

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

Nous allons aborder les différentes façons d'accéder au médium des réseaux urbains.

Le médium radio

Le médium radio est un **medium partagé**. Toutes les stations à portée radio les unes des autres s'entendent.

Risque de collision

2

Nous considérons, dans ces réseaux urbains, principalement des réseaux sans fil.

Les réseaux sans fil vont donc utiliser un médium radio qui est un médium partagé. C'est-à-dire que toutes les stations vont être à portée radio les unes, les autres. Elles vont pouvoir communiquer mais surtout, si elles parlent en même temps, elles vont se gêner et **générer des collisions**.

Le médium radio

Le médium radio est un **medium partagé**. Toutes les stations à portée radio les unes des autres s'entendent.

Risque de collision

→ D'où l'importance de la couche **MAC**
(Medium Access Control)

3

Il faut donc **gérer ces collisions**, ce qui est le **rôle de la couche MAC** pour **Medium Access Control**. Cette couche existe dans tous les réseaux, quels qu'ils soient, sans fil ou filaire. Mais nous allons principalement mettre l'accent sur ce qui est fait dans les réseaux sans fil.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- **TDMA** (Time–Division Multiple Access)

4

Il existe plusieurs façons de partager ce médium et de donner accès aux différentes stations.

L'une des méthodes est de diviser le temps. C'est la méthode TDMA. On va donner à chaque entité du réseau un slot de temps défini pendant lequel elle va pouvoir parler.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- **TDMA** (Time–Division Multiple Access)

ex: bluetooth, GSM, Wifi

5

C'est, par exemple, ce qu'on trouve dans les réseaux GSM ou dans les réseaux Wi-Fi que vous avez chez vous.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- **FDMA** (Frequency–Division Multiple Access)

6

On peut également donner à chaque station une fréquence bien définie. Comme ça, toutes les stations peuvent parler en même temps, chacune sur leur fréquence. Elles ne vont pas se gêner.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- **FDMA** (Frequency–Division Multiple Access)

ex: GSM, GPRS

7

C'est également ce que l'on a dans les réseaux cellulaires de type GSM, le GSM appliquant un mixte de FDMA et TDMA.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency–Division Multiple Access)
- **CDMA** (Code–Division Multiple Access)

8

Une autre méthode va être de donner à chaque station un code spécifique qu'elle va utiliser pour parler. Chaque station parle sur toutes les fréquences, sur toute la durée qu'elle veut, et on pourra reconstruire le signal à partir du code qui lui a été attribué.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency–Division Multiple Access)
- **CDMA** (Code–Division Multiple Access)

ex : UMTS (3G)

9

C'est ce qu'on a, par exemple, dans les réseaux de 3ème génération.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency–Division Multiple Access)
- CDMA (Code–Division Multiple Access)

Et pour les réseaux distribués :

10

Mais dans notre cas à nous, **les réseaux sont distribués**, où aucune entité ne va pouvoir prendre le dessus sur les autres et donner, assigner un slot de temps ou une fréquence particulière

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency–Division Multiple Access)
- CDMA (Code–Division Multiple Access)

Et pour les réseaux distribués :

- **Aloha**
- **CSMA** (Carrier Sense Multiple Access)

11

On va plutôt considérer des **méthodes de type Aloha ou CSMA (Carrier Sense Multiple Access)**

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency–Division Multiple Access)
- CDMA (Code–Division Multiple Access)

Et pour les réseaux distribués :

- **Aloha**
- **CSMA** (Carrier Sense Multiple Access)

ex : ZigBee, wifi en mode adhoc

C'est donc, dans nos réseaux, ce qui va être utilisé dans les **réseaux ZigBee** ou les **réseaux en mode ad hoc**.

