFR (Most Forward Routing)

- Minimise la distance projetée à chaque saut



[Takagi84]

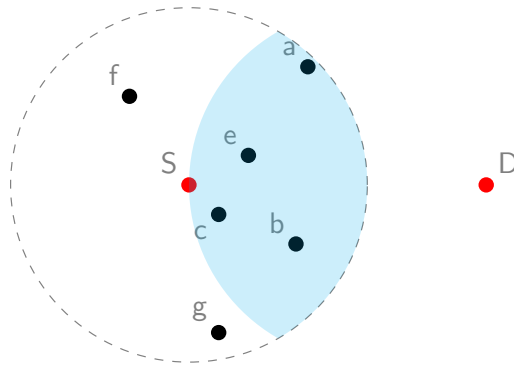
6

Dans cette autre variante appelée MFR, Most Forward Routing, cette fois S va chercher à **minimiser la distance projetée**.

Il va calculer pour chacun des voisins, e situant dans la zone bleue, cette distance-là. Celle-ci pour A, celle-ci pour B. Et ainsi de suite. Il va donc dans ce cas, retenir le nœud A.

NFP (Nearest with Forward Progress)

- Minimise la distance à la source avec progrès positif



[Hou86]

7

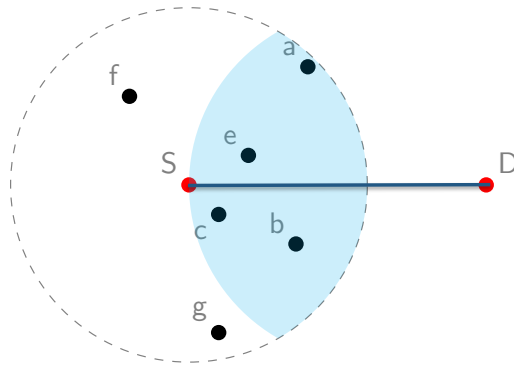
Cette 3ème variante NFP, Nearest with Forward Progress. Encore une fois, on ne considère que les nœuds qui nous permettent de nous rapprocher de la destination. Mais on va cette fois, chercher à **minimiser la distance à la source avec progrès positif**.

La distance entre S et chacun des nœuds. SC, SE, SA. Tout simplement, parce que cette variante part du principe que plus les distances à parcourir en radio sont courtes, plus le lien est fiable.

Donc ici, S va choisir C.

Compass

- Minimise l'angle



[Kranakis99]

8

Dans cette dernière variante que l'on considère ici, Compass, S va chercher à **minimiser cette fois l'angle** que nous voyons ici.

Cet angle-là, de façon à minimiser l'écart à la droite SD pour éviter de partir trop loin de sa destination.

Dans notre cas, S va choisir E qui représente l'angle le plus petit. De même, il va calculer pour tout le monde avant de faire son chemin.

Le routage géographique

- Différences entre ces approches : le lieu des relais

9

On voit qu'il existe plusieurs façons de réaliser un routage géographique. Toutes les variantes utilisent les coordonnées géographiques des nœuds. La différence arrive dans le choix du relais et le positionnement des relais.

Le routage géographique

- Différences entre ces approches : le lieu des relais
 - Impact sur l'énergie consommée
 - La longueur des liens / fiabilité

10

Cela va impacter **l'énergie que l'on va consommer** et la **longueur des liens**. La longueur des liens que l'on va utiliser, que l'on va suivre avec le message va jouer sur la fiabilité. Donc tout dépend encore une fois de l'environnement dans lequel on se situe :

- Si l'environnement est perturbé ou pas.
- Si on va devoir favoriser des liens courts ou des liens longs.

Faire plusieurs liens Longs permet moins de relais. Plusieurs liens courts peut-être une meilleure fiabilité. Ce qui n'est pas non plus toujours le cas.

Le routage géographique – les défis

- La livraison n'est pas garantie

11

Les défis du routage géographique :

- la livraison n'est pas garantie. En effet, si j'ai ma source qui se situe ici, ma destination ici, et que tous mes relais sont là, si j'ai toute une zone ici, qui est vide. S, en appliquant n'importe laquelle des variantes que nous avons vues, peut très bien envoyer le message à ce nœud-là, qui va lui-même envoyer là. Mais celui-là sera bloqué, il n'y aura personne entre lui et la destination.

Le routage géographique – les défis

- La livraison n'est pas garantie
- L'énergie

12

- Le second défi est l'énergie. Encore une fois, devons-nous choisir des liens longs, des liens courts, des liens fiables ou non ? Là, il faut voir en fonction de notre environnement.

