

Национальный исследовательский университет ИТМО
Факультет программной инженерии и компьютерной техники

Учебно-исследовательская работа №3
по дисциплине Сети ЭВМ и телекоммуникации
Анализ трафика компьютерных сетей утилитой Wireshark

Студент: Саржевский Иван
Группа: Р3302

г. Санкт-Петербург
2020 г.

Содержание

1	Цель	3
2	Анализ трафика утилиты ping	3
2.1	Фрейм	3
2.2	Ethernet II	3
2.3	IPv4	4
2.4	Internet Control Message Protocol (ICMP)	5
2.5	Ответы на вопросы	6
3	Анализ трафика утилиты traceroute	7
3.1	User Datagram Protocol	7
3.2	ICMP в ответах на запросы	8
3.3	Ответы на вопросы	9
4	Анализ HTTP-трафика	9
4.1	Transmission Control Protocol	10
4.2	Hypertext Transfer Protocol	11
5	Анализ DNS трафика	14
5.1	Domain Name System	14
5.2	Ответы на вопросы	16
6	Анализ ARP трафика	16
6.1	Address Resolution Protocol	17
6.2	Ответы на вопросы	18
7	Анализ трафика утилиты nslookup	18
7.1	nslookup: DNS	18
7.2	nslookup -type=NS: DNS	20
7.3	Ответы на вопросы	21
8	Анализ FTP-трафика	21
8.1	FTP-трафик	22
8.2	Ответы на вопросы	24
9	Анализ DHCP-трафика	24
9.1	DHCP	26

9.2	Ответы на вопросы	28
10	Анализ Skype-трафика	28
10.1	Текстовые сообщения	28
10.2	Аудио-данные	29
10.3	Видео-данные	30
10.4	Ответы на вопросы	30

1 Цель

Цель работы – изучить структуру протокольных блоков данных, анализируя реальный трафик на компьютере студента с помощью бесплатно распространяемой утилиты Wireshark.

2 Анализ трафика утилиты ping

Для анализа трафика, создаваемого утилитой ping был выбран сайт **www.ias.ru**.

```
Frame 5: 1042 bytes on wire (8336 bits), 1042 bytes captured (8336 bits) on interface wlp4s0, id 0
Ethernet II, Src: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5), Dst: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.105, Dst: 81.195.71.197
Internet Control Message Protocol
```

Рис. 1: Заголовки протоколов для команды ping.

На рисунке 1 изображены заголовки различных протоколов, используемых при передаче запроса.

2.1 Фрейм

```
Interface id: 0 (wlp4s0)
Encapsulation type: Ethernet (1)
Arrival Time: Apr 12, 2020 22:23:51.094101026 MSK
[Time shift for this packet: 0.000000000 seconds]
Epoch Time: 1586719431.094101026 seconds
[Time delta from previous captured frame: 0.000253948 seconds]
[Time delta from previous displayed frame: 0.000000000 seconds]
[Time since reference or first frame: 0.036999160 seconds]
Frame Number: 5
Frame Length: 1042 bytes (8336 bits)
Capture Length: 1042 bytes (8336 bits)
[Frame is marked: False]
[Frame is ignored: False]
[Protocols in frame: eth:ethertype:ip:icmp:data]
[Coloring Rule Name: ICMP]
[Coloring Rule String: icmp || icmpv6]
```

Рис. 2: Информация о фрейме команды ping.

Структура, представленная на рисунке 2, описывает метаданные Wireshark для этого запроса - его порядковый номер среди всех записанных, время прибытия, размер, протокол и цвет выделения в интерфейсе.

2.2 Ethernet II

Ethernet II - протокол канального уровня, т.е. описывает передачу данных в рамках локальной сети. Типичная структура кадра Ethernet II представлена в таблице 1.

Таблица 1: Структура кадра Ethernet II.

Кадр Ethernet II (от 64-х до 1528-ти байт)				
MAC-заголовок (14 байт)			Данные (от 46-ти до 1500 байт)	—
MAC получателя (6 байт)	MAC отправителя (6 байт)	Тип протокола (2 байта)	Данные	CRC (4 байта)

В данном случае получателем выступает роутер, а отправителем - рабочая машина, их MAC-адреса записаны в кадр, тип протокола - IPv4, что можно увидеть на рисунке 3.

```

Destination: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Address: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
....0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
Source: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
Address: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
....0. .... = LG bit: Globally unique address (factory default)
....0. .... = IG bit: Individual address (unicast)
Type: IPv4 (0x0800)

```

Рис. 3: Кадр Ethernet II для ping.

2.3 IPv4

IPv4 - протокол сетевого уровня. Подробные сведения полей, которые включены в заголовок протокола, приведены на рисунке 4. Туда включены IP-адреса отправителя и получателя, длина заголовка и сообщения, флаги указывающие на наличие фрагментации данных, промежуточности данного пакета и т. д.

Offsets	Octet	0								1								2								3							
Octet	Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	Version				IHL				DSCP						ECN		Total Length															
4	32	Identification																Flags			Fragment Offset												
8	64	Time To Live								Protocol							Header Checksum																
12	96	Source IP Address																															
16	128	Destination IP Address																															
20	160	Options (if IHL > 5)																															
24	192																																
28	224																																
32	256																																

Рис. 4: Структура заголовка IPv4.

Данные, переданные с использованием протокола IPv4 для команды ping можно увидеть на рисунке 5.

```

0100 .... = Version: 4
.... 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
Differentiated Services Field: 0x00 (DSCP: CS0, ECN: Not-ECT)
  0000 00.. = Differentiated Services Codepoint: Default (0)
  .... ..00 = Explicit Congestion Notification: Not ECN-Capable Transport (0)
Total Length: 1028
Identification: 0x8a07 (35335)
Flags: 0x4000, Don't fragment
  0... .... = Reserved bit: Not set
  .1... .... = Don't fragment: Set
  ..0. .... = More fragments: Not set
...0 0000 0000 0000 = Fragment offset: 0
Time to live: 64
Protocol: ICMP (1)
Header checksum: 0x5258 [validation disabled]
[Header checksum status: Unverified]
Source: 192.168.0.105
Destination: 81.195.71.197
[Destination GeoIP: RU]

```

Рис. 5: Данные пакета IPv4 для команды ping.

2.4 Internet Control Message Protocol (ICMP)

Offsets	Octet	0								1								2								3							
Octet	Bit	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
0	0	Type								Code								Checksum															
4	32	Rest of Header																															

Рис. 6: Структура заголовка ICMP.

Данный протокол сетевого уровня используется для передачи служебных сообщений - кода ошибки в случае исключительной ситуации, кода запрашиваемой операции и кода подтверждения в случае удачной передачи. Подробная структура заголовка ICMP приведена на рисунке 6.

```

Type: 8 (Echo (ping) request)
Code: 0
Checksum: 0xb113 [correct]
[Checksum Status: Good]
Identifier (BE): 4975 (0x136f)
Identifier (LE): 28435 (0x6f13)
Sequence number (BE): 1 (0x0001)
Sequence number (LE): 256 (0x0100)
[Response frame: 6]
Timestamp from icmp data: Apr 12, 2020 22:23:51.000000000 MSK
[Timestamp from icmp data (relative): 0.094101026 seconds]
Data (992 bytes)

```

Рис. 7: Данные ICMP для команды ping.

Для команды ping структура ICMP представлена на рисунке 7.

Структура ответов имеет схожую структуру, отличаться они будут типом ICMP, сменой адресов получателя и отправителя, timestamp'ами.