Le médium radio

Il existe plusieurs façons de **partager** ou d'**accéder** au médium :

- TDMA (Time–Division Multiple Access)
- FDMA (Frequency–Division Multiple Access)
- CDMA (Code–Division Multiple Access)

Et pour les réseaux distribués :

- **Aloha**
- **CSMA** (Carrier Sense Multiple Access)
→ dans tous les cas, nécessite un **acquiescement**

13

Ce qu'il faut voir ici, c'est que, pour savoir que notre message est arrivé, la seule façon qu'on va avoir c'est d'attendre un **acquiescement**. La destination va donc devoir dire « Oui, c'est bon, j'ai bien reçu ton message ».

Aloha

1. On envoie.

14

Plus précisément, voici comment fonctionne Aloha.
Dans Aloha, on a un message à envoyer :

- on l'envoie,

Aloha

1. On envoie.
2. On écoute.

15

- puis on écoute :
 - o Si on entend l'acquittement, c'est bon.

Aloha

1. On envoie.
2. On écoute.
3. Si pas d'acquittement, on attend un temps aléatoire et on renvoie.

16

- Si on ne l'entend pas, alors on attend un temps aléatoire et on renvoie, et ainsi de suite.

Aloha

1. On envoie.
2. On écoute.
3. Si pas d'acquittement, on attend un temps aléatoire et on renvoie.

Simple, facile

17

On voit, c'est simple, c'est facile, tout se passe bien, mais ...

Aloha

1. On envoie.
2. On écoute.
3. Si pas d'acquiescement, on attend un temps aléatoire et on renvoie.

Simple, facile

Absolument pas efficace !

18

... ce n'est pas du tout efficace, surtout si nous avons beaucoup d'entités qui doivent parler en même temps.

CSMA - CA

- Carrier-Sense Multiple Access – Collision **A**voidance

« **J'écoute avant de parler** »

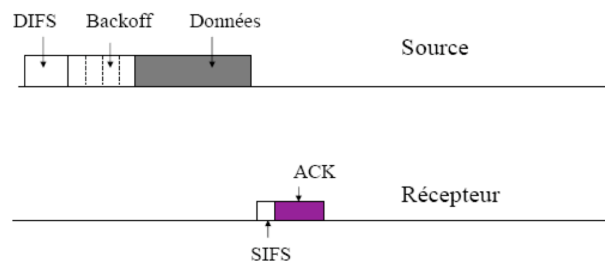
19

On va donc préférer un type d'accès au médium qu'on va appeler CSMA pour Carrier Sense Multiple Access, Carrier Sense en anglais, pour Écoute de porteuse. On va appliquer une méthode CSMA CA pour Collision Avoidance. On va essayer, au maximum, d'éviter ces collisions. Le **maître mot** va donc être « **J'écoute avant de parler** ».

CSMA - CA

- Carrier-Sense Multiple Access – Collision **A**voidance

« J'écoute avant de parler »

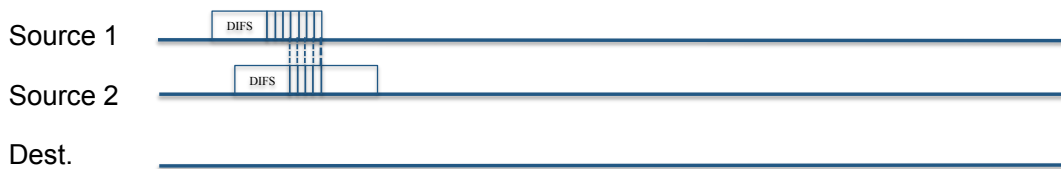


20

Dans un type de couche MAC CSMA, nous allons donc suivre ce schéma. Une station qui veut parler va attendre un temps défini, qu'on appelle DIFS, puis un temps aléatoire, qu'on va appeler back-off. À la fin de son temps d'attente aléatoire, elle pourra envoyer ses données si le canal est resté libre pendant toute son attente. Les données sont donc suivies d'un acquittement pour montrer qu'elles ont été correctement reçues.

CSMA - CA

- En cas de **contention** (cas de 802.11)



21

Si plusieurs stations sont en contention, veulent parler en même temps, comme ici la source 1 et la source 2.

