

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ
им. проф. М. А. БОНЧ-БРУЕВИЧА»
(СПбГУТ)**

С. С. Владимиров

**ПРОТОКОЛЫ, СЕРВИСЫ И УСЛУГИ
В IP-СЕТЯХ**

Практикум

СПб ГУТ)))

**Санкт-Петербург
2018**

УДК XXX.XXX.X (XXX)

ББК XX.XX хХХ

В 57

Рецензенты
доцент кафедры СС и ПД,
кандидат технических наук *Д. С. Кукунин*

*Утверждено редакционно-издательским советом СПбГУТ
в качестве учебного пособия*

Владимиров, С. С.

В 57 Протоколы, сервисы и услуги в IP-сетях : практикум / С. С. Владимиров ;
СПбГУТ. — СПб, 2018. — 79 с.

Призвано ознакомить студентов старших курсов с протоколами и службами IP-сетей. Представленный материал служит справочным и методическим пособием при выполнении курса практических работ по дисциплинам «Протоколы, сервисы и услуги в IP-сетях» и «Интернет — протоколы, сервисы и услуги».

Предназначено для студентов, обучающихся по направлениям 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» и 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

**УДК XXX.XXX.X (XXX)
ББК XX.XX хХХ**

- © Владимиров С. С., 2018
- © Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М. А. Бонч-Бруевича», 2018

Содержание

Практическая работа 1. Оценка избыточности технологий пакетной передачи данных для компьютерных сетей	5
1.1. Цель работы.	5
1.2. Теоретические сведения.	5
1.3. Порядок выполнения задания	10
1.4. Контрольные вопросы	11
Практическая работа 2. Расчет задержек при выборе конфигурации сети Ethernet	12
2.1. Цель работы.	12
2.2. Теоретические сведения.	12
2.3. Порядок выполнения задания	22
2.4. Контрольные вопросы	25
Практическая работа 3. Адресация IPv4	26
3.1. Цель работы.	26
3.2. Теоретические сведения.	26
3.3. Порядок выполнения задания	27
3.4. Контрольные вопросы	29
Бланк к практической работе 3.	30
Практическая работа 4. Расчет контрольной суммы заголовка протокола IP	32
4.1. Цель работы.	32
4.2. Теоретические сведения.	32
4.3. Порядок выполнения задания	34
4.4. Контрольные вопросы	38
Практическая работа 5. Формирование пакета ARP	39
5.1. Цель работы.	39
5.2. Теоретические сведения.	39
5.3. Порядок выполнения задания	42
5.4. Контрольные вопросы	46
Бланк к практической работе 5.	47

Практическая работа 6. Формат пакета и контрольная сумма протокола ICMP	48
6.1. Цель работы	48
6.2. Теоретические сведения	48
6.3. Порядок выполнения задания	49
6.4. Контрольные вопросы	54
Практическая работа 7. Адресация IPv6	55
7.1. Цель работы	55
7.2. Теоретические сведения	55
7.3. Порядок выполнения задания	61
7.4. Контрольные вопросы	65
Бланк к практической работе 7.	66
Практическая работа 8. Расчет контрольной суммы заголовка протоколов транспортного уровня TCP и UDP	67
8.1. Цель работы	67
8.2. Теоретические сведения	67
8.3. Порядок выполнения задания	69
8.4. Контрольные вопросы	77

Практическая работа 1

Оценка избыточности технологий пакетной передачи данных для компьютерных сетей

1.1. Цель работы

Ознакомиться со структурой кадров основных технологий пакетной передачи данных для компьютерных сетей. Научиться разбивать заданный блок данных на кадры и оценивать избыточность полученного набора кадров.

1.2. Теоретические сведения

1.2.1. Технология Ethernet. Структура кадра

Ethernet — семейство технологий пакетной передачи данных для компьютерных сетей.

Стандарты Ethernet определяют проводные соединения и электрические сигналы на физическом уровне, формат кадров и протоколы управления доступом к среде — на канальном уровне модели OSI. Ethernet в основном описывается стандартами IEEE группы 802.3.

Существует несколько вариантов структуры кадров Ethernet. Далее они будут рассмотрены в порядке их появления.

Стандарт Ethernet II (DIX¹) был опубликован в 1982 г. В 1997 г. году данный стандарт был добавлен IEEE к стандарту 802.3, и на данный момент большинство пакетов в Ethernet сетях построены согласно этому стандарту. Структура кадра Ethernet II показана на рис. 1.1.