2.5 Ответы на вопросы

1. Имеет ли место фрагментация исходного пакета, какое поле на это указывает?
– Да. Но только в том случае, если размер пакета превышает **Maximum Transmission Unit (MTU)**, равный для протокола **Ethernet II** 1500 байт. Информация о наличии фрагментации содержится во флаге в заголовке **IPv4**.
2. Какая информация указывает, является ли фрагмент пакета последним или промежуточным?
– Флаг **More Fragments** в заголовке **IPv4**.
3. Чему равно количество фрагментов при передаче ping-пакетов?
– MTU равен 1500 байт, пакет включает в себя **IPv4**-заголовок (20 байт), **ICMP**-заголовок (8 байт), и, непосредственно, данные. Это означает, что количество фрагментов равно $\lceil (s + 20 + 8) / 1500 \rceil$, где s - аргумент **-s** команды **ping**. Зависимость количества фрагментов от размера пакета приведена в таблице 2.

Таблица 2: Количество фрагментов при разных размерах пакета

Размер пакета	100	500	1000	1500	2000	3000	5000	10000
Кол-во фраг.	1	1	1	2	2	3	4	7

4. Построить график, в котором на оси абсцисс находится размер_пакета, а по оси ординат – количество фрагментов, на которое был разделён каждый **ping**-пакет.
– см. рисунок 8.

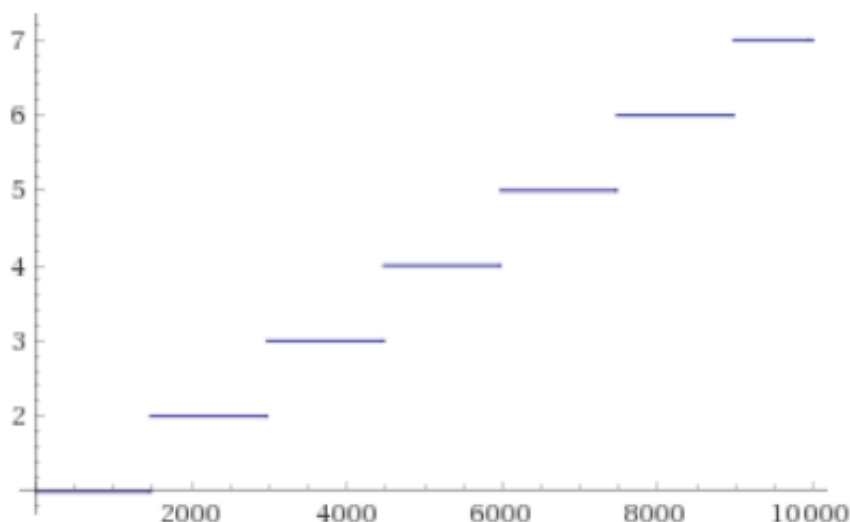


Рис. 8: Зависимость количества фрагментов от размера пакета

5. Как изменить поле TTL с помощью утилиты **ping**?

- **Linux** : `ping -t ttl_value`

- Windows : `ping -i ttl_value`

6. Что содержится в поле данных `ping`-пакета?

– В поле данных содержится текущий `timestamp`, а затем циклически повторяющиеся биты от 00 до FF.

```
0030 00 00 5d 12 04 00 00 00 00 00 10 11 12 13 14 15
0040 16 17 18 19 1a 1b 1c 1d 1e 1f 20 21 22 23 24 25
0050 26 27 28 29 2a 2b 2c 2d 2e 2f 30 31 32 33 34 35
0060 36 37 38 39 3a 3b 3c 3d 3e 3f 40 41 42 43 44 45
. . .
0110 e6 e7 e8 e9 ea eb ec ed ee ef f0 f1 f2 f3 f4 f5
0120 f6 f7 f8 f9 fa fb fc fd fe FF 00 01 02 03 04 05
```

3 Анализ трафика утилиты `tracert`

Утилита `tracert` отправляет UDP-запросы, постепенно увеличивая `ttl`, на 1 каждые 3 запроса.

```
Frame 18: 74 bytes on wire (592 bits), 74 bytes captured (592 bits) on interface wlp4s0, id 0
Ethernet II, Src: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5), Dst: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.105, Dst: 81.195.71.197
User Datagram Protocol, Src Port: 53039, Dst Port: 33447
Data (32 bytes)
```

Рис. 9: Заголовки протоколов для команды `tracert`.

На рисунке 9 изображены заголовки различных протоколов, используемых при передаче запроса.

Все протоколы, кроме UDP, были описаны для команды `ping`.

```
Frame 21: 102 bytes on wire (816 bits), 102 bytes captured (816 bits) on interface wlp4s0, id 0
Ethernet II, Src: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae), Dst: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.1, Dst: 192.168.0.105
Internet Control Message Protocol
```

Рис. 10: Заголовки протоколов для ответа на команду `tracert`.

На рисунке 10 изображены заголовки протоколов, используемых при передаче ответа на запросы команды `tracert`.

3.1 User Datagram Protocol

UDP - один из протоколов транспортного уровня, который предполагает отсутствие механизмов установления и поддержки соединения между отправителем и получателем. Структура UDP-датаграммы представлена в таблице 3.

Таблица 3: Структура UDP-датаграммы.

Порт отправителя	Порт получателя	Длина датаграммы	Данные
------------------	-----------------	------------------	--------

На рисунке 11 можно увидеть содержимое датаграммы для запроса `traceroute`.

```
Source Port: 53039
Destination Port: 33447
Length: 40
Checksum: 0x5ad3 [unverified]
[Checksum Status: Unverified]
[Stream index: 14]
[Timestamps]
```

Рис. 11: Содержимое датаграммы.

3.2 ICMP в ответах на запросы

Как уже говорилось ранее, ICMP передает служебную информацию, такую как сообщения об ошибках. Именно эту его особенность использует утилита `traceroute`. Так как мы постепенно увеличиваем `ttl` начиная с единицы, каждый маршрутизатор в сети между отправителем и получателем будет возвращать ошибку `Time-to-live exceeded` (код 11), и по отправителям этих сообщений можно судить о маршрутизаторах в сети на пути пакетов. Пример такого ICMP можно увидеть на рисунке 12.

```
Type: 11 (Time-to-live exceeded)
Code: 0 (Time to live exceeded in transit)
Checksum: 0x4fd3 [correct]
[Checksum Status: Good]
Unused: 00000000
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.105, Dst: 81.195.71.197
User Datagram Protocol, Src Port: 46331, Dst Port: 33434
Data (32 bytes)
```

Рис. 12: ICMP с сообщением `ttl-exceeded`

Если же мы установили достаточно большой `ttl` для того, чтобы добраться до получателя, в ICMP с большой вероятностью будет другая ошибка – `Destination unreachable` (код 3) с расширением `Port unreachable` (код 3), так как `traceroute` отправляет запросы на случайные порты получателя. Пример такого ICMP можно увидеть на рисунке 13.

```
Type: 3 (Destination unreachable)
Code: 3 (Port unreachable)
Checksum: 0x57d0 [correct]
[Checksum Status: Good]
Unused: 00000000
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.105, Dst: 81.195.71.197
User Datagram Protocol, Src Port: 33829, Dst Port: 33488
Data (32 bytes)
```

Рис. 13: ICMP с сообщением `Destination unreachable`

В обоих случаях в ответном сообщении содержится копия исходного.

3.3 Ответы на вопросы

1. Сколько байт содержится в заголовке IP? Сколько байт содержится в поле данных?
– IPv4 - 20 байт, данных отправляется 32 байта. Если прибавить к этому 8 байт заголовка UDP и 14 байт заголовка Ethernet II, то получим 74 байта, это размер передаваемого сообщения.
2. Как и почему изменяется поле TTL в следующих друг за другом ICMP-пакетах traceroute?
– Как уже было упомянуто выше, это позволяет по сообщениям с ошибкой `Time-to-live exceeded` определить все маршрутизаторы, которые работали с пакетом по пути до получателя. `ttl` увеличивается на 1 каждые 3 отправленных пакета.
3. Чем отличаются ICMP-пакеты, генерируемые утилитой `tracert`, от ICMP-пакетов, генерируемых утилитой `ping`?
– Использовалась утилита `tracert`, которая в отличие от `tracert` отправляет UDP запросы. Однако при использовании последней ICMP пакеты от `ping` отличаются только значением `ttl`.
4. Чем отличаются полученные пакеты ICMP `reply` от ICMP `error` и зачем нужны оба этих типа ответов?
– В `tracert` в качестве ICMP `reply` используется ICMP `error`, но с другим кодом ошибки - `Destination unreachable (Port unreachable)`. Если говорить о `tracert`, то ICMP `reply`, получаемые при достижении пакетов получателя, ничем не отличаются от аналогичных в утилите `ping`. ICMP `error` используются для идентификации всех маршрутизаторов на пути пакета, это описано в предыдущем вопросе.
5. Что изменится в работе `tracert`, если убрать ключ `-n`? Какой дополнительный трафик при этом будет генерироваться?
– `tracert` станет преобразовывать IP адреса маршрутизаторов в их строковые адреса, а для этого потребуются дополнительные DNS запросы.

