

Méthode CSMA

CSMA/CD

La méthode d'accès Ethernet – CSMA/CD (obsolète depuis la commutation et le full duplex – à lire par les curieux)

Tous les ordinateurs d'un réseau Ethernet sont reliés à une même ligne de transmission et la communication utilise la méthode CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection).

Avec ce protocole toute machine est autorisée à émettre sur la ligne à n'importe quel moment et sans notion de priorité entre les machines.

DÉROULEMENT

1. L'émission d'un paquet est déclenchée par une demande des couches supérieures d'un nœud. Le nœud passe les données, l'adresse destination, le format des données (type de protocole) à la partie encapsulation de la couche liaison.
2. Avant d'émettre, la couche liaison essaye d'éviter les conflits en gérant le signal "détection de porteuse" fourni par la couche physique.
3. Quand le canal est libre, la couche liaison passe le paquet à émettre à la couche physique sous forme d'une série de bits (flot)
4. La couche physique envoie un préambule codé qui permet aux nœuds récepteurs de synchroniser leur horloge, ensuite elle commence à traduire les bits du paquet en code Manchester par exemple et génère les signaux électriques sur le câble.
5. La couche physique d'un nœud en cours d'émission, gère le canal pendant toute la durée de l'émission. En d'autres termes, elle gère le niveau d'énergie (niveau du signal électrique)
6. La couche physique connaît la valeur du niveau d'énergie pendant une émission sans conflit. S'il y a un conflit (plusieurs émissions simultanées) il y a alors plus d'énergie sur le

canal et la couche physique fait monter le signal “collision détectée”. Ce signal ne peut être détecté que par un nœud en cours d’émission.

7. Quand l’émission sans conflit est terminée, la couche liaison prévient les couches supérieures et attend de nouvelles demandes d’émissions.

Les erreurs

1. **Trame supérieure à 1518 octets.** Ce type de trame ne doit pas apparaître sur un réseau sain. Si la longueur est comprise entre 1519 et 3000 octets, il s’agit probablement de la superposition de 2 trames longues entrées en collision sans que cela n’ait été détecté.
2. **Trame supérieure à plusieurs dizaines de milliers d’octets.** Le paquet n’a probablement pas une structure de trame et provient d’un composant défectueux qui reste en émission permanente, il faut rapidement en localiser l’origine.
3. **CRC différents entre la réception et l’émission.** Il s’agit d’une trame dont un ou plusieurs bits sont faux (mauvaise transmission, faux contact, interférence, bruit)

Collision – Résolution des conflits

Il peut arriver que deux ou plusieurs nœuds s’aperçoivent que le canal est libre et commencent à émettre à peu près en même temps, leurs émissions se superposent et interfèrent, c’est que l’on appelle une collision.

Un nœud peut détecter une collision pendant sa fenêtre de collision (collision window) – intervalle de temps avant que le signal puisse aller d’un bout à l’autre du réseau et revenir. Une fois que la fenêtre de collision est passée, le nœud est réputé avoir “acquis le canal” car à ce moment-là, tous les nœuds fonctionnant correctement devraient avoir détecté la porteuse et avoir différé leur émission.

Quand une collision se produit pendant l’émission, la couche physique du nœud émetteur envoie le signal de détection de collision à la couche liaison qui initialise la procédure de gestion des collisions :

1. Le paquet en cours d’émission est prolongé pendant un bref instant par l’émission d’un brouillage (JAM) pour s’assurer que tous les autres nœuds émetteurs concernés par cette collision la détectent bien.
2. La couche liaison arrête l’émission et programme une tentative de réémission. Le nœud calcul un temps avant de rémettre.

Le temps est calculé grâce un chiffre aléatoire possédé par chaque nœud concerné par la collision. La durée d'attente, en nombre de slots, entre deux tentatives est un nombre entier tiré aléatoirement entre 0 et une taille de fenêtre temporelle maximale (notée **maxbackoff**)

La valeur est **multipliée par deux** à chaque tentative. Si une autre collision se produit, le nœud augmente le temps d'attente, jusqu'à la dixième tentative, ensuite, le temps n'est pas augmenté.

On s'arrête en général à **16 tentatives**, au-delà on déclare le canal hors service ou saturé. La trame est perdue, on n'avertit pas les couches supérieures (ce sont elles qui doivent s'en apercevoir)

Exemple

Supposons que A commence à émettre à l'instant T une trame de 200 octets. Une microseconde plus tard C en écoutant, constate que le support est encore libre et décide également d'émettre.

Une collision se produit

A et C étant à leur première tentative, chacune tirera une valeur aléatoire entre 0 et 2.

Supposons que les deux machines tirent la même valeur 1. Elles attendent toutes les deux un slot et émettent à nouveau.

Nouvelle tentative et nouvelle collision

Cette fois-ci (tirant entre 0 et 4), A tire 2 alors que C tire 1.

C gagne le challenge et lorsque A écoute de nouveau, elle constate que le support est occupé.

Supposons maintenant, que la station B ait une trame de 64 octets à émettre pendant que C est en train d'émettre.