Preamble	Dest. MAC	Src. MAC	EtherType	Data	FSC	IFG
8 bytes	6 bytes	6 bytes	2 bytes	46-1500 bytes	4	12

Рис. 1.1. Структура кадра Ethernet II (DIX)

1. Preamble. 8 байт. Преамбула. Используется для синхронизации.
2. Destination MAC. 6 байт. MAC-адрес назначения.
3. Source MAC. 6 байт. MAC-адрес источника.
4. EtherType. 2 байта. Содержит код типа протокола верхнего уровня. Например, 0x0800 для протокола IP.
5. Data. 46–1500 байт. Поле данных. Минимальная длина поля составляет 46 байт, что требуется для корректной работы механизма обнаружения коллизий. Если данных не хватает, то добавляется поле заполнения, чтобы обеспечить минимальную длину поля данных (46 байт).

¹ Аббревиатура первых букв названий фирм-разработчиков DEC, Intel, Xerox

6. Frame Check Sequences (FCS). 4 байта. Контрольная сумма для выявления ошибок передачи. Используется код CRC-32.

7. Inter Frame Gap (IFG). 12 байт. Межкадровый интервал.

Стандарт Ethernet 802.3/802.2 (802.3 with LLC header) был разработан комитетом IEEE в 1983 г. (черновик) и принят в 1985 г. Структура кадра Ethernet 802.3/802.2 показана на рис. 1.2.

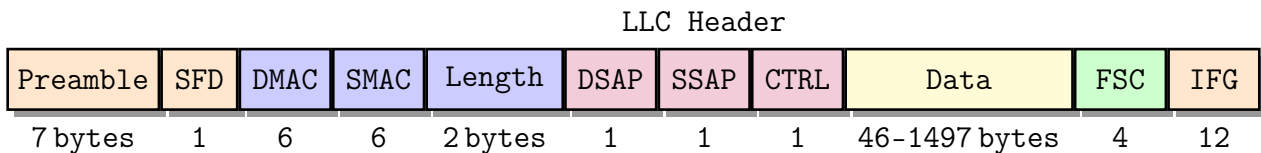


Рис. 1.2. Структура кадра Ethernet 802.3/802.2 (802.3 with LLC header)

1. Preamble. 7 байт. Преамбула. Используется для синхронизации.
2. Start of Frame Delimiter (SFD). 1 байт. Начало ethernet кадра.
3. Destination MAC. 6 байт. MAC-адрес назначения.
4. Source MAC. 6 байт. MAC-адрес источника.
5. Length. 2 байта. Длина фрейма — количество байт, следующее за этим полем и до поля FCS.

6. Destination Service Access Point (DSAP). 1 байт. Указывает тип протокола со стороны отправителя.

7. Source Service Access Point (SSAP). 1 байт. Указывает тип протокола со стороны получателя. На практике DSAP и SSAP обычно совпадают. Например, SAP для IP равен 6.

8. Control. 1 байт (2 байта в управляющих кадрах). Используется для обозначения типа кадра данных — информационный, управляющий или нумерованный. Кроме этого, в этом поле указываются порядковые номера отправленных и успешно принятых кадров, если подуровень LLC работает по процедуре LLC2 с установлением соединения.

Эти три поля DSAP, SSAP и Control образуют заголовок LLC.

9. Data. 46–1497 байт. Поле данных. Минимальная длина поля составляет 46 байт, что требуется для корректной работы механизма обнаружения коллизий. Если данных не хватает, то добавляется поле заполнения, чтобы обеспечить минимальную длину поля данных (46 байт).

10. Frame Check Sequences (FCS). 4 байта. Контрольная сумма для выявления ошибок передачи. Используется код CRC-32.

11. Inter Frame Gap (IFG). 12 байт. Межкадровый интервал.

Стандарт Ethernet 802.3 with SNAP header (Ethernet SNAP) также был разработан комитетом IEEE. Структура кадра Ethernet SNAP показана на рис. 1.3.

Отличия от Ethernet 802.3 with LLC:

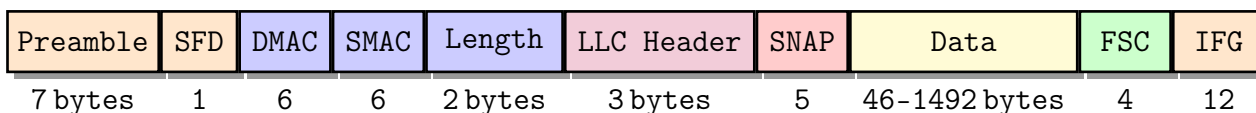


Рис. 1.3. Структура кадра Ethernet 802.3 with SNAP header

1. Subnetwork Access Protocol (SNAP). 5 байт. Состоит из двух частей: Organizationally Unique Identifier (OUI). 3 байта. Идентификатор организации или производителя. Совпадает с первыми 3-мя байтами MAC адреса отправителя.