Alors, les deux stations vont attendre ce temps DIFS puis un temps aléatoire. Le temps aléatoire va donc être différent. De plus, on note que les stations ne sont pas synchronisées.

Dans notre cas, la source 1 arrive au bout de son temps d'attente avant que la source 2 ait terminé.

CSMA - CA

- En cas de **contention** (cas de 802.11)

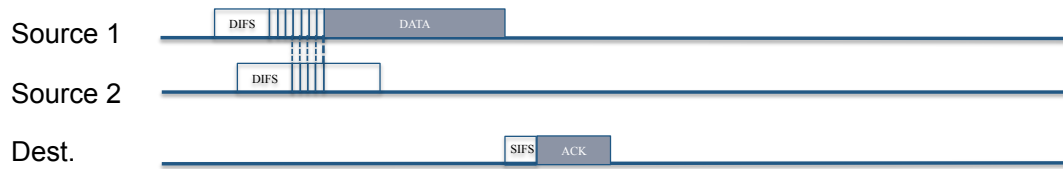


22

Pendant tout ce temps, le canal était libre. La source 1 va donc pouvoir émettre son message.

CSMA - CA

- En cas de **contention** (cas de 802.11)

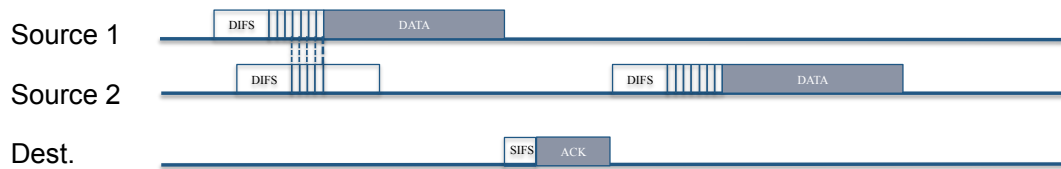


23

La source 2, qui écoute le canal, entend le message de la source 1, entend l'acquittement. Elle diffère donc son émission.

CSMA - CA

- En cas de **contention** (cas de 802.11)



24

Et lorsque le canal est de nouveau libre, elle va effectuer le même processus.

CSMA - CA

- Utilisé dans la majorité des réseaux sans fil distribués.
- Avantages :
 - Aucun contrôle central
 - Pas de canal réservé pour des nœuds qui n'en ont pas besoin
- Inconvénients
 - Si trop de communications concurrentes, non équitable
 - Probabiliste: aucune garantie sur le délai de livraison
- Plusieurs variantes d'implémentation

25

Une méthode CSMA CA est utilisée dans la majorité des réseaux sans fil distribués. En effet, elle a plusieurs avantages :

- aucun contrôle central, aucune station qui a un pouvoir supplémentaire par rapport aux autres.
- Cela supporte une arrivée sporadique de capteurs, de stations. Les stations peuvent apparaître, disparaître, tout est géré, très bien. Pas de canal réservé pour des nœuds qui n'en ont pas besoin

Les inconvénients, c'est que :

- si trop de stations veulent parler en même temps, on aura trop de collisions et cela deviendra difficile de les gérer,

Cas spécial des systèmes RFID

- Un lecteur très puissant et un ensemble de tags.
→ système asymétrique

26

Nous allons maintenant aborder le cas spécial des systèmes RFID. C'est l'autre système de réseaux sans fil que l'on va utiliser dans la ville. Ce qu'elle a est particulier, car on a un **système fortement asymétrique**. Nous avons, d'un côté, un lecteur puissant et des tags RFID de l'autre, qui ont peu d'intelligence.

Cas spécial des systèmes RFID

- Un lecteur très puissant et un ensemble de tags.
→ système asymétrique
- Les tags ne répondent que si alimentés par un lecteur.
- Les collisions se font entre tags.

27

En effet, les **tags ne sont pas alimentés**. Ils ne répondront, ils ne seront alimentés que par le champ d'interrogation du lecteur.