En écoutant le support, B constate qu'il est occupé, elle donc maintient son écoute jusqu'à ce que ce dernier paraisse à nouveau libre.

B attend un gap inter-trames avant de commencer à émettre.

Malheureusement, A qui était encore en attente émet aussi pour sa troisième tentative.

Nouvelle collision

La fenêtre temporelle d'attente de A est bien plus grande que B. Résultat la contention est résolue en faveur de B et A devra attendre de nouveau.

TAILLE DE LA TRAME ET COLLISION

Pour pouvoir détecter une collision, il faut que la station soit encore en cours d'émission. Cependant, il faut que la trame ait pu faire l'aller-retour du réseau.

Cet aller/retour dépend de la taille maximale du réseau que l'on a délimitée en faisant le 5/4/3 donc 2,5 km. Cela donne le temps minimum pendant lequel il va falloir émettre la trame.

Le **Slot-Time** ou fenêtre de collision est le **délat maximum** qui s'écoule avant qu'une station détecte une collision ou le délat après lequel une station peut être certaine d'avoir réussi sa transmission : elle est égale à deux fois le temps de propagation du signal sur le support. C'est l'unité de temps du protocole.

Avec une vitesse de 230 000 km/s et un débit de 10Mbit/s, le résultat du calcul implique une taille minimale de trame à **64 octets**.

Calcul

La vitesse de propagation des câbles coaxiaux est de $2,3 \times 10^8$ mètres/s (230 000) et celle des paires torsadées est de $1,77 \times 10^8$ m/s.

Avec un débit de 10Mb/s soit 10^7 bits/s, 1 bit occupe $1/10^7$ soit 0.1us ou une 0.1 microseconde.

C'est ce qu'on appelle le **bit time**.

Comme le signal se déplace à 230 000 km/s, un bit peut parcourir en 0.1us $2.3 \times 10^8 \times 10^{-7} = 23$ mètres sur le câble.

Donc pour 500 mètres on a : $500/23 = 22$ bits.

La norme Ethernet fixe le **Round Trip Delay** (temps aller/retour) à 46,4 us auxquelles on ajoute 4.8us de jam soit **51.2us**.

Conclusion

pour détecter correctement une collision, il faut donc prendre le débit * par le RT (51.2us) soit 10^7 bits/s * 51.2×10^{-6} s = 512 bits
puis $512/8 = 64$ octets – ouf !

Ainsi, pour le Gigabit Ethernet, avec un Slot Time de 512 bits, on peut déterminer la longueur de câble max :

$2 \text{ td (temps de propagation max)} = 1,77 \times 10^8 \text{ m/s} \times 512 \text{ bits} \times 10^{-9} \text{ (temps / bit)} \text{ soit } 90 \text{ m.}$

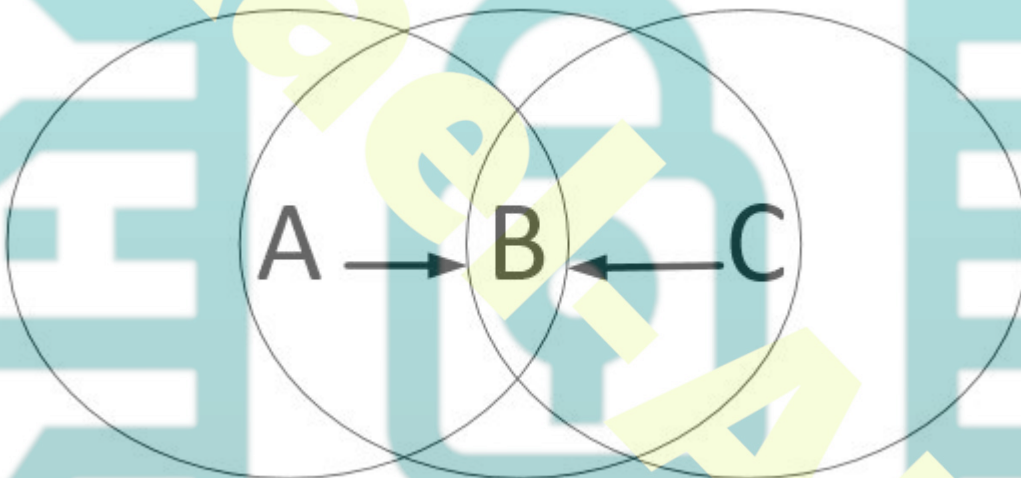
Avec un Slot time de 512 bits, les segments Gigabit Ethernet n'auraient pas pu excéder une vingtaine de mètres ! C'est pour cela qu'il a été augmenté à la valeur 4096.

CSMA/CA

Pour savoir si un nœud peut émettre avec un réseau filaire, la solution choisie est celle du CSMA/CD. Cependant, sur un réseau WIFI, les niveaux de puissance du signal ne sont pas partout les mêmes en raison du path loss.