Protocol ID (PID). 2 байта. Соответствует полю EtherType из Ethernet II. Для указания того, что тип вышестоящего протокола нужно смотреть в поле SNAP, поля DSAP и SSAP принимают фиксированное значение 0xAA.

2. Data. 46–1492 байта. Из-за введения поля SNAP максимальная длина поля данных ограничена 1492 байтами.

Стандарт Ethernet II with 802.1Q (802.3AC) предложен комитетом IEEE. Это открытый стандарт, который описывает процедуру тегирования трафика для передачи информации о принадлежности к VLAN. Тэг 802.1Q добавляется перед полем EtherType. Общая длина фрейма без учета преамбулы и межкадрового интервала увеличивается до 1522 байт. Структура кадра Ethernet 802.1Q показана на рис. 1.4.

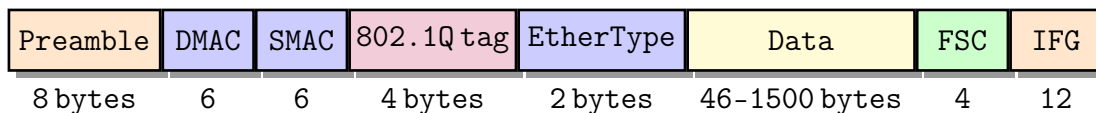


Рис. 1.4. Структура кадра Ethernet II with 802.1Q (802.3AC)

1.2.2. Frame Relay. Структура кадра

Frame relay — протокол канального уровня сетевой модели OSI. Максимальная скорость, допускаемая протоколом FR — 34,368 Мбит/с (каналы E3). Коммутация: точка-точка.

Frame Relay был создан в начале 1990-х в качестве замены протоколу X.25 для быстрых надёжных каналов связи, технология FR архитектурно основывалась на X.25 и во многом сходна с этим протоколом, однако в отличие от X.25, рассчитанного на линии с достаточно высокой частотой ошибок, FR изначально ориентировался на физические линии с низкой частотой ошибок, и поэтому большая часть механизмов коррекции ошибок X.25 в состав стандарта FR не вошла. Frame relay обеспечивает множество независимых виртуальных каналов (Virtual Circuits, VC) в одной линии связи, идентифицируемых в FR-сети по идентификаторам подключения к соединению (DLCI). Вместо средств управления потоком включает функции извещения о перегрузках в сети. Возможно назначение минимальной гарантированной скорости (CIR)

для каждого виртуального канала. В основном применяется при построении территориально распределённых корпоративных сетей, а также в составе решений, связанных с обеспечением гарантированной пропускной способности канала передачи данных (VoIP, видеоконференции и т. п.).

В технологии Frame Relay также существуют различные форматы кадров. Будем рассматривать только общий формат кадра. Он показан на рис. 1.5.

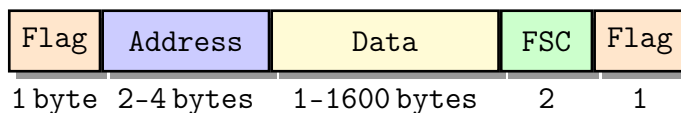


Рис. 1.5. Структура кадра Frame Relay

1. Flag. 1 байт. Это поле начинает и замыкает кадр. В качестве флага используется последовательность «01111110». Для предотвращения случайной имитации последовательности «флаг» внутри кадра при его передаче проверяется всё его содержание между двумя флагами и после каждой последовательности, состоящей из пяти идущих подряд бит «1», вставляется бит «0». Эта процедура (bit stuffing) обязательна при формировании любого кадра FR, при приёме эти биты «0» отбрасываются.

2. Address. 2–4 байт. Кроме собственно адресной информации, содержит также и дополнительные поля управления потоком данных и уведомлений о перегрузке канала. В зависимости от адресного пространства меняется величина поля. При расчетах размер поля принимать равным 4 байта.

3. Data. 1–1600 байт. Поле данных.

4. Frame Check Sequences (FCS). 2 байта. Служит для обнаружения ошибок. Формируется аналогично циклическому коду HDLC.

1.2.3. Token Ring. Структура кадра

Token Ring — протокол канального уровня модели OSI. Изначально технология была разработана компанией IBM в 1984 году. В 1985 году комитет IEEE 802 на основе этой технологии принял стандарт IEEE 802.5. Станции в локальной вычислительной сети Token Ring логически организованы в кольцевую топологию с данными, передаваемыми последовательно от одной кольцевой станции до другой с управляющим маркером, циркулирующим вокруг кольцевого доступа управления.