4 Анализ HTTP-трафика

Для выполнения этого задания был выбран сайт `www.ias.ru`.

```
Frame 3: 525 bytes on wire (4200 bits), 525 bytes captured (4200 bits) on interface wlp4s0, id 0
Ethernet II, Src: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5), Dst: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.105, Dst: 81.195.71.197
Transmission Control Protocol, Src Port: 42758, Dst Port: 80, Seq: 1, Ack: 1, Len: 459
Hypertext Transfer Protocol
```

Рис. 14: Структура запроса

На рисунке 14 изображена структура запроса, все протоколы, кроме TCP и HTTP были рассмотрены ранее.

4.1 Transmission Control Protocol

Это протокол транспортного уровня, один из основных протоколов передачи данных в интернете. TCP предполагает надежную передачу потока данных, включает управление перегрузкой, рукопожатие, передачу данных. Структура TCP-протокола приведена на рисунке 15. Она включает в себя информацию о портах отправителя и получателя, размер заголовка, а также контрольную сумму и флаги:

- **URG** : указатель важности
- **ACK** : номер подтверждения
- **PSH** : протолкнуть данные, накопившиеся в буфере, в приложение пользователя
- **RST** : оборвать соединение, очистить буфер
- **SYN** : синхронизация объектов последовательности
- **FIN** : завершение соединения

Offsets	Octet	0								1								2								3							
Octet	Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0	7	6	5	4	3	2	1	0
0	0	Source port																Destination port															
4	32	Sequence number																															
8	64	Acknowledgment number (if ACK set)																															
12	96	Data offset				Reserved 0 0 0			N S	C W R	E C E	U R G	A C K	P S H	R S T	S Y N	F I N	Window Size															
16	128	Checksum																Urgent pointer (if URG set)															
20	160	Options (if <i>data offset</i> > 5. Padded at the end with "0" bytes if necessary.)																															
...																															

Рис. 15: Структура TCP-сегмента.

Структура переданного сегмента приведена на рисунке 16.

```

Source Port: 42758
Destination Port: 80
[Stream index: 2]
[TCP Segment Len: 459]
Sequence number: 1      (relative sequence number)
Sequence number (raw): 3258221442
[Next sequence number: 460      (relative sequence number)]
Acknowledgment number: 1      (relative ack number)
Acknowledgment number (raw): 2564089494
1000 .... = Header Length: 32 bytes (8)
Flags: 0x018 (PSH, ACK)
  000. .... = Reserved: Not set
  ...0 .... = Nonce: Not set
  .... 0... = Congestion Window Reduced (CWR): Not set
  .... .0.. = ECN-Echo: Not set
  .... ..0. = Urgent: Not set
  .... ...1 = Acknowledgment: Set
  .... .... 1... = Push: Set
  .... .... .0.. = Reset: Not set
  .... .... ..0. = Syn: Not set
  .... .... ...0 = Fin: Not set
  [TCP Flags: .....AP...]
Window size value: 501
[Calculated window size: 501]
[Window size scaling factor: -1 (unknown)]
Checksum: 0x5c8b [unverified]
[Checksum Status: Unverified]
Urgent pointer: 0
Options: (12 bytes), No-Operation (NOP), No-Operation (NOP), Timestamps
[SEQ/ACK analysis]
[Timestamps]
TCP payload (459 bytes)

```

Рис. 16: TCP-сегмент переданного запроса.

4.2 Hypertext Transfer Protocol

Это протокол прикладного уровня для передачи данных. Состоит из стартовой строки, заголовков и тела сообщения.

В стартовой строке указывается метод запроса, версия запроса, а также путь к документу. В заголовках передается метаданная о клиенте или сервере, тело сообщения содержит непосредственно полезные данные.

Структура первичного HTTP-запроса типа GET показана на рисунке 17.

```

GET / HTTP/1.1\r\n
  [Expert Info (Chat/Sequence): GET / HTTP/1.1\r\n]
    Request Method: GET
    Request URI: /
    Request Version: HTTP/1.1
Host: www.ias.ru\r\n
Connection: keep-alive\r\n
Pragma: no-cache\r\n
Cache-Control: no-cache\r\n
Upgrade-Insecure-Requests: 1\r\n
User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Fedora; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/80.0.3987.1...
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,*/*;q=0.8,application/sig...
Accept-Encoding: gzip, deflate\r\n
Accept-Language: en-US,en;q=0.9\r\n
\r\n
[Full request URI: http://www.ias.ru/]
[HTTP request 1/3]
[Response in frame: 8]
[Next request in frame: 10]

```

Рис. 17: Первичный HTTP-запрос.

В ответе на первичный запрос приходит HTTP-ответ с кодом 200, сигнализирующем об успешной обработке запроса, временем последней модификации запрашиваемого html-документа и самим содержимым требуемого документа. Это можно увидеть на рисунке 18.

```

Hypertext Transfer Protocol
  HTTP/1.1 200 OK\r\n
    [Expert Info (Chat/Sequence): HTTP/1.1 200 OK\r\n]
      Response Version: HTTP/1.1
      Status Code: 200
      [Status Code Description: OK]
      Response Phrase: OK
      Server: nginx/1.6.2\r\n
      Date: Wed, 15 Apr 2020 11:52:15 GMT\r\n
      Content-Type: text/html\r\n
      Last-Modified: Mon, 24 Apr 2017 11:34:28 GMT\r\n
      Transfer-Encoding: chunked\r\n
      Connection: keep-alive\r\n
      Vary: Accept-Encoding\r\n
      Content-Encoding: gzip\r\n
      \r\n
      [HTTP response 1/3]
      [Time since request: 0.032573610 seconds]
      [Request in frame: 3]
      [Next request in frame: 10]
      [Next response in frame: 11]
      [Request URI: http://www.ias.ru/]
    HTTP chunked response
      Content-encoded entity body (gzip): 80 bytes -> 97 bytes
      File Data: 97 bytes
    Line-based text data: text/html (9 lines)
      <!DOCTYPE html>\n
      <html>\n
      <head>\n
      <title>hello</title>\n
      </head>\n
      <body>\n
      <h1>hello</h1>\n
      </body>\n
      </html>\n

```

Рис. 18: Первичный HTTP-ответ.