Les problèmes à résoudre

La station cachée



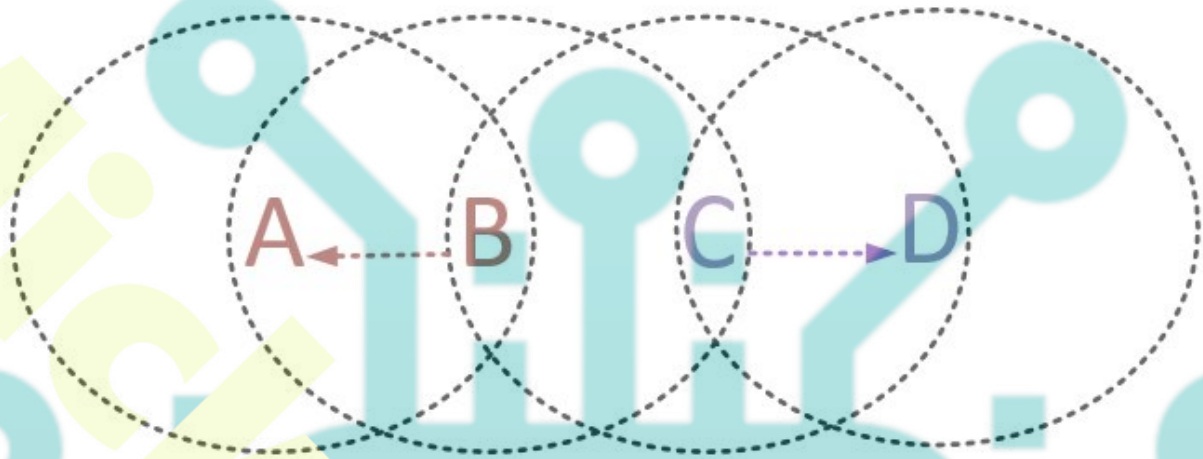
Exemple 1

Une station B peut recevoir A et C mais la station A ne peut pas recevoir C. Au moment où le signal de C atteint A, il est trop faible pour être décodé.

Si la station A écoute le support pendant que C transmet, elle ne détecte rien et elle finit par transmettre, ce qui est la mauvaise décision.

On dit que C est **cachée** pour A.

La station exposée



Exemple 2

Si B et C transmettent respectivement à A et à D et ce au même moment, il n'y aura pas de collisions.

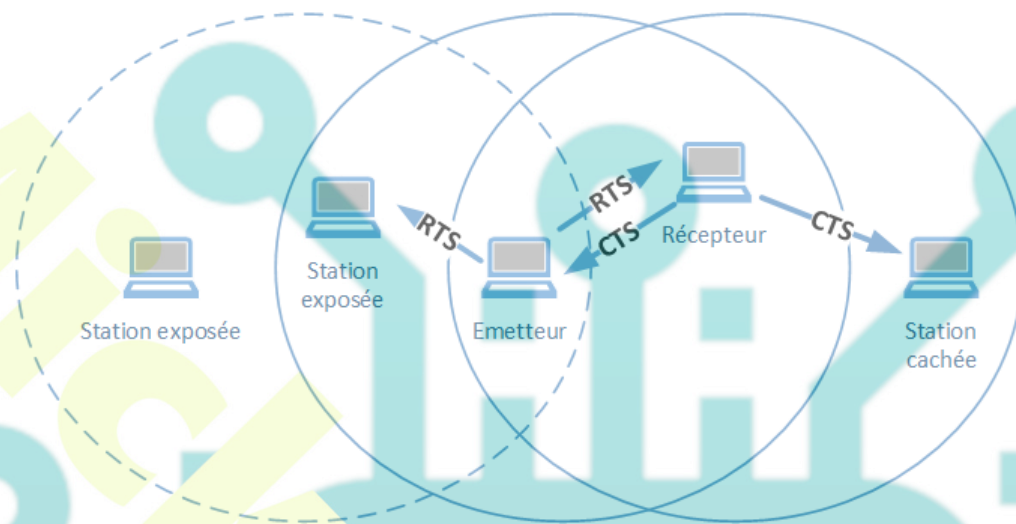
En effet, A reçoit deux signaux, celui de C et celui de B. Sauf que le signal de C est très faible et au-dessous du seuil de sensibilité de A ce qui n'empêche pas A de décoder le signal de B.

Cependant, si la station C commence à émettre en premier, le protocole CSMA va empêcher B d'émettre, parce que le signal de C est au-dessus du seuil de sensibilité quand il atteint B, même si cela n'aurait pas provoqué une collision.

On dit que B est **exposée** à C.

Pour éviter ces problèmes, la solution retenue est la technique CSMA + MACA en l'occurrence CSMA/CA. Les nœuds écoutent le support avant d'utiliser des paquets RTS/CTS.

Les solutions



Dans cet exemple, l'émetteur veut envoyer un paquet au récepteur.

1. Avant de transmettre le paquet de données, il transmet un paquet RTS.
2. Récepteur répond avec un CTS.
3. la station cachée reçoit le CTS et retarde sa transmission.
4. Enfin, l'émetteur reçoit le CTS et transmet le paquet de données au récepteur sans collision.

De plus, pour améliorer la fiabilité, a été inclus le protocole **ARQ** (Automatic Repeat reQuest) qui gère les éventuelles erreurs grâce à un système d'acquittements. Pour améliorer le tout, on associe ces différentes techniques avec la stratégie Backoff pour gagner le droit de transmettre.