Le routage géographique – les défis

- La livraison n'est pas garantie
- L'énergie
- La connaissance des coordonnées géographiques

13

- Et enfin, il faut bien évidemment connaître nos coordonnées géographiques. Ce qui n'est pas toujours évident surtout dans des milieux fermés où le GPS n'est pas accessible.

Pour répondre aux défis

- Des solutions de recouvrement
 - FACE Routing et ses variantes
 - L'utilisation des colonies de fourmis (GRACO)
 - Des solutions hybrides qui combinent routage géographique et réactif
- L'énergie
- La connaissance des coordonnées géographiques

14

Il faut savoir qu'il existe des solutions pour chacun des défis que je viens de citer :

- des solutions de recouvrement pour garantir la livraison du message.

Pour répondre aux défis

- Des solutions de recouvrement
- L'énergie
 - Des solutions qui choisissent le prochain saut en se basant sur l'énergie (COP, etc)
- La connaissance des coordonnées géographiques

15

- des solutions qui permettent d'adapter la portée radio, pour adapter la consommation énergie, ...

Pour répondre aux défis

- Des solutions de recouvrement
- L'énergie
- La connaissance des coordonnées géographiques
 - Utilisation de coordonnées virtuelles (HECTOR, etc)
 - Protocoles hybrides

16

... et pour pallier l'éventuel manque de coordonnées géographiques, par exemple, lorsque le signal GPS n'est pas disponible.

- On va utiliser un système de coordonnées virtuelles comme le fait le protocole Hector. Utiliser des coordonnées virtuelles nécessite une étape supplémentaire pendant laquelle, on va assigner des coordonnées qui ne sont pas géographiques au nœud, mais qui sont plutôt d'ordre topographique, où chaque nœud va se repérer par rapport à un nombre de sauts, à des points de référence, ou par triangulation, estimer une coordonnée géographique.
- Nous aurons également des protocoles hybrides qui vont combiner l'utilisation de vraies coordonnées géographiques avec des coordonnées virtuelles.

Pour répondre aux défis

- Des solutions de recouvrement
- L'énergie
- La connaissance des coordonnées géographiques

Aucune solution n'est parfaite. Tout est question de compromis.

17

Mais dans tous les cas encore une fois, aucune solution n'est parfaite. Tout est question de compromis, tout va dépendre de votre environnement de votre topologie radio et des besoins de performance de votre application.

Références – 1/2

- Ibrahim Amadou and Fabrice Valois “Pizza Forwarding: Beacon-less routing protocol designed for realistic radio assumptions”. Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications, SensorComm’2010, Venice, Italy, July 2010
- [Finn87]. G. G. Finn, “Routing and addressing problems in large metropolitan-scale internetworks,” tech. rep., DTIC Document, 1987. G. G. Finn, “Routing and addressing problems in large metropolitan-scale internetworks,” tech. rep., DTIC Document, 1987
- H. Frey and I. Stojmenovic, “On delivery guarantees of face and combined greedy-face routing in ad hoc and sensor networks” in Proc. of the Twelfth ACM Annual Int. Conference on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), Los Angeles , Los Angeles, CA, USA, September 2006, pp. 390–401.
- [Hou86] T.-C. Hou and V. Li, “Transmission Range Control in Multihop Packet Radio Networks,” IEEE Transactions on Communications, vol. 34, no. 1, pp. 38–44, 1986
- [Kranakis99]. E. Kranakis, H. Singh, and J. Urrutia, “Compass Routing on Geometric Networks,” in Proceedings of the 11th Canadian Conference on Computational Geometry, CCCG, (Vancouver, Canada), pp. 51–54, 1999
- N. Mitton, T. Razafindralambo, D. Simplot-Ryl, I. Stojmenovic, “Towards a Hybrid Energy Efficient Multi-Tree-Based Optimized Routing Protocol for Wireless Networks”, *Sensors*, MDPI, 2013, 12, pp. 17295-17319

Références – 2/2

- M. Rekik, N. Mitton, Z. Chtourou, “Geographic GReedy routing with ACO recovery strategy” *Ad Hoc Now 2015*, Jun 2015, Athens, Greece. 2015
- J. A. Sanchez and P. M. Ruiz, “Exploiting local knowledge to enhance energy-efficient geographic routing,” in 2nd Int. Conference on Mobile Adhoc and Sensor Networks MSN’06 , December 2006, pp. 567–578.
- I. Stojmenovic and S. Datta, “Power and cost aware localized routing with guaranteed delivery in wireless networks,” *Wireless Comm. and Mobile Compt.* , vol. 4, no. 2, pp. 175–188, 2004.
- [Takagi84] H. Takagi and L. Kleinrock, “Optimal Transmission Ranges for Randomly Distributed Packet Radio Terminals,” *IEEE Transactions on Communications*, vol. 32, no. 3, pp. 246–257, 1984