Повторный запрос похож на первичный, за исключением того, что добавляется поле **If-Modified-Since** со значением даты, которое мы получили в первичном ответе. Таким образом, сервер вернет 200 только в случае, если запрашиваемая html-страница изменялась после переданного времени. Этот запрос можно увидеть на рисунке 19.

```
GET / HTTP/1.1\r\n
  ▶ [Expert Info (Chat/Sequence): GET / HTTP/1.1\r\n]
    Request Method: GET
    Request URI: /
    Request Version: HTTP/1.1
Host: www.ias.ru\r\n
Connection: keep-alive\r\n
Cache-Control: max-age=0\r\n
Upgrade-Insecure-Requests: 1\r\n
User-Agent: Mozilla/5.0 (X11; Fedora; Linux x86_64) AppleWebKit/537.36 (KHTML, like Gecko) Chrome/80.0.3987.106 S
Accept: text/html,application/xhtml+xml,application/xml;q=0.9,image/webp,image/apng,*/*;q=0.8,application/signed-
Accept-Encoding: gzip, deflate\r\n
Accept-Language: en-US,en;q=0.9\r\n
If-Modified-Since: Mon, 24 Apr 2017 11:34:28 GMT\r\n
\r\n
[Full request URI: http://www.ias.ru/]
[HTTP request 3/3]
[Prev request in frame: 10]
[Response in frame: 26]
```

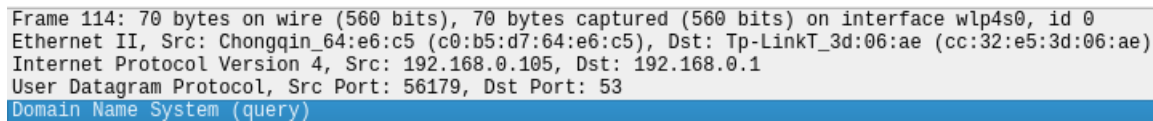
Рис. 19: Повторный HTTP-запрос.

В ответе на повторный запрос можно увидеть код 304, что означает **Not Modified** и сигнализирует о том, что запрашиваемая страница не изменялась с момента времени, указанного в поле **If-Modified-Since** запроса, таким образом можно не передавать её содержимое снова. Это можно увидеть на рисунке 20.

```
HTTP/1.1 304 Not Modified\r\n
  ▶ [Expert Info (Chat/Sequence): HTTP/1.1 304 Not Modified\r\n]
    Response Version: HTTP/1.1
    Status Code: 304
    [Status Code Description: Not Modified]
    Response Phrase: Not Modified
Server: nginx/1.6.2\r\n
Date: Wed, 15 Apr 2020 11:52:18 GMT\r\n
Last-Modified: Mon, 24 Apr 2017 11:34:28 GMT\r\n
Connection: keep-alive\r\n
ETag: "58fde2c4-61"\r\n
\r\n
[HTTP response 3/3]
[Time since request: 0.031237148 seconds]
[Prev request in frame: 10]
[Prev response in frame: 11]
[Request in frame: 25]
[Request URI: http://www.ias.ru/]
```

Рис. 20: Повторный HTTP-ответ.

5 Анализ DNS трафика



```
Frame 114: 70 bytes on wire (560 bits), 70 bytes captured (560 bits) on interface wlp4s0, id 0
Ethernet II, Src: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5), Dst: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.105, Dst: 192.168.0.1
User Datagram Protocol, Src Port: 56179, Dst Port: 53
Domain Name System (query)
```

Рис. 21: Структура запроса

На рисунке 21 представлена структура запроса. Все протоколы кроме DNS были рассмотрены ранее.

5.1 Domain Name System

Это протокол прикладного уровня, используется для нахождения IP-адреса по имени хоста. В заголовке определены флаги:

- **Response** : 0 если это запрос, 1 - если ответ
- **Opcode** : 0 - обычный запрос, 1 - обратный запрос, 2 - запрос состояния сервера
- **Truncated** : было ли сообщение обрезано из-за чрезмерной длины
- **Recursion Desired** : является ли запрос рекурсивным
- **Z** : зарезервировано (0)
- **Non-authenticated data** : данные из непроверенного источника

В поле **Queries** определена информация о поданных запросах, структура запроса:

- **Name** : имя домена
- **Type** : тип запроса
- **Class** : класс запроса, обычно выставляется в IN, для имен хоста, размещенных в интернете

DNS-запрос можно увидеть на рисунке 22.

```

Transaction ID: 0xae17
Flags: 0x0100 Standard query
 0... .. = Response: Message is a query
.000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
... ..0... .. = Truncated: Message is not truncated
... ..1... .. = Recursion desired: Do query recursively
... ..0... .. = Z: reserved (0)
... ..0... .. = Non-authenticated data: Unacceptable
Questions: 1
Answer RRs: 0
Authority RRs: 0
Additional RRs: 0
Queries
  www.ias.ru: type A, class IN
    Name: www.ias.ru
    [Name Length: 10]
    [Label Count: 3]
    Type: A (Host Address) (1)
    Class: IN (0x0001)
\[Response In: 115\]

```

Рис. 22: DNS-запрос.

В ответ добавляются дополнительные флаги, а именно:

- **Authoritative** : является ли сервер авторитативным
- **Recursion available** : способность сервера обрабатывать рекурсивные запросы
- **Answer authenticated** : удостоверение ответа
- **Reply code** : код ответа

Запрос являлся запросом типа **A**, что значит запрос **IPv4** адреса, в ответе данный адрес находится в поле **Address**, что можно увидеть на рисунке 23.

```

Transaction ID: 0xae17
Flags: 0x8180 Standard query response, No error
 1... .. = Response: Message is a response
.000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
... .0... .. = Authoritative: Server is not an authority for domain
... .0... .. = Truncated: Message is not truncated
... .1... .. = Recursion desired: Do query recursively
... .1... .. = Recursion available: Server can do recursive queries
... .0... .. = Z: reserved (0)
... .0... .. = Answer authenticated: Answer/authority portion was not authenticated by the server
... .0... .. = Non-authenticated data: Unacceptable
... .0000 = Reply code: No error (0)

Questions: 1
Answer RRs: 1
Authority RRs: 0
Additional RRs: 0
Queries
  ▾ www.ias.ru: type A, class IN
    Name: www.ias.ru
    [Name Length: 10]
    [Label Count: 3]
    Type: A (Host Address) (1)
    Class: IN (0x0001)

Answers
  ▾ www.ias.ru: type A, class IN, addr 81.195.71.197
    Name: www.ias.ru
    Type: A (Host Address) (1)
    Class: IN (0x0001)
    Time to live: 21599 (5 hours, 59 minutes, 59 seconds)
    Data length: 4
    Address: 81.195.71.197
[Request In: 114]
[Time: 0.046638395 seconds]

```

Рис. 23: DNS-ответ.

5.2 Ответы на вопросы

1. Почему адрес, на который отправлен DNS-запрос, не совпадает с адресом посещаемого сайта?
 - DNS-запрос отправляется не на адрес посещаемого сайта, а на адрес DNS-сервера, чтобы узнать IP сайта по его доменному имени.
2. Какие бывают типы DNS-запросов?
 - Итеративный - простой запрос определенному DNS-серверу, рекурсивный - DNS-сервер может обратиться рекурсивно к другим DNS-серверам, обратный - получение IP по доменному имени.
3. В какой ситуации нужно выполнять независимые DNS-запросы для получения содержащихся на сайте изображений?
 - Когда изображения представлены ссылками на ресурс с другим доменным именем, для этого придется делать DNS-запрос чтобы получить IP ресурса с изображением по доменному имени.

6 Анализ ARP трафика

Для отправки пакетов необходимо определить MAC-адрес роутера. Для этого компьютер отправляет широковещательное сообщение с ARP-запросом получателю с MAC-адресом FF:FF:FF:FF:FF:FF, которое принимается всеми компьютерами в сети, для получения MAC-

адреса устройства с IP-адресом 192.168.0.1. Как ответ роутер отправляет свой MAC-адрес, который заносится в ARP-таблицу. Структура запроса представлена на рисунке 24.

```
Frame 15: 42 bytes on wire (336 bits), 42 bytes captured (336 bits) on interface wlp4s0, id 0
Ethernet II, Src: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5), Dst: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Address Resolution Protocol (request)
```

Рис. 24: Структура запроса.

Все протоколы, кроме ARP, были рассмотрены выше.

