

Лекция 2

Формат IP-пакета
Протокол ARP

Формат IP-пакета

4 бита Номер версии	4 бита Длина заголовка	8 бит Тип сервиса				16 бит Общая длина	
		PR	D	T	R		
16 бит Идентификатор пакета					3 бита Флаги		13 бит Смещение фрагмента
				D	M		
8 бит Время жизни	8 бит Протокол верхнего уровня			16 бит Контрольная сумма			
32 бита IP-адрес источника							
32 бита IP-адрес назначения							
Параметры и выравнивание							

Тип сервиса (ToS) -> дифференцированные сервисы (DiffServ, RFC 2474)

Последние 2 бита в ToS -> Explicit Congestion Notification (ECN, RFC 3168)

Общая длина: 20 байт ... 65 535 байт

Смещение фрагментов: измеряется 8-байтовыми блоками (0 ... $(2^{13}-1)*8$)

Протокол верхнего уровня: первоначальный список в RFC 790



Filter: Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	10.18.130.222	10.18.130.77	TCP	privatechat > http [ACK] Seq
2	0.000515	10.18.130.77	10.18.130.222	HTTP	Continuation or non-HTTP tra
3	0.000598	10.18.130.222	10.18.130.77	TCP	privatechat > http [FIN, ACK
4	0.000969	10.18.130.77	10.18.130.222	TCP	http > privatechat [ACK] Seq
5	0.000978	10.18.130.77	10.18.130.222	TCP	http > privatechat [FIN, PSH
6	0.000987	10.18.130.222	10.18.130.77	TCP	privatechat > http [ACK] Seq
7	0.175801	QuantaCo_b8:35:4d	Broadcast	ARP	who has 10.18.130.1? Tell 1
8	0.336024	Pegatron_1d:3c:8d	Broadcast	ARP	who has 10.18.130.198? Tell
9	0.376990	fe80::f190:2a6f:ef30:d3b0	ff02::1:2	DHCPv6	solicit xID: 0x9b1125 CID: 0

- ⊕ Frame 3: 54 bytes on wire (432 bits), 54 bytes captured (432 bits)
- ⊕ Ethernet II, Src: Elitegro_73:8f:bc (00:14:2a:73:8f:bc), Dst: HewlettP_21:4a:9a (00:1b:78:21:4a:9a)
- ⊖ Internet Protocol, Src: 10.18.130.222 (10.18.130.222), Dst: 10.18.130.77 (10.18.130.77)
 - Version: 4
 - Header length: 20 bytes
 - ⊖ Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP 0x00: Default; ECN: 0x00)
 - 0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0x00)
 -0. = ECN-Capable Transport (ECT): 0
 -0 = ECN-CE: 0
 - Total Length: 40
 - Identification: 0x4701 (18177)
 - ⊖ Flags: 0x02 (Don't Fragment)
 - 0... = Reserved bit: Not set
 - .1.. = Don't fragment: Set
 - ..0. = More fragments: Not set
 - Fragment offset: 0
 - Time to live: 128
 - Protocol: TCP (6)
 - ⊕ Header checksum: 0x9a7f [correct]
 - source: 10.18.130.222 (10.18.130.222)
 - destination: 10.18.130.77 (10.18.130.77)
 - ⊕ Transmission Control Protocol, Src Port: privatechat (1735), Dst Port: http (80), Seq: 1, Ack: 675, Len: 0

```

0000  00 1b 78 21 4a 9a 00 14 2a 73 8f bc 08 00 45 00  ..x!J... *s....E.
0010  00 28 47 01 40 00 80 06 9a 7f 0a 12 82 de 0a 12  .(G.@... ..
0020  82 4d 06 c7 00 50 37 04 c8 38 85 a1 ad f3 50 11  .M...P7. .8....P.
0030  fb 5d 19 6a 00 00                                .].j..
    
```

IP □□Локальный адрес

Задачи уровня сетевых интерфейсов:

- 1) упаковать пакет в кадр соответствующего для данной сети формата (Ethernet, Token Ring, ATM, ...)
- 2) снабдить данный кадр локальным адресом следующего маршрутизатора



ARP (Address Resolution Protocol) – протокол разрешения адресов

Пример ARP-запроса и - ответа

Запрос:

