

# **TP3: Camada de Ligação Lógica: Ethernet e Protocolo ARP**

Diogo Afonso Costa, Daniel Maia, and Vitor Castro

University of Minho, Department of Informatics, 4710-057 Braga, Portugal  
e-mail: {a78034,a77531,a77870}@alunos.uminho.pt

**Abstract.** Resumo...

## **1 Introdução**

## 2 Parte I - Captura e análise de Tramas Ethernet

### 2.1 Exercício 1

#### Questão

Anote os endereços MAC de origem e de destino da trama capturada.

#### Resposta

*Destination:* Vmware\_d2:19:f0 (00:0c:29:d2:19:f0) *Source:* LcfcHefe\_66:65:4a (68:f7:28:66:65:4a)

#### Realização

```
C:\Users\Daniel Maia\Documents\Ghids\computer-networks\paulinho\parte1\capture_de_tramas.pcapng 501 total packets, 52 shown

236 7.772854 192.168.100.209 193.136.19.20 HTTP 386 GET / HTTP/1.1
Frame 236: 386 bytes on wire (3088 bits), 386 bytes captured (3088 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: LcfcHefe_66:65:4a (68:f7:28:66:65:4a), Dst: Vmware_d2:19:f0 (00:0c:29:d2:19:f0)
Destination: Vmware_d2:19:f0 (00:0c:29:d2:19:f0)
Source: LcfcHefe_66:65:4a (68:f7:28:66:65:4a)
Type: IPv4 (800800)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.209, Dst: 193.136.19.20
Transmission Control Protocol, Src Port: 52138, Dst Port: 80, Seq: 1, Ack: 1, Len: 332
Hypertext Transfer Protocol
```

**Fig. 1.** Endereços MAC do HTTP GET.

## **2.2 Exercício 2**

### **Questão**

Identifique a que sistemas se referem. Justifique.

### **Resposta**

O MAC *destination* refere ao comutador da rede local. O MAC *source* refere à máquina que enviou o pedido; neste caso, o computador utilizado.

### **Realização**

Ao nível da ligação de dados, as máquinas apenas comunicam com máquinas adjacentes.

## 2.3 Exercício 3

### Questão

Qual o valor hexadecimal do campo *Type* da trama Ethernet? O que significa?

### Resposta

*Type*: 0x0800; Este valor indica o tipo IPv4.

### Realização

```
C:\Users\Daniel Maia\Documents\GitHub\computer-networks\pabaiho\garter\capture_de_tramas.pcapng 501 total packets, 52 shown
236 7.772854 192.168.100.209 193.136.19.20 HTTP 386 GET / HTTP/1.1
Frame 236: 386 bytes on wire (3088 bits), 386 bytes captured (3088 bits) on interface 0
Ethernet II, Src: lcf09ef6:46:50:4a (08:f7:28:66:05:4a), Dst: Vmware_d2:19:f0 (08:0c:29:d2:19:f0)
Destination: Vmware_d2:19:f0 (08:0c:29:d2:19:f0)
Source: lcf09ef6:46:50:4a (08:f7:28:66:05:4a)
Type: IPv4 (0x0800)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.100.209, Dst: 193.136.19.20
Transmission Control Protocol, Src Port: 52138, Dst Port: 80, Seq: 1, Ack: 1, Len: 332
Hypertext Transfer Protocol
```

**Fig. 2.** O campo *Type* da trama.

## 2.4 Exercício 4

### Questão

Quantos bytes são usados desde o início da trama até ao caractere ASCII 'G' do método HTTP GET? Calcule e indique, em percentagem, a sobrecarga (overhead) introduzida pela pilha protocolar no envio do HTTP GET.

### Resposta

Até ao caractere "G", existem 54 bytes dos 386 bytes do método, resultando num overhead percentual de  $(54/386) * 100 = 14\%$

### Realização

## **2.5 Exercício 5**

### **Questão**

Em ligações com fios pouco susceptíveis a erros, nem sempre as NICs geram o código de detecção de erros. Através de visualização direta de uma trama capturada, verifique se o campo FCS está visível, i.e., se está a ser utilizado. Aceda à opção Edit/Preferences/Protocols/Ethernet e indique que é assumido o uso do campo FCS. Verifique qual o valor hexadecimal desse campo na trama capturada. Que conclui? Reponha a configuração original.

### **Resposta**

### **Realização**

## **2.6 Exercício 6**

### **Questão**

Qual é o endereço Ethernet da fonte? A que sistema de rede corresponde? Justifique.

### **Resposta**

### **Realização**

## **2.7 Exercício 7**

### **Questão**

Qual é o endereço MAC do destino? A que sistema corresponde?

