

Chapitre III Adressage (Couche Internet et Couche Liaison) Partie 2

Ilyas Bambrik

Table des matières



I - Couche Liaison	3
II - Trame Ethernet	5
III - ARP (Address Resolution Protocol)	6
IV - ARP Request (recherche d'une adresse MAC dans le réseau local)	7
V - ARP Reply	8
VI - Gratuitous ARP	9

Couche Liaison



- Chaque interface permettant de connecter au réseau possède une adresse physique unique composée de 6 octets. Les trois premiers octets sont liés au fabricant de la carte (*Cisco, Huawei, Intel, DLink, etc*) et les trois derniers identifient la carte ;
- Cette adresse est appelée adresse MAC ou adresse physique ;
- Dans un réseau local, les machines sont adressées par leurs adresses MAC (c.à.d si un paquet est reçu et l'adresse IP du destinataire se situe dans le réseau local, l'adresse MAC du destinataire sera utilisée pour atteindre celui-ci);

Exemple

- Si un routeur souhaite livrer un paquet à une machine dans le réseau local, le routeur commence par déterminer l'adresse MAC de la machine avant ;
- Une fois que l'adresse MAC est déterminée, le paquet est transmis au destinataire ;
- Dans Figure 7, les trois premiers octets de l'adresse MAC de la source et celle du récepteur sont remplacé par les noms des fabricants (*48 :51 :b7 est réservé pour Intel, 00 :66 :4b est réservé pour Huawei, pour un autre exemple 00:00:0C == Cisco et de 00:00:01 jusqu'à 00:00:08 Xerox*) ;
- Il existe des sites pour retrouver le nom du fabricant d'une carte réseau (<https://macvendors.com/> par exemple) ;

```

105... 136.197867 192.168.1.4 216.58.198.14 QUIC 73 Payload (Encrypted), PKN: 126, CID: 9964742710263775473
105... 136.907757 192.168.1.4 239.255.255.250 SSDP 222 M-SEARCH * HTTP/1.1
105... 137.789057 IntelCor_d4:c7:1d HuaweiTe_6d:c1:aa ARP 42 Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.4
105... 137.792648 HuaweiTe_6d:c1:aa IntelCor_d4:c7:1d ARP 42 192.168.1.1 is at 00:66:4b:6d:c1:aa
105... 137.907762 192.168.1.4 239.255.255.250 SSDP 222 M-SEARCH * HTTP/1.1

> Frame 3119: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
▼ Ethernet II, Src: HuaweiTe_6d:c1:aa (00:66:4b:6d:c1:aa), Dst: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d)
  > Destination: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d)
  > Source: HuaweiTe_6d:c1:aa (00:66:4b:6d:c1:aa)
  Type: ARP (0x0806)
  > Address Resolution Protocol (request)

0000 48 51 b7 d4 c7 1d 00 66 4b 6d c1 aa 08 06 00 01 H.Q.....f Km....
0010 08 00 06 04 00 01 00 66 4b 6d c1 aa c0 a8 01 01 .....f Km.....
0020 00 00 00 00 00 00 c0 a8 01 04 .....

```


Figure 7. Adresses MAC

Type d'adresse MAC

Dans un LAN, trois types d'adresses MAC sont rencontrées :

- *Adresse Broadcast* : Destiné à toutes les machines dans le réseau local au même temps (*touts les octets dans l'adresse MAC == ff*) ;
- *Adresse Multicast* : Destiné à un groupe de machine spécifique (*valeur du premier octet = 01*) ;

Adresse Unicast : Adresse physique d'une seule machine ;

 **Remarque : Adresse du transmetteur**

L'adresse du transmetteur est toujours une adresse Unicast (une trame ne peut pas être générée par plusieurs machines au même temps).

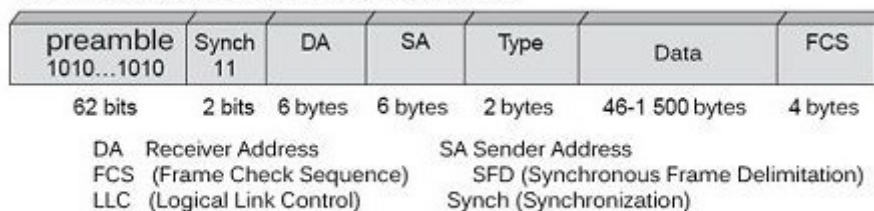
Trame Ethernet

II

- Après avoir insérer l'adresse MAC du/des destinataire(s) visé(s), la trame est émise sous forme de signal (électrique ou onde radio) par la carte réseau.
- Selon le type de la topologie physique du réseau et le médium de transmission, un mécanisme pour éviter la collision (*collision avoidance*) peut être implémenté afin d'éviter que les signaux émis se chevauchent.