Существуют 2 модификации по скоростям передачи: 4 Мбит/с и 16 Мбит/с. В Token Ring 16 Мбит/с используется технология раннего освобождения маркера. Суть этой технологии заключается в том, что станция, «захватившая» маркер, по окончании передачи данных генерирует свободный маркер и запускает его в сеть. Попытки внедрить 100 Мбит/с технологию не увенчались коммерческим успехом. В настоящее время технология Token Ring считается устаревшей.

Формат информационного кадра приведен на рис. 1.6.

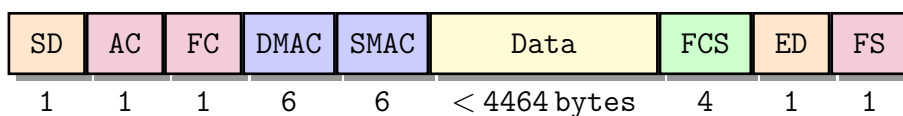


Рис. 1.6. Структура информационного кадра Token Ring

1. Start delimiter (SD). 1 байт. Флаг начала кадра.
2. Access-control byte (AC). 1 байт. Управление доступом.
3. Frame-control byte (FC). 1 байт. Управление кадром (0x01 для информационного кадра).
4. Destination MAC. 6 байт. MAC-адрес назначения.
5. Source MAC. 6 байт. MAC-адрес источника.
6. Data. До 4464 байт. Поле данных. Минимальная длина поля не определена, может быть равна нулю.
7. Frame Check Sequences (FCS). 4 байта. Контрольная сумма для выявления ошибок передачи. Используется код CRC-32.
8. End delimiter (ED). 1 байт. Флаг окончания кадра.
9. Frame Status (FS). 1 байт. Состояние кадра.

1.2.4. Расчет избыточности и полезной скорости передачи данных

Под *избыточностью* в данном случае будем понимать объем/долю служебной информации в передаваемом потоке данных.

Таким образом, можно выделить *абсолютную избыточность* D , определяемую как количество служебных байт (заголовки, флаги, контрольные суммы и т. п.) во всем объеме передаваемой информации. И *относительную избыточность* d , определяемую, как долю служебной информации в передаваемом потоке данных, и рассчитываемую по формуле

$$d = \frac{D}{N},$$

где N — полный размер передаваемых данных (и полезная информация, и служебная вместе).

Необходимо отметить, что для рассматриваемых в работе технологий пакетной передачи данных, относящихся к канальному уровню семиуровневой модели OSI, полезной информацией считается вся информация, поступающая с вышележащих уровней модели.

Для оценки полезной скорости передачи данных, можно использовать формулу

$$R_{\text{пол.}} = (1 - d) \cdot R,$$

где R — полная скорость передачи данных.

1.3. Порядок выполнения задания

1.3.1. Разбиение блока данных на кадры и расчет избыточности

1. Выбрать согласно своему номеру варианта размер блока данных и технологию передачи данных (табл. 1.1).
2. Определить количество кадров, требуемое для передачи заданного блока данных.
3. Рассчитать абсолютную избыточность D .
4. Рассчитать относительную избыточность d .

Таблица 1.1

Варианты задания 1.3.1 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№	Данные, байт	Технология	№	Данные, байт	Технология
1	6027	Ethernet II	16	7504	Eth. II 802.1Q
2	7499	Eth. 802.3 LLC	17	8996	Frame Relay
3	8979	Eth. 802.3 SNAP	18	10504	Token Ring
4	10485	Eth. II 802.1Q	19	12016	Ethernet II
5	11968	Frame Relay	20	7476	Eth. 802.3 LLC
6	6000	Token Ring	21	8979	Eth. 802.3 SNAP
7	7529	Ethernet II	22	10506	Eth. II 802.1Q
8	9012	Eth. 802.3 LLC	23	11995	Frame Relay
9	10466	Eth. 802.3 SNAP	24	9001	Token Ring
10	12013	Eth. II 802.1Q	25	4527	Ethernet II
11	7496	Frame Relay	26	8999	Eth. 802.3 LLC
12	8982	Token Ring	27	10487	Eth. 802.3 SNAP
13	10478	Ethernet II	28	11962	Eth. II 802.1Q
14	11996	Eth. 802.3 LLC	29	7525	Frame Relay
15	13465	Eth. 802.3 SNAP	30	6020	Token Ring

1.3.2. Оценка полезной скорости передачи данных

1. Выбрать согласно своему номеру варианта средний размер блока данных в передаваемых кадрах, технологию и скорость передачи данных (табл. 1.2).
2. Определить относительную избыточность.
3. Рассчитать полезную скорость передачи данных