### **Resposta**

### **Realização**



## **2.8 Exercício 8**

### **Questão**

Atendendo ao conceito de desencapsulamento protocolar, identifique os vários protocolos contidos na trama recebida.

### **Resposta**

### **Realização**

## 2.9 Exercício 9

### Questão

Observe o conteúdo da tabela ARP. Diga o que significa cada uma das colunas?

### Resposta

A versão linux instalada na máquina na qual este exercício foi realizado não tem o pacote *ARP* disponível pois este foi deprecado. Contudo, o comando `ip neigh`, realiza a mesma operação, isto é, permite observar o conteúdo da tabela *ARP*.

Desta forma, consultando o manual referente ao comando a cima mencionado (`man ip-neighbour`), percebe-se que o *output* é segmentado em 4 colunas. A primeira indica o endereço IP da interface da máquina na vizinhança, à qual se refere a entrada na tabela. A segunda coluna, traduz a interface na qual o *host* da vizinhança se encontra ligado. A terceira coluna apresenta o endereço MAC do *host* a que esta entrada na tabela se refere. Por último, a quarta coluna indica o estado da ligação entre os dois sistemas.

### Realização

```
to ADDRESS (default)
    the protocol address of the neighbour. It is either an IPv4 or IPv6 address.

dev NAME
    the interface to which this neighbour is attached.

lladdr LLADDRESS
    the link layer address of the neighbour. LLADDRESS can also be null.

nud STATE
    the state of the neighbour entry. nud is an abbreviation for 'Neighbour Unreachability Detection'. The state can take one of the following values:

    permanent
        the neighbour entry is valid forever and can be only be removed administratively.

    noarp
        the neighbour entry is valid. No attempts to validate this entry will be made but it can be removed when its lifetime expires.

    reachable
        the neighbour entry is valid until the reachability timeout expires.

    stale
        the neighbour entry is valid but suspicious. This option to ip neigh does not change the neighbour state if it was valid and the address is not changed by this command.

    none
        this is a pseudo state used when initially creating a neighbour entry or after trying to remove it before it becomes free to do so.

    incomplete
        the neighbour entry has not (yet) been validated/resolved.

    delay
        neighbor entry validation is currently delayed.

    probe
        neighbor is being probed.

    failed
        max number of probes exceeded without success, neighbor validation has ultimately failed.
```

**Fig. 3.** Manual do comando `ip neigh`.

## 2.10 Exercício 10

### Questão

Qual é o valor hexadecimal dos endereços origem e destino na trama Ethernet que contém a mensagem com o pedido ARP (ARP Request)? Como interpreta e justifica o endereço destino usado?

### Resposta

Endereço origem: 2c:60:0c:6b:85:44

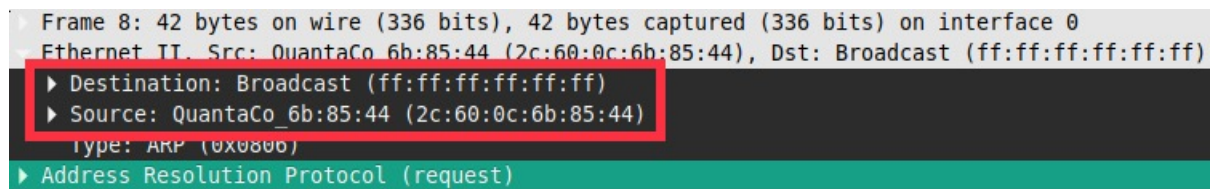
Endereço destino: ff:ff:ff:ff:ff:ff (broadcast)

A estratégia utilizada para resolver o exercício foi fazendo *ping* para outra máquina do laboratório, nomeadamente, 192.168.100.205.

Desta forma, a máquina que estava a realizar o *ping* apenas tinha a informação do IP da interface da máquina destino. No entanto, dado que o *host* destino se encontra na vizinhança da máquina de origem, é possível enviar a trama sem que esta vá ao AP. Para tal é usado o protocolo ARP por forma a descobrir o MAC do *host* para que a comunicação seja feita diretamente.

Deste modo, é enviado para todos os sistemas que se encontram na mesma rede local um ARP *request*, por forma a descobrir o endereço MAC a que pertence o IP 192.168.100.205, daí o endereço de destino ser ff:ff:ff:ff:ff:ff.