6.1 Address Resolution Protocol

Это протокол сетевого уровня, содержит следующую информацию:

- **Hardware type : HTYPE** – тип канального протокола
- **Protocol type : PTYPE** – тип сетевого протокола
- **Hardware length : HLEN** – длина физического адреса в байтах
- **Protocol length : PLEN** – длина логического адреса в байтах
- **Opcode** – 1 - запрос, 2 - ответ
- **Sender MAC/IP address** – MAC/IP отправителя
- **Target MAC/IP address** – MAC/IP получателя (в случае запроса игнорируется)

Данные, переданные протоколом можно увидеть на рисунке 25.

```
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IPv4 (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: request (1)
Sender MAC address: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
Sender IP address: 192.168.0.105
Target MAC address: 00:00:00_00:00:00 (00:00:00:00:00:00)
Target IP address: 192.168.0.1
```

Рис. 25: ARP-запрос.

Ответ приходит на адрес, указанный в запросе, поле **Target MAC address** заполняется MAC-адресом роутера. Это можно увидеть на рисунке 26.

```
Hardware type: Ethernet (1)
Protocol type: IPv4 (0x0800)
Hardware size: 6
Protocol size: 4
Opcode: reply (2)
Sender MAC address: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae)
Sender IP address: 192.168.0.1
Target MAC address: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
Target IP address: 192.168.0.105
```

Рис. 26: ARP-ответ.

6.2 Ответы на вопросы

1. Какие MAC-адреса присутствуют в захваченных пакетах ARP-протокола? Что означают эти адреса? Какие устройства они идентифицируют?
 - c0 b5 d7 64 e6 c5 : компьютер
 - cc 32 e5 3d 06 ae : роутер
 - FF FF FF FF FF FF : широковещательный адрес
2. Какие MAC-адреса присутствуют в захваченных HTTP-пакетах и что означают эти адреса? Что означают эти адреса? Какие устройства они идентифицируют?
 - c0 b5 d7 64 e6 c5 : компьютер
 - cc 32 e5 3d 06 ae : роутер
3. Для чего ARP-запрос содержит IP-адрес источника?
Благодаря тому, что запрос широковещательный, другие устройства в сети могут внести в свои ARP-таблицы информацию о MAC-адресе роутера.

7 Анализ трафика утилиты nslookup

Для выполнения этого задания был выбран сайт `ias.ru` и его NS-сервер `dns0.mtu.ru`.

7.1 nslookup: DNS

Отправляются два запроса, запрос типа **A**, для запроса IPv4-адреса, и типа **AAAA**, для запроса IPv6-адреса. Первый аналогичен тому, который рассмотрен в секции **Анализ DNS трафика**, поэтому рассмотрим подробнее второй запрос. На рисунке 27 можно увидеть структуру второго запроса, но что указывает поле **type**, равное **AAAA**.

```

Transaction ID: 0xb52b
▼ Flags: 0x0100 Standard query
  0... .. = Response: Message is a query
  .000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
  .... 0... .. = Truncated: Message is not truncated
  .... 1... .. = Recursion desired: Do query recursively
  .... 0... .. = Z: reserved (0)
  .... 0... .. = Non-authenticated data: Unacceptable
Questions: 1
Answer RRs: 0
Authority RRs: 0
Additional RRs: 0
▼ Queries
  ▼ www.ias.ru: type AAAA, class IN
    Name: www.ias.ru
    [Name Length: 10]
    [Label Count: 3]
    Type: AAAA (IPv6 Address) (28)
    Class: IN (0x0001)
\[Response In: 15\]

```

Рис. 27: Структура запроса.

Ответ на запрос содержит код **No error**, однако не содержит ответа на запрос, что можно увидеть на рисунке 28.

```

Transaction ID: 0xb52b
▼ Flags: 0x8180 Standard query response, No error
  1... .. = Response: Message is a response
  .000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
  .... 0... .. = Authoritative: Server is not an authority for domain
  .... 0... .. = Truncated: Message is not truncated
  .... 1... .. = Recursion desired: Do query recursively
  .... 1... .. = Recursion available: Server can do recursive queries
  .... 0... .. = Z: reserved (0)
  .... 0... .. = Answer authenticated: Answer/authority portion was not authenticated by the server
  .... 0... .. = Non-authenticated data: Unacceptable
  .... 0000 .. = Reply code: No error (0)
Questions: 1
Answer RRs: 0
Authority RRs: 1
Additional RRs: 0
▼ Queries
  ▼ www.ias.ru: type AAAA, class IN
    Name: www.ias.ru
    [Name Length: 10]
    [Label Count: 3]
    Type: AAAA (IPv6 Address) (28)
    Class: IN (0x0001)
  ▼ Authoritative nameservers
    ▼ ias.ru: type SOA, class IN, mname dns0.mtu.ru
      Name: ias.ru
      Type: SOA (Start Of a zone of Authority) (6)
      Class: IN (0x0001)
      Time to live: 832 (13 minutes, 52 seconds)
      Data length: 44
      Primary name server: dns0.mtu.ru
      Responsible authority's mailbox: hostmaster.mtu.ru
      Serial Number: 2004051209
      Refresh Interval: 3600 (1 hour)
      Retry Interval: 900 (15 minutes)
      Expire limit: 3600000 (41 days, 16 hours)
      Minimum TTL: 86400 (1 day)
\[Request In: 14\]
[Time: 0.008144877 seconds]

```

Рис. 28: Структура ответа.

В ответ включена информация о SOA сервере, согласно спецификации.

Name servers authoritative for a zone MUST include the SOA record of the zone in the authority section of the response when reporting an NXDOMAIN or indicating that no data of the requested type exists. This is required so that the response may be cached. The TTL of this record is set from the minimum of the MINIMUM field of the SOA record and the TTL of the SOA itself, and indicates how long a resolver may cache the negative answer. The TTL SIG record associated with the SOA record should also be trimmed in line with the SOA's TTL.

7.2 nslookup -type=NS: DNS

Данный запрос запрашивает авторитативный DNS-сервер для данного доменного имени. Структуру запроса можно увидеть на рисунке 29.

```
Transaction ID: 0x9206
▼ Flags: 0x0100 Standard query
  0... .. = Response: Message is a query
  .000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
  .... ..0. .... = Truncated: Message is not truncated
  .... ..1 .... = Recursion desired: Do query recursively
  .... ..0... .. = Z: reserved (0)
  .... ..0 .... = Non-authenticated data: Unacceptable
Questions: 1
Answer RRs: 0
Authority RRs: 0
Additional RRs: 0
▼ Queries
  ▼ ias.ru: type NS, class IN
    Name: ias.ru
    [Name Length: 6]
    [Label Count: 2]
    Type: NS (authoritative Name Server) (2)
    Class: IN (0x0001)
\[Response In: 12\]
```

Рис. 29: Структура запроса.

В ответе содержится информация о DNS-серверах для этого доменного имени, что можно увидеть на рисунке 30.

```

Transaction ID: 0x9206
▼ Flags: 0x8180 Standard query response, No error
  1... .. = Response: Message is a response
  .000 0... .. = Opcode: Standard query (0)
  .... 0... .. = Authoritative: Server is not an authority for domain
  .... 0... .. = Truncated: Message is not truncated
  .... 1... .. = Recursion desired: Do query recursively
  .... 1... .. = Recursion available: Server can do recursive queries
  .... 0... .. = Z: reserved (0)
  .... 0... .. = Answer authenticated: Answer/authority portion was not authenticated by the server
  .... 0... .. = Non-authenticated data: Unacceptable
  .... 0000 = Reply code: No error (0)
Questions: 1
Answer RRs: 2
Authority RRs: 0
Additional RRs: 0
▼ Queries
  ▼ ias.ru: type NS, class IN
    Name: ias.ru
    [Name Length: 6]
    [Label Count: 2]
    Type: NS (authoritative Name Server) (2)
    Class: IN (0x0001)
▼ Answers
  ▼ ias.ru: type NS, class IN, ns dns1.mtu.ru
    Name: ias.ru
    Type: NS (authoritative Name Server) (2)
    Class: IN (0x0001)
    Time to live: 21599 (5 hours, 59 minutes, 59 seconds)
    Data length: 11
    Name Server: dns1.mtu.ru
  ▼ ias.ru: type NS, class IN, ns dns0.mtu.ru
    Name: ias.ru
    Type: NS (authoritative Name Server) (2)
    Class: IN (0x0001)
    Time to live: 21599 (5 hours, 59 minutes, 59 seconds)
    Data length: 7
    Name Server: dns0.mtu.ru
[Request In: 11]
[Time: 0.027390500 seconds]

```

Рис. 30: Структура ответа.