Таблица 1.2

Варианты задания 1.3.2 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№	Данные байт	Технология	Скор. Мбит/с	№	Данные байт	Технология	Скор. Мбит/с
1	804	Eth. 802.3 SNAP	50	16	297	Token Ring	4
2	129	Eth. II 802.1Q	100	17	989	Ethernet II	10

Продолжение табл. 1.2

Варианты задания 1.3.2 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№	Данные байт	Технология	Скор. Мбит/с	№	Данные байт	Технология	Скор. Мбит/с
3	824	Frame Relay	30	18	751	Eth. 802.3 LLC	100
4	415	Token Ring	4	19	674	Eth. 802.3 SNAP	50
5	205	Ethernet II	10	20	582	Eth. II 802.1Q	100
6	627	Eth. 802.3 LLC	50	21	805	Frame Relay	34
7	337	Eth. 802.3 SNAP	85	22	902	Token Ring	16
8	443	Eth. II 802.1Q	100	23	489	Ethernet II	10
9	90	Frame Relay	34	24	434	Eth. 802.3 LLC	85
10	140	Token Ring	16	25	73	Eth. 802.3 SNAP	100
11	346	Ethernet II	50	26	837	Eth. II 802.1Q	50
12	819	Eth. 802.3 LLC	85	27	63	Frame Relay	31
13	315	Eth. 802.3 SNAP	100	28	927	Token Ring	16
14	859	Eth. II 802.1Q	40	29	520	Ethernet II	100
15	727	Frame Relay	23	30	71	Eth. 802.3 LLC	85

1.4. Контрольные вопросы

1. Технология и формат кадра Ethernet II DIX.
2. Формат кадра Ethernet 802.3/802.2 (802.3 with LLC header)
3. Формат кадра 802.3 with SNAP header (Ethernet SNAP)
4. Формат кадра Ethernet II with 802.1Q (802.3AC)
5. Технология и формат кадра Frame Relay
6. Технология и формат кадра Token Ring
7. Избыточность при передаче данных и ее определение.

Практическая работа 2

Расчет задержек при выборе конфигурации сети Ethernet

2.1. Цель работы

Ознакомиться с принципами построения сети Ethernet с использованием повторителей. Научиться оценивать задержки при передаче данных по сети Ethernet, построенной с использованием повторителей.

2.2. Теоретические сведения

2.2.1. Оценка конфигурации сети Ethernet (10 Мбит/с)

При выборе конфигурации сети Ethernet, состоящей из сегментов различных типов, возникают вопросы, связанные с максимально допустимым размером (диаметром) сети и максимально возможным числом различных элементов. Сеть будет работоспособной только в том случае, если задержка распространения сигнала в ней не превысит предельной величины. Это определяется выбранным методом управления обменом CSMA/CD, основанном на обнаружении и разрешении коллизий и предназначенном для работы в сети (участке сети) с общей шиной (средой передачи), образующей так называемый домен (область) коллизий (collision domain).

Для надежного распознавания коллизий необходимо, чтобы коллизия была обнаружена в процессе передачи кадра. В худшем варианте в конфликт могут вступить две наиболее удаленные друг от друга станции **A** и **B**. Пусть станция **A**, решив, что шина свободна, начинает передачу кадра. До самой удаленной от нее станции **B** этот кадр дойдет через некоторый промежуток времени t . Если в этот момент станция **B**, также решив, что шина свободна, начинает передачу своего кадра, возникает коллизия. Искорженная информация дойдет до станции **A** также через время t . Поэтому коллизия будет обнаружена станцией **A** через время $2t$ после начала передачи ею кадра. К моменту обнаружения коллизии станция **A** не должна закончить передачу кадра. Следовательно, соотношение между временем, необходимым для передачи кадра минимальной длины, и задержкой сигнала при распространении в сети должно иметь вид

$$T_{\min} \geq 2t,$$

где t — время распространения сигнала по сети Ethernet. Удвоенное время распространения сигнала называют *временем двойного оборота* (Path Delay Value, PDV). Время двойного оборота в сети определяется максимальной длиной сети, а также устройствами (концентраторами, повторителями), вносящими задержку в распространение сигнала.