Ethernet II Frame Structure and Field Size					
8 Bytes	6 Bytes	6 Bytes	2 Bytes	46 - 1500 Bytes	4 Bytes
Preamble	Destination Address	Source Address	Type	Data	Frame Check Sequence

Format of the Former Ethernet Frame



Format of the two types of Ethernet Frames

Figure 8. Format trame envoyée sur le médium (Ethernet Type II)

- *Preamble* (8 octets): une suite de 1 et 0 à qui s'alternent pour donner du temps au récepteur pour commencer la réception de la trame. Les deux derniers bits seront tout les deux allumés (*Synch* == 11) pour indiquer que la transmission va commencer ;
- Adresse MAC de la destination (6 octets);
- Adresse MAC de la source (6 octets);
- *Type* (appelé aussi Control) (2octets) : Type du protocole encapsulé (IPv4, IPv6, ARP,etc) ;
- Données (entre 46 et 1500 octets) ;
- *Frame Check Sequence [FCS]* (4 octets) : Somme de contrôle de la trame entière (pas l'entête seulement) pour détecter les erreurs de transmission;

ARP (Address Resolution Protocol)



- Pour communiquer dans le réseau local, il est nécessaire d'obtenir l'adresse MAC du destinataire ;
- Le protocole ARP permet de rechercher l'adresse MAC correspondante à une adresse IP appartenant au réseau local;

Un message ARP contient les champs suivants :

1. *Hardware Type* (2 octets) : type matériel utilisé pour communiquer en réseau local ;
2. *Protocol Type* (2 octets) : type de l'adresse utilisée pour la couche 3, généralement IPv4 (2048 indique IPv4, ou bien 0800 hexadécimal);
3. *Hardware Address Size* (1 octets) : taille de l'adresse physique , 6 pour indiquer qu'il s'agit d'une adresse MAC ;
4. *Protocol Address Size* (1 octets) : taille de l'adresse de la couche supérieure, 4 pour indiquer qu'il s'agit d'une adresse IPv4 ;
5. *Opcode* (2 octets): Indique le type de l'opération (1 pour requête de recherche, 2 pour indiquer que c'est une réponse à une requête, il existe d'autres moins utilisées) ;
6. *Adresse MAC de la source* ;
7. *Adresse IP de la source* ;
8. *Adresse MAC de la destination* ;
9. *Adresse IP de la destination* ;

ARP Request (recherche d'une adresse MAC dans le réseau local)

IV

- Un transmetteur commence par vérifier ça table ARP pour voir s'il y a une adresse MAC correspondante à l'adresse IP du destinataire. Les entrées de la table ARP ont une durée de vie limitée (sur Windows, l'entrée ARP expirent après 2 minutes).
- Lorsqu' une machine souhaite retrouver l'adresse MAC d'un destinataire, celle-ci transmet un message de type ARP request (*Opcode == 1*) ;
- Cette requête doit être diffusée dans tout le réseau, ainsi l'adresse destination dans la trame sera l'adresse de diffusion (*ff :ff :ff :ff :ff :ff*) et l'adresse source prendra l'adresse MAC de la machine qui souhaite rechercher l'adresse MAC ;
- Dans ce type de message trois adresses sont connues pour la source (l'adresse MAC de la source, l'adresse IP de la source et l'adresse IP de la destination). Ces valeurs sont inscrites dans les champs associés du message ARP [*champ 6,7,9 du message ARP*]. La seule information manquante est l'adresse MAC du destinataire [*champ 8 du message ARP*]. Ainsi, la valeur de ce champ est remplie par des 0 ;