7.3 Ответы на вопросы

1. Чем различается трасса трафика в п.2 и п.4, указанных выше?
 - В первом случае `nslookup` запрашивает IPv4 и IPv6 адреса доменного имени, во втором - информацию о авторитативных DNS-серверах.
2. Что содержится в поле «Answers» DNS-ответа?
 - Ответы на запросы, которые указаны в `Queries`.
3. Каковы имена серверов, возвращающих авторитативный (authoritative) отклик?
 - `dns0.mtu.ru` и `dns1.mtu.ru`.

8 Анализ FTP-трафика

Протокол прикладного уровня для передачи файлов.

8.1 FTP-трафик

Для примера рассмотрим запрос на получение текущей директории PWD. Его можно увидеть на рисунке 31.

```
▼ File Transfer Protocol (FTP)
  ▼ PWD\r\n
    Request command: PWD
    [Current working directory: ]
```

Рис. 31: Структура запроса.

В ответ получаем код 257 : `PATHNAME created`, а в аргументах текущая директория. Это можно увидеть на рисунке 32.

```
▼ File Transfer Protocol (FTP)
  ▼ 257 "/" is the current directory\r\n
    Response code: PATHNAME created (257)
    Response arg: "/" is the current directory
    [Current working directory: /]
```

Рис. 32: Структура ответа.

Сообщения, которыми обменялись клиент (C) и сервер (S), чтобы осуществить передачу файла:

1. C : USER anonymous // запрос анонимного доступа
2. S : 331 Anonymous login ok, ... // подтверждение анонимного доступа, запрос пароля
3. C : PASS mozilla@example.com // запрос доступа с email в виде пароля
4. S : 230 Anonymous access granted // подтверждение доступа
5. C : SYST // запрос типа системы
6. S : 215 UNIX Type: L8 // ответ типа системы
7. C : FEAT // запрос доступных операций
8. S : 550 FEAT: Operation not permitted // permission denied
9. C : PWD // запрос текущей директории
10. S : 257 "/" is a current directory // текущая директория
11. C : TYPE I // бинарный тип передачи данных
12. S : 200 Type set to I // подтверждение типа передачи данных
13. C : PASV // переход в пассивный режим

14. S : 227 Entering Passive Mode (128,10,252,10,197,23). // сервер ожидает подключения на 128.10.252.10:50455.
15. C : SIZE /path/to/file // запрос размера файла
16. S : 550 ... // permission denied
17. C : MDTM // запрос времени последнего изменения файла
18. S : 550 ... // permission denied
19. C : RETR /path/to/file/ // запрос на скачивание
20. S : 150 ... // открытие data-соединения
21. S : FTP-DATA // передача файла
22. S : 226 Transfer complete // завершение передачи

Содержимое FTP-DATA можно увидеть на рисунке 33.

```

FTP Data (984 bytes data)
[Setup frame: 59]
[Setup method: PASV]
[Command: SIZE /pub/advisories/cert/cert_advisories/Patches/CA-98.05_Topic.1_BIND8_patch.txt]
Command frame: 60
[Current working directory: /]
Line-based text data (36 lines)
\n
This file contains the source code patch to BIND v8 for the problem\n
described in CA-98.05, "Multiple Vulnerabilities in BIND", Topic 1.\n
\n
*** ns_req.c    1997/06/09 17:46:59      8.39\n
--- ns_req.c    1998/03/23 23:27:41\n
*****\n
*** 1011,1017 ****\n
    */\n
    switch (type) {\n
    case T_A:\n
!         if (!ns_option_p(OPTION_FAKE_IQUERY))\n
            return (Refuse);\n
            break;\n
    default:\n
--- 1011,1017 ----\n
    */\n
    switch (type) {\n
    case T_A:\n
!         if (!ns_option_p(OPTION_FAKE_IQUERY) || dlen != INT32SZ)\n
            return (Refuse);\n
            break;\n
    default:\n
*****\n
*** 1022,1027 ****\n
--- 1022,1029 ----\n
\n
    fname = (char *)msg + HFIXEDSZ;\n
    alen = (char *)*cpp - fname;\n
+    if ((size_t)alen > sizeof anbuf)\n
+        return (Refuse);\n
    memcpy(anbuf, fname, alen);\n
    data = anbuf + alen - dlen;\n
    *cpp = (u_char *)fname;\n
\n
\n

```

Рис. 33: Содержимое FTP-DATA.

8.2 Ответы на вопросы

1. Сколько байт данных содержится в пакете FTP-DATA?
 - MTU - 1500 байт, без заголовка IP (20 байт) и заголовка TCP (20 байт), для данных остается 1460 байт.
2. Как выбирается порт транспортного уровня, который используется для передачи FTP-пакетов?
 - У клиента - порт в диапазоне 1024-65535, на сервере - 21.
3. Чем отличаются пакеты FTP от FTP-DATA?
 - Первый необходим для передачи команд и ответов, второй - непосредственно данных

9 Анализ DHCP-трафика

Протокол динамической настройки узла сети, позволяющий динамически запрашивать и получать от сервера IP-адрес на какое-время. Это позволяет лучше утилизировать ресурсы сети, при этом устройство раз в какое-то время будет запрашивать у сервера новый IP-адрес. Временная диаграмма этого процесса изображена на рисунке 34.