Стоит отметить, что подобная проблема возникает прежде всего при построении сетей на основе повторителей («репитеров») и/или концентраторов («хабов»), являющихся самыми простыми сетевыми устройствами. Такая сеть имеет общую среду передачи, логически не разделенную на сегменты, в связи с чем и требуется оценка возможных задержек. В настоящее время при построении сетей Ethernet чаще используются более сложные и, соответственно, более «умные» устройства, такие как коммутаторы («свитчи») и маршрутизаторы («роутеры»), которые фактически разделяют сеть Ethernet на отдельные сегменты «точка-точка» (отдельные домены коллизий), как показано на рис. 2.1. Тем не менее, повторители (и концентраторы, выполняющие их роль) могут использоваться, когда необходимо сформировать участки сети Ethernet большой длины, превышающей максимальную возможную длину сегмента для выбранной технологии с учетом используемых типов кабелей. Также повторители могут использоваться, когда необходимо сформировать длинный тракт Ethernet с использованием различных технологий, например, две ЭВМ соединены с повторителями при помощи витой пары, а повторители уже соединены между собой оптическим кабелем. Такая конфигурация тракта позволяет достичь значительно большего расстояния передачи, нежели при использовании только витой пары.

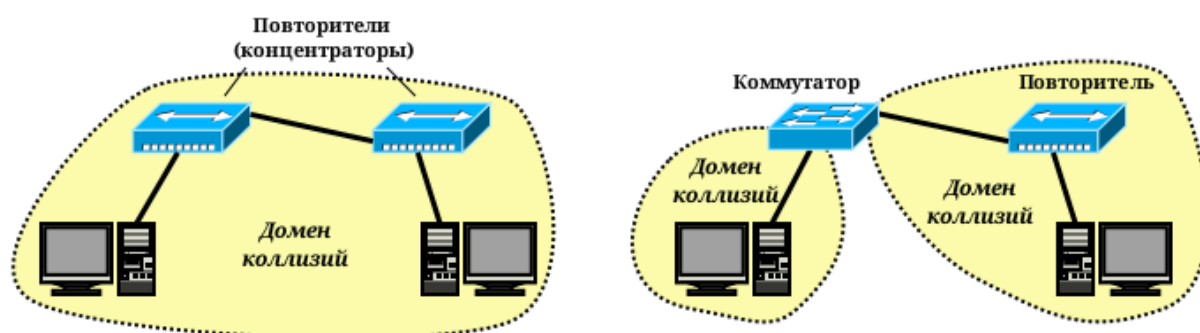


Рис. 2.1. Разделение сети Ethernet на отдельные домены коллизий с использованием коммутатора

В дальнейшем будем вести речь о сетях, участках сети и трактах Ethernet, построенных на повторителях. Размер (длина) такого участка сети определяется размером домена коллизий.

При выборе и оценке конфигурации сети Ethernet, построенной на повторителях, используются две основные модели.

Модель 1

Первая модель формулирует набор правил, которые необходимо соблюдать проектировщику сети при соединении отдельных компьютеров и сегментов. Считается, что соблюдение данных правил гарантирует допустимую величину задержки сигнала в сети и никаких дополнительных расчетов в этом случае не требуется.

1. Репитер или концентратор, подключенный к сегменту, снижает на единицу максимально допустимое число абонентов, подключаемых к сегменту.

2. Полный путь между двумя любыми абонентами должен включать в себя не более пяти сегментов, четырех концентраторов (репитеров) и двух трансиверов (MAU).

3. Если путь между абонентами состоит из пяти сегментов и четырех повторителей/концентраторов, то количество сегментов, к которым подключены абоненты, не должно превышать трех, а остальные сегменты должны просто связывать между собой концентраторы (репитеры). Это так называемое «правило 5-4-3».

4. Если путь между абонентами состоит из четырех сегментов и трех повторителей/концентраторов, то должны выполняться следующие условия:

- максимальная длина оптоволоконного кабеля сегмента 10BASE-FL, соединяющего между собой повторители/концентраторы, не должна превышать 1000 метров;
- максимальная длина оптоволоконного кабеля сегмента 10BASE-FL, соединяющего повторители/концентраторы с компьютерами, не должна превышать 400 метров;
- ко всем сегментам могут подключаться компьютеры.

Модель 2

Вторая модель, применяемая для оценки конфигурации Ethernet, основана на точном расчете временных характеристик выбранной конфигурации сети. Эта модель иногда позволяет выйти за пределы жестких ограничений модели 1. Применение модели 2 необходимо в том случае, когда размер проектируемой сети близок к максимально допустимому.

В модели 2 используются две системы расчетов:

1. Первая система предполагает вычисление двойного оборота сигнала (PDV) по сети и сравнение его с максимально допустимой величиной.

2. Вторая система проверяет сокращение величины получаемого межкадрового временного интервала (IFG — InterFrame Gap) в сети (Path Variability Value, PVV).