### Realização



```
▶ Frame 8: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
  Ethernet II, Src: QuantaCo_6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    ▶ Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    ▶ Source: QuantaCo_6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44)
      type: ARP (0x0806)
    ▶ Address Resolution Protocol (request)
```

**Fig. 4.** Pedido ARP enviado em *broadcast*.

## 2.11 Exercício 11

### Questão

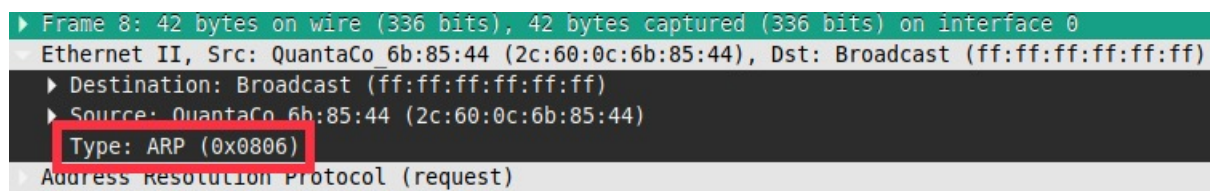
Qual o valor hexadecimal do campo tipo da trama Ethernet? O que indica?

### Resposta

Type: ARP (0x0806)

Significa que a trama *Ethernet* leva encapsulado o protocolo ARP.

### Realização



```
▶ Frame 8: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface 0
  ▶ Ethernet II, Src: QuantaCo 6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    ▶ Destination: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)
    ▶ Source: QuantaCo 6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44)
    ▶ Type: ARP (0x0806)
  ▶ Address Resolution Protocol (request)
```

**Fig. 5.** Tipo da trama *Ethernet*.

## 2.12 Exercício 12

### Questão

Qual o valor do campo ARP opcode? O que especifica?

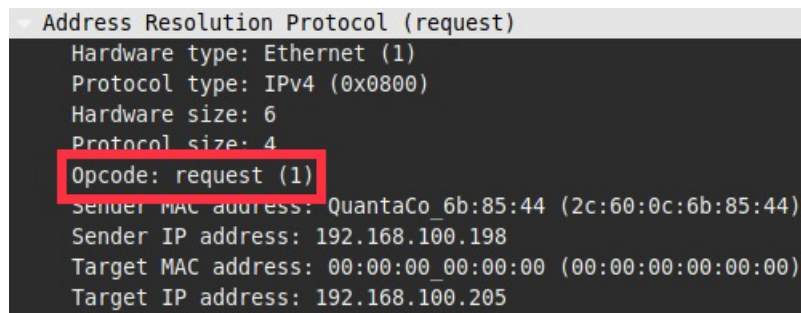
### Resposta

Opcode: request (1)

Segundo o padrão descrito no RFC826 [1]: *"The opcode is to determine if this is a request (which may cause a reply) or a reply to a previous request. 16 bits for this is overkill, but a flag (field) is needed."*

Desta forma, pode-se afirmar que a trama em questão representa um ARP *request*.

### Realização



```
▼ Address Resolution Protocol (request)
  Hardware type: Ethernet (1)
  Protocol type: IPv4 (0x0800)
  Hardware size: 6
  Protocol size: 4
  Opcode: request (1)
  Sender MAC address: QuantaCo_6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44)
  Sender IP address: 192.168.100.198
  Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
  Target IP address: 192.168.100.205
```

**Fig. 6.** Valor do *opcode* do ARP *request*.

## 2.13 Exercício 13

### Questão

Identifique que tipo de endereços estão contidos na mensagem ARP? Que conclui?

### Resposta

Os endereços contidos na mensagem ARP são os seguintes:

- Sender MAC address: 2c:60:0c:6b:85:44
- Sender IP address: 192.168.100.198
- Target MAC address: 00:00:00:00:00:00
- Target IP address: 192.168.100.254

Efetivamente, o facto de o *Target MAC address* estar todo a zero significa que está à espera de ser preenchido, assim que o *Target IP address* faça correspondência na máquina de destino.

### Realização

```
Address Resolution Protocol (request)
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IPv4 (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: request (1)
Sender MAC address: QuantaCo_6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44)
Sender IP address: 192.168.100.198
Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
Target IP address: 192.168.100.205
```

**Fig. 7.** Endereços contidos na mensagem ARP.

## **2.14 Exercício 14**

### **Questão**

Explicite que tipo de pedido ou pergunta é feita pelo host de origem?

### **Resposta**

O *host* de origem quer saber qual o endereço MAC da máquina que tem como IP da interface 192.168.100.205.

## 2.15 Exercício 15.a)

### Questão

Qual o valor do campo ARP opcode? O que especifica?

### Resposta

Opcode: reply (2)

Este valor significa que esta trama é a resposta a uma trama ARP *request* recebida anteriormente.