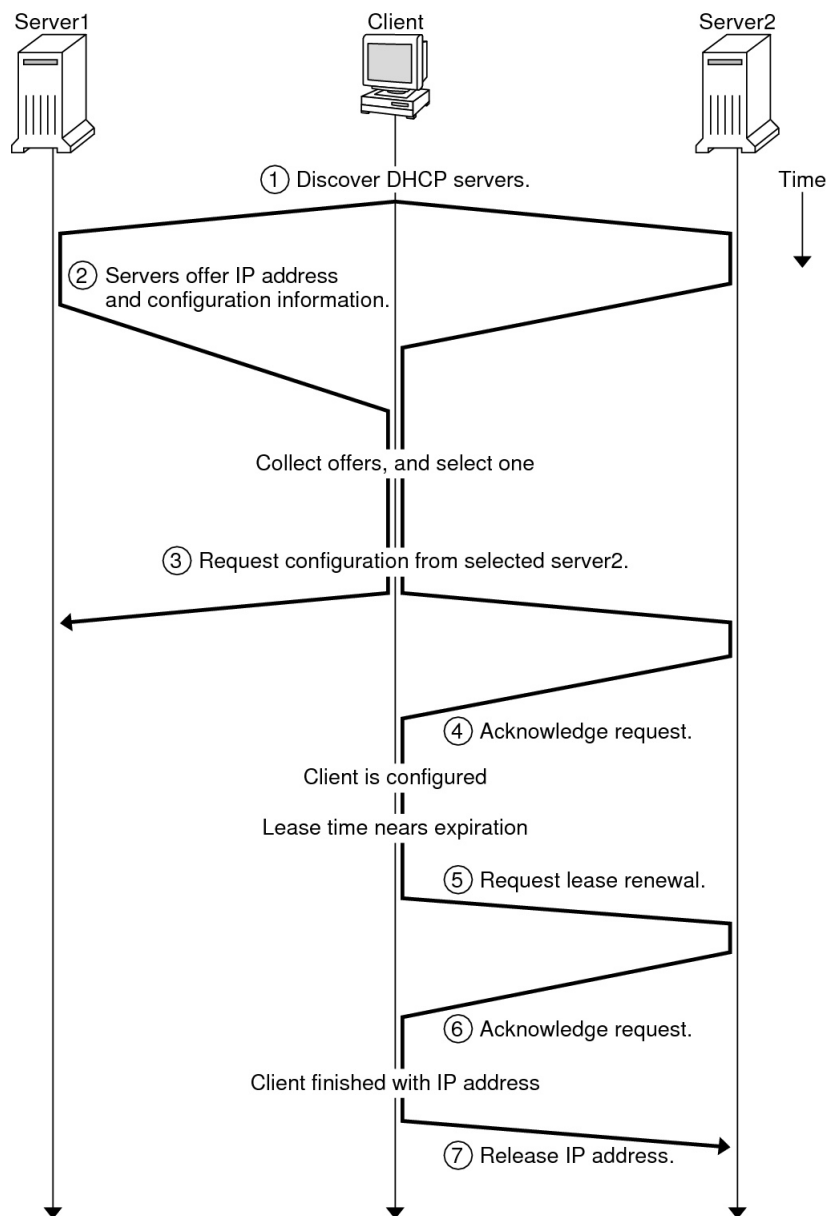


Рис. 34: Диаграмма запроса временного IP-адреса.

1. **Release** : клиент сообщает серверу об освобождении адреса.
2. **Discover** : клиент отправляет широковещательное сообщение о необходимости предоставления нового адреса.
3. **Offer** : один или несколько серверов отправляют клиенту сообщение с доступным адресом и другими параметрами сети.
4. **Request** : клиент запрашивает адрес у одного из серверов, остальные освобождают зарезервированные под эту транзакцию адреса.
5. **ACK** : сервер сообщает клиенту об успешном завершении транзакции и о времени, на которое выдан адрес и через которое нужно повторить операцию.

Этот процесс повторился дважды для этой секции, это можно увидеть на рисунке 35.

1	0.00000000	192.168.0.105	192.168.0.1	DHCP	342	DHCP Release	- Transaction ID 0x5b1d1565
4	0.279075857	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover	- Transaction ID 0x4d6cf556
5	0.305038712	192.168.0.1	192.168.0.105	DHCP	590	DHCP Offer	- Transaction ID 0x4d6cf556
6	0.305342039	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request	- Transaction ID 0x4d6cf556
9	1.043608411	192.168.0.1	192.168.0.105	DHCP	590	DHCP ACK	- Transaction ID 0x4d6cf556
220	5.779037013	192.168.0.105	192.168.0.1	DHCP	342	DHCP Release	- Transaction ID 0x97190135
222	5.980026845	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Discover	- Transaction ID 0x4d41f345
224	6.104600897	192.168.0.1	192.168.0.105	DHCP	590	DHCP Offer	- Transaction ID 0x4d41f345
225	6.104842260	0.0.0.0	255.255.255.255	DHCP	342	DHCP Request	- Transaction ID 0x4d41f345
227	6.675226526	192.168.0.1	192.168.0.105	DHCP	590	DHCP ACK	- Transaction ID 0x4d41f345

Рис. 35: Последовательность DHCP-запросов.

9.1 DHCP

В качестве примера запроса рассмотрим запрос типа **Request**. IP-адрес на уровне **Ethernet** 255.255.255.255, то есть сообщение передается всем устройствам в сети. В него входит следующая информация:

1. тип сообщения: 1 запрос, 2 ответ сервера
2. тип канального протокола
3. длина адреса канального протокола
4. количество маршрутизаторов, пройденных сообщением
5. уникальный идентификатор, генерируется при **Discover**, сохраняется вплоть до **ACK**
6. количество времени с начала транзакции
7. флаги **bootp**, не выставляются
8. IP-адрес клиента
9. предложенный сервером IP.
10. IP-адрес сервера
11. IP-адрес промежуточного узла
12. адрес канального уровня клиента (MAC)
13. имя хоста сервера
14. имя загрузочного файла (bootp legacy)
15. magic cookie - 0x63825363

Это можно увидеть на рисунке 36.

```

Message type: Boot Request (1)
Hardware type: Ethernet (0x01)
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x4d6cf556
Seconds elapsed: 0
▼ Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    0... .... = Broadcast flag: Unicast
    .000 0000 0000 0000 = Reserved flags: 0x0000
Client IP address: 0.0.0.0
Your (client) IP address: 0.0.0.0
Next server IP address: 0.0.0.0
Relay agent IP address: 0.0.0.0
Client MAC address: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
Client hardware address padding: 00000000000000000000
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: DHCP
▼ Option: (53) DHCP Message Type (Request)
    Length: 1
    DHCP: Request (3)
▼ Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.0.1)
    Length: 4
    DHCP Server Identifier: 192.168.0.1
▼ Option: (50) Requested IP Address (192.168.0.105)
    Length: 4
    Requested IP Address: 192.168.0.105
▼ Option: (55) Parameter Request List
    Length: 13
    Parameter Request List Item: (1) Subnet Mask
    Parameter Request List Item: (28) Broadcast Address
    Parameter Request List Item: (2) Time Offset
    Parameter Request List Item: (121) Classless Static Route
    Parameter Request List Item: (15) Domain Name
    Parameter Request List Item: (6) Domain Name Server
    Parameter Request List Item: (12) Host Name
    Parameter Request List Item: (40) Network Information Service Domain
    Parameter Request List Item: (41) Network Information Service Servers
    Parameter Request List Item: (42) Network Time Protocol Servers
    Parameter Request List Item: (26) Interface MTU
    Parameter Request List Item: (119) Domain Search
    Parameter Request List Item: (3) Router
▼ Option: (61) Client identifier
    Length: 23
    IAID: d764e6c5
    DUID Type: Unknown (4)
▼ Option: (255) End
    Option End: 255
    Padding: 00000000

```

Рис. 36: Структура запроса.

В ответ приходит сообщение типа АСК, в котором, помимо прочего, еще раз записан выданный IP-адрес и время, на которое он выдан (параметр IP Address Lease Time, равное в данном случае 7200 секунд или 2 часа). Это можно увидеть на рисунке 37.

```
Message type: Boot Reply (2)
Hardware type: Ethernet (0x01)
Hardware address length: 6
Hops: 0
Transaction ID: 0x4d6cf556
Seconds elapsed: 0
✓ Bootp flags: 0x0000 (Unicast)
    0... .. = Broadcast flag: Unicast
    .000 0000 0000 0000 = Reserved flags: 0x0000
Client IP address: 0.0.0.0
Your (client) IP address: 192.168.0.105
Next server IP address: 0.0.0.0
Relay agent IP address: 0.0.0.0
Client MAC address: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
Client hardware address padding: 0000000000000000000000
Server host name not given
Boot file name not given
Magic cookie: DHCP
✓ Option: (53) DHCP Message Type (ACK)
    Length: 1
    DHCP: ACK (5)
✓ Option: (54) DHCP Server Identifier (192.168.0.1)
    Length: 4
    DHCP Server Identifier: 192.168.0.1
✓ Option: (51) IP Address Lease Time
    Length: 4
    IP Address Lease Time: (7200s) 2 hours
✓ Option: (1) Subnet Mask (255.255.255.0)
    Length: 4
    Subnet Mask: 255.255.255.0
✓ Option: (3) Router
    Length: 4
    Router: 192.168.0.1
✓ Option: (6) Domain Name Server
    Length: 4
    Domain Name Server: 192.168.0.1
✓ Option: (255) End
    Option End: 255
Padding: 00000000000000000000000000000000000000000000000000000
```

Рис. 37: Структура ответа.

9.2 Ответы на вопросы

1. Как и почему менялись адреса MAC- и IP-адреса источника и назначения в переданных DHCP-пакетах?
 - До присвоения IP-адреса, адрес клиента считается равным 0.0.0.0 (в запросах **Discover** и **Request**), на момент запроса **Release** клиент имеет старый IP, после **ACK** - новый, выданный сервером.
2. Каков IP-адрес DHCP-сервера?
 - 192.168.0.1.
3. Что произойдет, если очистить использованный фильтр **bootp**?
 - **Wireshark** отобразит все пакеты, захваченные в текущей сессии.