При этом вычисления в обеих системах расчетов ведутся для наихудшего случая, для *пути максимальной длины*, то есть для такого пути передаваемого по сети пакета, который требует для своего прохождения максимального времени.

В обеих системах в качестве меры измерения времени используется *битовый интервал (bt)*, т. е. время передачи одного бита. Максимально допустимая величина двойного времени прохождения сигнала по сети Ethernet составляет 575 bt, что обуславливается минимальным размером кадра Ethernet

с учетом преамбулы (72 байта, или 576 бит). При этом, согласно рекомендациям IEEE семейства 802.3 рекомендуется оставлять запас в пределах 1–4 bt для учета кабелей внутри соединительных шкафов и погрешностей измерения. Величина же IFG, как следует из структуры кадра Ethernet, составляет 12 байт или 96 bt.

При первой системе расчетов выделяются три типа сегментов:

- начальный сегмент, соответствует началу пути максимальной длины;
- конечный сегмент расположен в конце пути максимальной длины;
- промежуточный сегмент входит в путь максимальной длины, но не является ни начальным, ни конечным.

Промежуточных сегментов в выбранном пути может быть несколько, а начальный и конечный сегменты при разных расчетах могут меняться местами друг с другом. Выделение этих трех типов сегментов позволяет автоматически учитывать задержки сигнала на всех концентраторах, входящих в путь максимальной длины, а также в приемопередающих узлах адаптеров.

Величины задержек, используемые для расчетов, представлены в табл. 2.1. Необходимо отметить, что эти данные приведены для усредненного случая. В зависимости от выбранного кабеля значения задержек могут изменяться.

Таблица 2.1

Величины задержек в битовых интервалах для расчета двойного времени прохождения сигнала по сети Ethernet 10 Мбит/с

Тип сегмента Ethernet	Макс. длина, м	Начальный сегмент		Промежут. сегмент		Конечный сегмент		Задержка на метр длины t_l
		t_0	t_m	t_0	t_m	t_0	t_m	
10BASE-5	500	11,8	55,0	46,5	89,8	169,5	212,8	0,087
10BASE-2	185	11,8	30,8	46,5	65,5	169,5	188,5	0,103
10BASE-T	100	15,3	26,6	42,0	53,3	165,0	176,3	0,113
10BASE-FL	2000	12,3	212,3	33,5	233,5	156,5	356,5	0,100
FOIRL	1000	7,8	107,8	29,0	129,0	152,0	252,0	0,100
AUI	50	0	5,1	0	5,1	0	5,1	0,103

Для справки приведем расшифровку обозначений указанных в табл. 2.1 версий технологии Ethernet.

1. 10BASE-5, IEEE 802.3 («Толстый Ethernet») — первоначальная разработка технологии со скоростью передачи данных 10 Мбит/с. Использует коаксиальный кабель с волновым сопротивлением 50 Ом (RG-8), с максимальной длиной сегмента 500 метров.

2. 10BASE02, IEEE 802.3a («Тонкий Ethernet») — используется кабель RG-58, с максимальной длиной сегмента 185 метров. Компьютеры присоединяются один к другому. Для подключения кабеля к сетевой карте используется Т-коннектор, при этом на кабеле должен быть BNC-коннектор. Требуется

наличие терминаторов на каждом конце. Многие годы этот стандарт был основным для технологии Ethernet.

3. 10BASE-T, IEEE 802.3i — для передачи данных используется 4 провода кабеля витой пары (две скрученные пары) Cat.3 или Cat.5. Максимальная длина сегмента 100 метров.

4. FOIRL (Fiber-optic inter-repeater link) — базовый стандарт для технологии Ethernet, использующий для передачи данных оптический кабель. Максимальное расстояние передачи данных без повторителя — 1 км.

5. 10BASE-FL (Fiber Link) — улучшенная версия стандарта FOIRL. Улучшение коснулось увеличения длины сегмента до 2 км.

6. AUI (Attachment unit interface, интерфейс модуля присоединения) — 15-ти штырьковый разъем для соединения между сетевой платой компьютера и приемопередатчиком на магистральном кабеле Ethernet 10BASE5 при помощи короткого кабеля. Используется стандартный разъем DA-15 с несколько измененным креплением. Другое название интерфейса — DIX (по первым буквам названий компаний, участвовавших в разработке стандарта — DEC, Intel и Xerox).

Методика расчета сводится к следующему:

1. В сети выделяется путь максимальной длины. Все дальнейшие расчеты ведутся для него. Если этот путь не очевиден, то рассчитываются все возможные пути, затем на основании этого выбирается путь максимальной длины.