Les collisions apparaîtront si plusieurs tags répondent en même temps au lecteur.

Cas spécial des systèmes RFID

- Un lecteur très puissant et un ensemble de tags.
 - système asymétrique
- Les tags ne répondent que si alimentés par un lecteur.
- Les collisions se font entre tags.

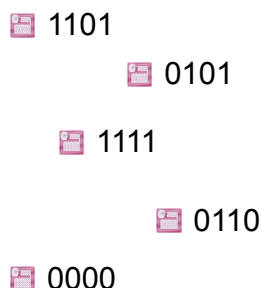
- Les protocoles MAC mettent l'intelligence dans le lecteur.

28

Nous allons donc **mettre l'intelligence de l'accès au médium** (protocoles MAC) dans le lecteur lui-même qui interrogera les tags tour à tour. . Il existe, là aussi, plusieurs protocoles MAC, mais ...

Un exemple de protocole MAC pour RFID

- Le parcours d'arbre.



29

... nous allons en voir un assez typique qui est implémenté dans la plupart des protocoles standardisés d'aujourd'hui.

Il s'agit du **protocole du parcours d'arbres**. Nous avons, d'un côté, notre lecteur, et un ensemble de tags qui ont un identifiant unique, défini par une suite binaire. Le lecteur va parcourir un arbre dans la mesure où il va d'abord se placer à la racine de l'arbre et juste interroger en disant :

- « Existe-t-il des tags dans mon champ électromagnétique? ». Ici, l'ensemble des tags va répondre. On aura donc une collision entre nos cinq tags.
- Le lecteur détecte la collision et va donc enchaîner en disant: « Ok. Existe-t-il des tags dont l'identifiant commence par 0? » Ici, nous avons trois tags, celui-ci, celui-ci et celui-ci. Nous aurons donc collision, car ces trois tags vont répondre.
- Le lecteur va continuer, va demander: « Existe-t-il des tags dont l'identifiant commence par 00 ? » Il y en a un, il répond « seul », il est identifié.
- Le lecteur continue son arbre: « Existe-t-il des tags dont l'identifiant commence par 01 ? » Il y en a deux, collision. Il continue:
- « Existe-t-il des tags qui commencent par 010? » Oui, il n'y en a qu'un seul, il est identifié.
- Il remonte dans l'arbre: « Existe-t-il des tags dont l'identifiant commence par 011 ? » Oui. Il va ensuite continuer
- « Existe-t-il des identifiants qui commencent par 1 ? » Ici, nous avons collision entre les deux tags restants. « Existe-t-il des tags dont l'identifiant commence par 10? » Personne ne répond. Nous savons donc qu'il y a forcément une collision entre les tags dont l'identifiant commence par 11. Le lecteur va donc éviter cette étape et demander directement
- « Existe-t-il des tags qui commencent par 110? » Il va identifier ce tag-là.
- Puis, enfin, il va demander si quelqu'un commence par 111, identifié.

Ce qu'il faut retenir

- Le médium radio est un médium **partagé** qui nécessite une **gestion des collisions** (couche MAC).
- Aucune solution n'est parfaite pour tous les cas de figure.
- Il y a toujours un **compromis** à considérer en fonction des besoins applicatifs et du déploiement/topologie du réseau.

30

Nous en arrivons à la fin de cette séquence où nous avons vu l'importance de la couche MAC pour gérer les collisions, plus particulièrement dans le médium radio qui est un médium partagé.

Ce que l'on peut dire, c'est qu'aucune solution n'est parfaite, dans tous les cas de figure.

Parmi toutes les solutions que nous avons évoquées, il faut savoir qu'il en existe plusieurs variantes qui, dans chaque cas, vont tenter d'améliorer tel ou tel aspect. Aucune solution n'est parfaite.

Pour trouver la meilleure, il faut considérer notre application, notre réseau, sa topologie et ses besoins en termes de performance et d'application.

Prochaine séquence : comment on achemine un message d'un point à un autre du réseau ?