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1224	46.895297	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.2
1225	46.896981	HuaweiTe_6d:c1:aa	IntelCor_d4:c7:1d	ARP	42	192.168.1.1 is at 00:66:4b:6d:c1:aa
1226	47.790534	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.2? Tell 0.0.0.0
1229	48.787992	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 192.168.1.2 (Request)
1230	48.825371	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.2

```

> Frame 1230: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
v Address Resolution Protocol (request)
  Hardware type: Ethernet (1)
  Protocol type: IPv4 (0x0800)
  Hardware size: 6
  Protocol size: 4
  Opcode: request (1)
  Sender MAC address: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d)
  Sender IP address: 192.168.1.2
  Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
  Target IP address: 192.168.1.1

```

Figure 9. ARP request

ARP Reply



Lorsque la machine possédant l'adresse IP est atteinte par la requête ARP, celle-ci répond en insérant son adresse MAC. Cette réponse aura *Opcode* == 2 pour indiquer qu'il s'agit d'un "ARP reply" ;

Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1226 47.790534	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.2? Tell 0.0.0.0
1229 48.787992	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 192.168.1.2 (Request)
1230 48.825371	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.2
1231 48.827082	HuaweiTe_6d:c1:aa	IntelCor_d4:c7:1d	ARP	42	192.168.1.1 is at 00:66:4b:6d:c1:aa
1241 48.904849	HuaweiTe_6d:c1:aa	Broadcast	ARP	60	Who has 192.168.1.2? Tell 192.168.1.1

Frame 1231: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
 Ethernet II, Src: HuaweiTe_6d:c1:aa (00:66:4b:6d:c1:aa), Dst: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d)
 Address Resolution Protocol (reply)
 Hardware type: Ethernet (1)
 Protocol type: IPv4 (0x0800)
 Hardware size: 6
 Protocol size: 4
 Opcode: reply (2)
 Sender MAC address: HuaweiTe_6d:c1:aa (00:66:4b:6d:c1:aa)
 Sender IP address: 192.168.1.1
 Target MAC address: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d)
 Target IP address: 192.168.1.2

Figure 10. ARP reply

Gratuitous ARP

VI

Initialement, la machine teste si son adresse IP est utilisée par une autre machine. Ce type de message est appelé Gratuitous ARP. Dans Figure 11, la machine 192.168.1.2 transmet une requête ARP avec ça propre adresse dans le champ destination (192.168.1.2) pour vérifier s'il y a une autre machine possédant la même adresse IP ;

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1223	46.886361	HuaweiTe_6d:c1:aa	IntelCor_d4:c7:1d	ARP	42	192.168.1.1 is at 00:66:4b:6d:c1:aa
1224	46.895297	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.1? Tell 192.168.1.2
1225	46.896981	HuaweiTe_6d:c1:aa	IntelCor_d4:c7:1d	ARP	42	192.168.1.1 is at 00:66:4b:6d:c1:aa
1226	47.790534	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Who has 192.168.1.2? Tell 0.0.0.0
1229	48.787992	IntelCor_d4:c7:1d	Broadcast	ARP	42	Gratuitous ARP for 192.168.1.2 (Request)

```

> Frame 1229: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
> Ethernet II, Src: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
  Address Resolution Protocol (request/gratuitous ARP)
    Hardware type: Ethernet (1)
    Protocol type: IPv4 (0x0800)
    Hardware size: 6
    Protocol size: 4
    Opcode: request (1)
    [Is gratuitous: True]
    Sender MAC address: IntelCor_d4:c7:1d (48:51:b7:d4:c7:1d)
    Sender IP address: 192.168.1.2
    Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
    Target IP address: 192.168.1.2
  
```

Figure 11. Gratuitous ARP

Remarque

- Il existe un protocole RARP (Reverse ARP) qui offre la fonctionnalité inverse de ARP (à partir de l'adresse MAC d'une machine, ce dernier retrouve l'adresse IP).
- Un message ARP request (Opcode=1) avec l'adresse IP source = 0.0.0.0 est dit ARP Probe. Ce type de message est généré par une machine à fin de vérifier si l'adresse IP recherchée n'est pas utilisée. Si aucune machine ne répond avec un ARP response, la machine qui a sollicité le réseau peut utiliser cette adresse pour opérer.
- Après la récupération de l'adresse MAC d'un destinataire avec ARP, la machine continue périodiquement à transmettre un ARP request avec l'adresse MAC destination dans la trame égale à celle reçu (au lieu de l'adresse de diffusion). Ceci est fait pour tester si l'adresse MAC est toujours valide et la machine n'a pas quitter le réseau.