10 Анализ Skype-трафика

10.1 Текстовые сообщения

Для передачи текстовых сообщений **Skype** использует TCP с TLS-шифрованием, что можно увидеть на рисунке 38.

235	8.932687381	192.168.0.105	20.185.212.106	TLSv1.2	1247	Application Data
238	9.294785427	20.185.212.106	192.168.0.105	TLSv1.2	781	Application Data
244	9.300554035	192.168.0.105	20.185.212.106	TLSv1.2	4047	Application Data

▶ Frame 238: 781 bytes on wire (6248 bits), 781 bytes captured (6248 bits) on interface wlp4s0, id 0
 ▶ Ethernet II, Src: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae), Dst: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
 ▶ Internet Protocol Version 4, Src: 20.185.212.106, Dst: 192.168.0.105
 ▼ Transmission Control Protocol, Src Port: 443, Dst Port: 45750, Seq: 6018, Ack: 24185, Len: 727

Source Port: 443
 Destination Port: 45750
 [Stream index: 3]
 [TCP Segment Len: 727]
 Sequence number: 6018 (relative sequence number)
 Sequence number (raw): 762212727
 [Next sequence number: 6745 (relative sequence number)]
 Acknowledgment number: 24185 (relative ack number)
 Acknowledgment number (raw): 13811734
 0101 = Header Length: 20 bytes (5)
 ▼ Flags: 0x018 (PSH, ACK)
 000. = Reserved: Not set
 ...0 = Nonce: Not set
 0... = Congestion Window Reduced (CWR): Not set
 0.. = ECN-Echo: Not set
 0. = Urgent: Not set
 1 = Acknowledgment: Set
 1... = Push: Set
 0.. = Reset: Not set
 0. = Syn: Not set
 0 = Fin: Not set
 [TCP Flags:AP...]
 Window size value: 2053
 [Calculated window size: 2053]
 [Window size scaling factor: -1 (unknown)]
 Checksum: 0x6095 [unverified]
 [Checksum Status: Unverified]
 Urgent pointer: 0
 ▼ [SEQ/ACK analysis]
 [Bytes in flight: 727]
 [Bytes sent since last PSH flag: 727]
 ▼ [Timestamps]
 [Time since first frame in this TCP stream: 8.631797581 seconds]
 [Time since previous frame in this TCP stream: 0.000023079 seconds]
 TCP payload (727 bytes)
 ▼ Transport Layer Security
 ▼ TLSv1.2 Record Layer: Application Data Protocol: http-over-tls
 Content Type: Application Data (23)
 Version: TLS 1.2 (0x0303)
 Length: 722
 Encrypted Application Data: 0000000000000001dff8f5561aa7c79a7b4c193f111507b4f...

Рис. 38: Передача текстовых данных Skype.

10.2 Аудио-данные

Для передачи аудио-данных Skype использует UDP, что можно увидеть на рисунке 39.

390	10.491400023	87.101.95.99	192.168.0.105	UDP	152	59651 → 8460	Len=110
391	10.496319571	87.101.95.99	192.168.0.105	UDP	126	59651 → 8460	Len=84
392	10.503473731	192.168.0.105	87.101.95.99	UDP	116	8460 → 59651	Len=74

Frame 391: 126 bytes on wire (1008 bits), 126 bytes captured (1008 bits) on interface wlp4s0, id 0
 Ethernet II, Src: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae), Dst: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
 Internet Protocol Version 4, Src: 87.101.95.99, Dst: 192.168.0.105
 User Datagram Protocol, Src Port: 59651, Dst Port: 8460
 Source Port: 59651
 Destination Port: 8460
 Length: 92
 Checksum: 0xc103 [unverified]
 [Checksum Status: Unverified]
 [Stream index: 11]
 [Timestamps]
 [Time since first frame: 5.281150868 seconds]
 [Time since previous frame: 0.004919548 seconds]

Data (84 bytes)
 Data: 9068469f0e30a1e70000f695bede000112c81fd0a6c77bfc...
 [Length: 84]

Рис. 39: Передача аудио-данных Skype.

Пакеты с аудио-данными при моих настройках качества не превышали 200 байт.

10.3 Видео-данные

Для передачи видео-данных **Skype** также использует **UDP**, что можно увидеть на рисунке 40.

93	9.012065650	87.101.95.99	192.168.0.105	UDP	1256	59651 → 8460	Len=1214
94	9.012130202	87.101.95.99	192.168.0.105	UDP	1256	59651 → 8460	Len=1214
95	9.012134548	52.114.76.2	192.168.0.105	UDP	1115	3478 → 51663	Len=1073
108	9.016202217	192.168.0.105	87.101.95.99	UDP	1256	8460 → 59651	Len=1214
109	9.016206807	192.168.0.105	87.101.95.99	UDP	1256	8460 → 59651	Len=1214
111	9.018203141	192.168.0.105	52.114.76.2	UDP	1275	51663 → 3478	Len=1233

```

Frame 93: 1256 bytes on wire (10048 bits), 1256 bytes captured (10048 bits) on interface wlp4s0, id 0
  Ethernet II, Src: Tp-LinkT_3d:06:ae (cc:32:e5:3d:06:ae), Dst: Chongqin_64:e6:c5 (c0:b5:d7:64:e6:c5)
  Internet Protocol Version 4, Src: 87.101.95.99, Dst: 192.168.0.105
  User Datagram Protocol, Src Port: 59651, Dst Port: 8460
    Source Port: 59651
    Destination Port: 8460
    Length: 1222
    Checksum: 0x63ee [unverified]
    [Checksum Status: Unverified]
    [Stream index: 11]
    [Timestamps]
      [Time since first frame: 3.796896947 seconds]
      [Time since previous frame: 0.000336501 seconds]
  Data (1214 bytes)
    Data: 80c9012b0000f6959c623f35eadb53965686c0d25a3cd907...
    [Length: 1214]
  
```

Рис. 40: Передача видео-данных Skype.

10.4 Ответы на вопросы

1. Чем отличаются пакеты разных видов Skype-трафика?
 - Текст передается через TCP с шифрованием, а аудио и видео через UDP, причем через один и тот же порт. На практике порт 443 использовался для передачи текста и порт 59651 для передачи аудио и видео данных.

2. Какой Wireshark-фильтр следует использовать для независимой идентификации Skype-трафика разных видов?

– Для идентификации текстовых данных - `tls.record.content_type == "Applicationdata"`, пакеты, переданные с использованием шифрования TLS и являющиеся данными приложения, а не метаданными соединения. Не смотря на то, что для передачи текстовых данных Skype всегда использует порт 443, фильтровать по нему нецелесообразно, так как этот порт могут использовать и другие приложения.

Для идентификации аудио и видео данных можно воспользоваться фильтром `udp`, порт выбирается случайно, но если известно его значение для текущей сессии, то можно применить фильтр `udp.port == port`.

В свою очередь разделить аудио и видео данные легко можно по размеру пакета - для моей сессии размеры пакетов с аудио данными не превышали 200 байт, в то время как видео данные весят заметно больше, что можно увидеть на рисунке 41. (`udp.port == port && udp.length > / < max_text_length`)

2514	20.615571823	192.168.0.105	87.101.95.99	UDP	1136	8460 → 59651	Len=1094
2515	20.615593254	192.168.0.105	87.101.95.99	UDP	1136	8460 → 59651	Len=1094
2518	20.621214308	192.168.0.105	87.101.95.99	UDP	114	8460 → 59651	Len=72
2519	20.621848710	87.101.95.99	192.168.0.105	UDP	143	59651 → 8460	Len=101

Рис. 41: Аудио- и видео-трафик Skype.