### Realização

```
Address Resolution Protocol (reply)
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IPv4 (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: reply (2)
Sender MAC address: HewlettP_02:a3:b0 (64:51:06:02:a3:b0)
Sender IP address: 192.168.100.205
Target MAC address: QuantaCo_6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44)
Target IP address: 192.168.100.198
```

**Fig. 8.** Campo *opcode* do ARP *reply*.



## 2.16 Exercício 15.b)

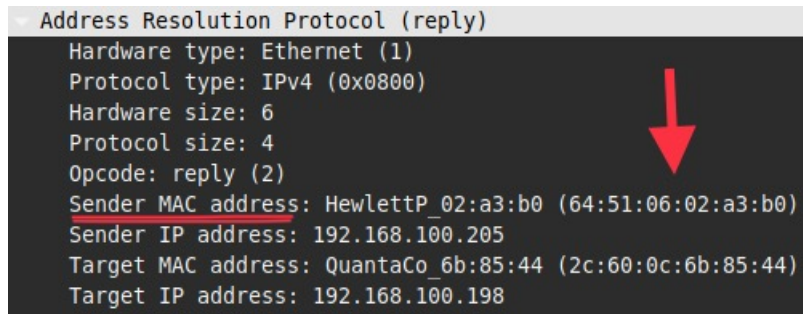
### Questão

Em que posição da mensagem ARP está a resposta ao pedido ARP ?

### Resposta

– Sender MAC address: 64:51:06:02:a3:b0

### Realização



```
- Address Resolution Protocol (reply)
  Hardware type: Ethernet (1)
  Protocol type: IPv4 (0x0800)
  Hardware size: 6
  Protocol size: 4
  Opcode: reply (2)
  Sender MAC address: HewlettP_02:a3:b0 (64:51:06:02:a3:b0)
  Sender IP address: 192.168.100.205
  Target MAC address: QuantaCo_6b:85:44 (2c:60:0c:6b:85:44)
  Target IP address: 192.168.100.198
```

**Fig. 9.** Campo com a resposta ao pedido ARP.

## **2.17 Exercício 16**

### **Questão**

Com auxílio do comando `ifconfig` obtenha os endereços Ethernet das interfaces dos diversos routers.

### **Resposta**

### **Realização**

## **2.18 Exercício 17**

### **Questão**

Usando o comando arp obtenha as caches arp dos diversos sistemas.

### **Resposta**

### **Realização**

## **2.19 Exercício 18**

### **Questão**

Faça ping de n1 para n2. Que modificações observa nas caches ARP desses sistemas?  
Faça ping de n1 para n3. Consulte as caches ARP. Que conclui?

### **Resposta**

### **Realização**

## **2.20 Exercício 19**

### **Questão**

Em n1 remova a entrada correspondente a n2. Coloque uma nova entrada para n2 com endereço Ethernet inexistente. O que acontece?

### **Resposta**

### **Realização**

## **2.21 Exercício 20**

### **Questão**

Faça ping de n6 para n5. Sem consultar a tabela ARP anote a entrada que, em sua opinião, é criada na tabela ARP de n6. Verifique, justificando, se a sua interpretação sobre a operação da rede Ethernet e protocolo ARP estava correto.

### **Resposta**

### **Realização**

### **3 Parte II - ARP Gratuito**

#### **3.1 Exercício 1**

##### **Questão**

Identifique um pacote de pedido ARP gratuito originado pelo seu sistema. Verifique quantos pacotes ARP gratuito foram enviados e com que intervalo temporal?

##### **Resposta**

##### **Realização**

### **3.2 Exercício 2**

#### **Questão**

Analise o conteúdo de um pedido ARP gratuito e identifique em que se distingue dos restantes pedidos ARP. Registe a trama Ethernet correspondente. Qual o resultado esperado face ao pedido ARP gratuito enviado?

#### **Resposta**

#### **Realização**



## **4 Parte II - Domínios de colisão**

### **4.1 Exercício 1**

#### **Questão**

Faça ping de n1 para n4. Verifique com a opção tcpdump como flui o tráfego nas diversas interfaces dos vários dispositivos. Que conclui?

#### **Resposta**

#### **Realização**

## **4.2 Exercício 2**

### **Questão**

Na topologia de rede substitua o hub por um switch. Repita os procedimentos que realizou na pergunta anterior. Comente os resultados obtidos quanto à utilização de hubs e switches no contexto de controlar ou dividir domínios de colisão. Documente as suas observações e conclusões com base no tráfego observado/capturado.

### **Resposta**

### **Realização**

## **5 Conclusions**

Neste trabalho...

## **References**

1. Plummer, D.C.: RFC 826: Ethernet Address Resolution Protocol: Or converting network protocol addresses to 48.bit Ethernet address for transmission on Ethernet hardware (1982)