Поле	Значение
Тип сети	1 (0x1) □ для Ethernet
Тип протокола	2048 (0x800) □ для ip
Длина локального адреса	6 (0x6)
Длина сетевого адреса	4 (0x4)
Операция	1 (0x1)
Локальный адрес отправителя	008048EB7E60
Сетевой адрес отправителя	194.85.135.75
Локальный (искомый) адрес получателя	000000000000
Сетевой адрес получателя	194.85.135.65

Ответ:

Поле	Значение
Тип сети	1 (0x1)
Тип протокола	2048 (0x800)
Длина локального адреса	6 (0x6)
Длина сетевого адреса	4 (0x4)
Операция	1 (0x1) 2 (0x0002)
Локальный адрес отправителя	00E0F77F1920
Сетевой адрес отправителя	194.85.135.65
Локальный (искомый) адрес получателя	008048EB7E60
Сетевой адрес получателя	194.85.135.75

ARP: структура пакета

Ethernet transmission layer (not necessarily accessible to the user):

48.bit: Ethernet address of destination

48.bit: Ethernet address of sender

16.bit: Protocol type = ether_type\$ADDRESS_RESOLUTION

Ethernet packet data:

16.bit: (ar\$hrd) Hardware address space (e.g., Ethernet, Packet Radio Net.)

16.bit: (ar\$pro) Protocol address space. For Ethernet hardware, this is from the set of type fields ether_typ\$<protocol>.

8.bit: (ar\$hln) byte length of each hardware address

8.bit: (ar\$pln) byte length of each protocol address

16.bit: (ar\$op) opcode (ares_op\$REQUEST | ares_op\$REPLY)

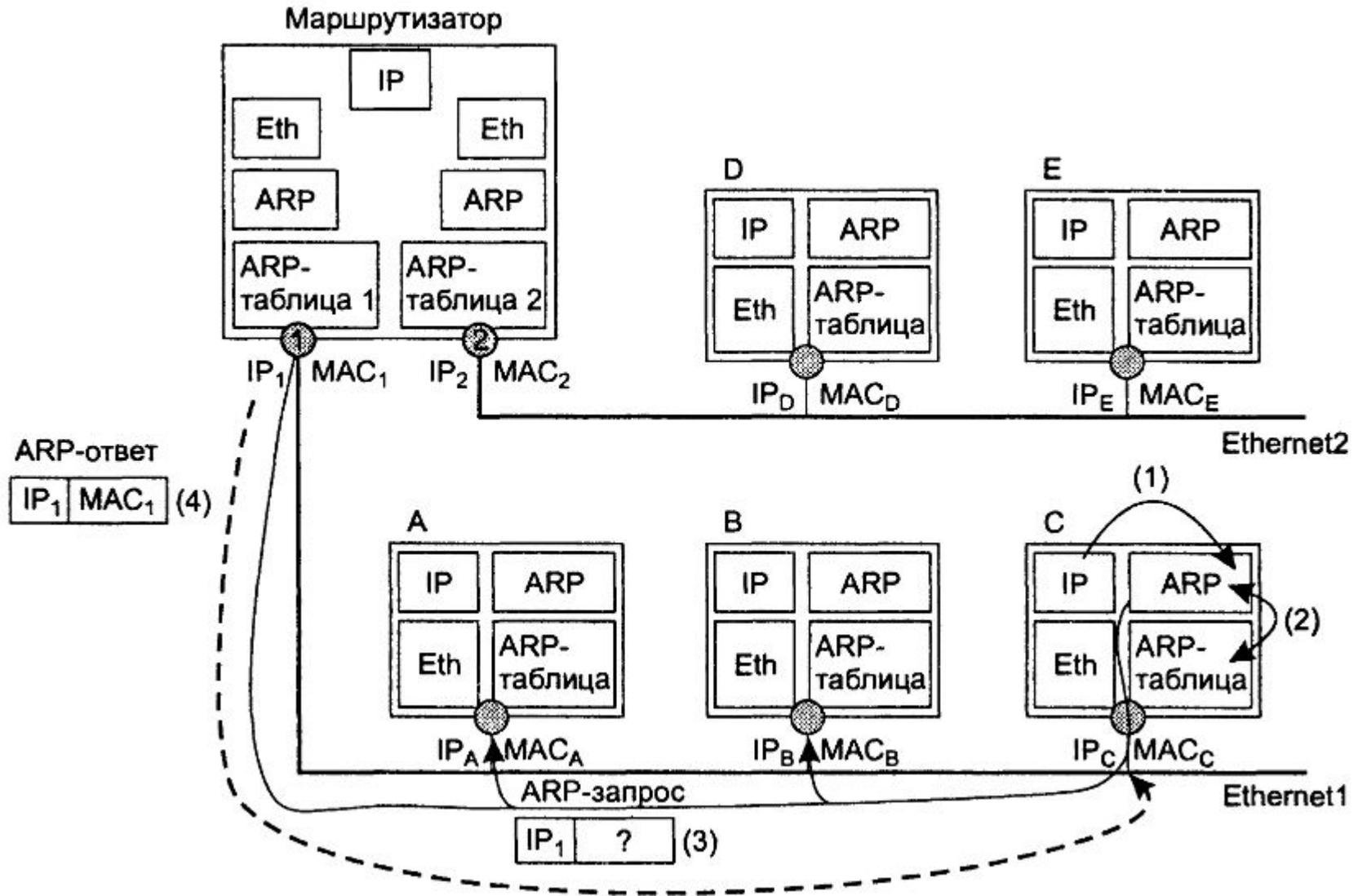
nbytes: (ar\$sha) Hardware address of sender of this packet, n from the ar\$hln field.

mbytes: (ar\$spa) Protocol address of sender of this packet, m from the ar\$pln field.

nbytes: (ar\$tha) Hardware address of target of this packet (if known).

mbytes: (ar\$tpa) Protocol address of target.

Схема работы ARP



Пример ARP-запроса

The image shows a Wireshark network traffic capture window. The title bar reads "NVIDIA nForce MCP Networking Adapter Driver (Microsoft's Packet Scheduler) - Wireshark". The interface includes a menu bar (File, Edit, View, Go, Capture, Analyze, Statistics, Telephony, Tools, Help), a toolbar with various icons, and a filter field. The main display area shows a list of network packets. Packet 7 is highlighted in blue, indicating it is selected. The details pane for packet 7 is expanded, showing the structure of the ARP request.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
4	0.000909	10.18.130.77	10.18.130.222	TCP	http > privatechat [ACK] Seq=675 Ack=2 win
5	0.000978	10.18.130.77	10.18.130.222	TCP	http > privatechat [FIN, PSH, ACK] Seq=675
6	0.000987	10.18.130.222	10.18.130.77	TCP	privatechat > http [ACK] Seq=2 Ack=676 win
7	0.175801	QuantaCo_b8:35:4d	Broadcast	ARP	who has 10.18.130.1? Tell 10.18.130.26
8	0.336024	Pegatron_1d:3c:8d	Broadcast	ARP	who has 10.18.130.198? Tell 10.18.130.38
9	0.376990	fe80::f190:2a6f:ef30:d3b0	ff02::1:2	DHCPv6	solicit Xid: 0x9b1125 cid: 0001000113ae7c2
10	1.282613	10.18.130.222	10.18.130.77	NBNS	Name query NBSTAT *<00><00><00><00><00><00>
11	1.282654	192.168.253.1	10.18.130.77	NBNS	Name query NBSTAT *<00><00><00><00><00><00>
12	1.282671	192.168.197.1	10.18.130.77	NBNS	Name query NBSTAT *<00><00><00><00><00><00>
13	1.283091	10.18.130.77	10.18.130.222	NBNS	Name query response NBSTAT

Frame 7: 60 bytes on wire (480 bits), 60 bytes captured (480 bits)

Ethernet II, Src: QuantaCo_b8:35:4d (00:1e:68:b8:35:4d), Dst: Broadcast (ff:ff:ff:ff:ff:ff)

Address Resolution Protocol (request)

- Hardware type: Ethernet (0x0001)
- Protocol type: IP (0x0800)
- Hardware size: 6
- Protocol size: 4
- opcode: request (0x0001)
- [Is gratuitous: False]
- Sender MAC address: QuantaCo_b8:35:4d (00:1e:68:b8:35:4d)
- Sender IP address: 10.18.130.26 (10.18.130.26)
- Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
- Target IP address: 10.18.130.1 (10.18.130.1)

```
0000  ff ff ff ff ff ff 00 1e 68 b8 35 4d 08 06 00 01  ..... h.5M....
0010  08 00 06 04 00 01 00 1e 68 b8 35 4d 0a 12 82 1a  ..... h.5M....
0020  00 00 00 00 00 00 0a 12 82 01 00 00 00 00 00 00  .....
0030  00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  ..... .....
```

Пример ARP-таблицы

IP-адрес	MAC-адрес	Тип записи
194.85.135.65	00E0F77F1920	Динамический
194.85.135.75	008048EB7E60	Динамический
194.85.60.21	008048EB7567	Статический

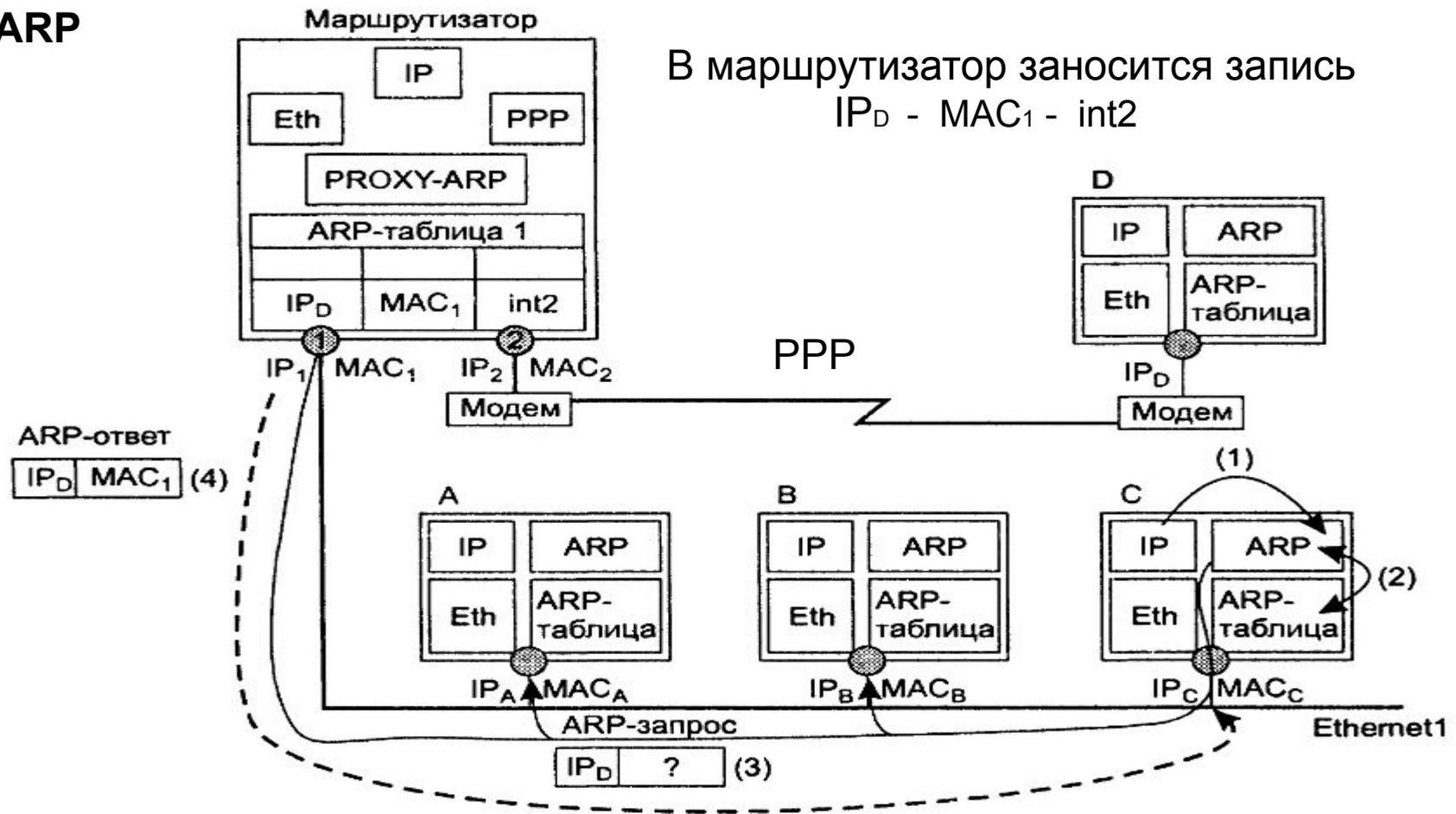
Статические записи создаются вручную с помощью утилиты `arp`
не имеют срока жизни

Динамические записи создаются автоматически
периодически должны обновляться

Альтернативная реализация ARP

Proxy-ARP

:



Глобальные сети (без широковещания) – применяются **ARP-серверы**