2. Если длина сегмента, входящего в выбранный путь, не максимальна, то рассчитывается двойное (круговое) время прохождения в каждом сегменте выделенного пути по формуле: $t_s = L \cdot t_l + t_o$, где L — это длина сегмента в метрах (при этом надо учитывать, тип сегмента: начальный, промежуточный или конечный).

3. Если длина сегмента равна максимально допустимой, то из таблицы для него берется величина максимальной задержки t_m .

4. Суммарная величина задержек всех сегментов выделенного пути не должна превышать предельной величины 575 bt.

5. Затем необходимо проделать те же действия для обратного направления выбранного пути (то есть в данном случае конечный сегмент считается начальным и наоборот). Из-за разных задержек передающих и принимающих узлов концентраторов величины задержек в разных направлениях могут отличаться (но незначительно).

6. Если задержки в обоих случаях не превышают величины 575 bt с учетом рекомендуемого запаса, то сеть считается работоспособной.

Тем не менее, чтобы сделать окончательный вывод о работоспособности сети, необходимо также проверить соответствие стандарту величины меж-

кадрового интервала (IFG), которая не должна быть меньше, чем 96 bt (9,6 мкс для скорости 10 Мбит/с). Однако при прохождении кадров через повторители/концентраторы IFG может сокращаться, вследствие чего два пакета могут восприниматься абонентами как один. Допустимое сокращение IFG определено стандартом в 49 bt (4,9 мкс для скорости 10 Мбит/с).

Для вычислений используются понятия начального и промежуточного сегментов. Конечный сегмент не вносит вклада в сокращение межпакетного интервала, так как пакет доходит по нему до принимающего компьютера без прохождения репитеров и концентраторов. Величины сокращения IFG для разных типов сегментов Ethernet показаны в табл. 2.2.

Таблица 2.2

Величины сокращения межкадрового интервала (IFG) для разных типов Ethernet 10 Мбит/с

Сегмент	Начальный	Промежуточный
10BASE-2	16	11
10BASE-5	16	11
10BASE-T	16	11
10BASE-FL	11	8
FOIRL	11	8

Для получения полной величины сокращения IFG надо просуммировать величины из таблицы для сегментов, входящих в путь максимальной длины, и сравнить сумму с предельной величиной 49 bt. Если сумма меньше 49 bt, можно сделать вывод о работоспособности сети. Для гарантии расчет производится в обоих направлениях выбранного пути.

Если расчеты показывают, что сеть неработоспособна, то необходимо изменять конфигурацию или структуру сети.

1. Уменьшение длины кабелей с целью снижения задержки прохождения сигнала по сети (если возможно).
2. Уменьшение количества концентраторов для снижения задержек и сокращения IFG (если возможно).
3. Выбор кабеля с наименьшей задержкой. Кабели различных марок имеют разные задержки, то есть разные скорости распространения сигнала.
4. Разбиение сети на несколько сегментов (доменов коллизий) с помощью коммутаторов. Для каждого нового сегмента сети также требуется произвести расчет работоспособности.
5. Переход на другую технологию построения локальной сети, например FDDI, которая позволяет строить максимальные по размеру сети. Однако, оборудование ее очень дорого, и для связи с сетью Ethernet нужны мосты.

Для примера рассмотрим оценку конфигурации сети (тракта) Ethernet, приведенной на рис. 2.2. Тракт Ethernet, соединяющий два ПК, состоит из че-

тырех участков, построенных по разным технологиям, и трех повторителей, соединяющих эти участки.

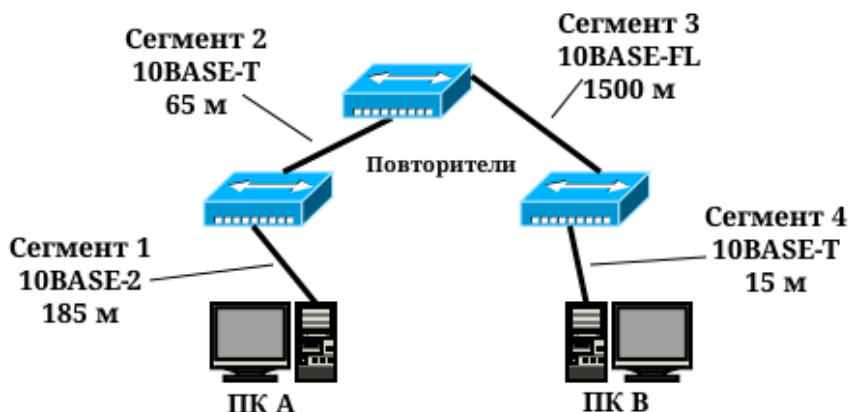


Рис. 2.2. Пример сети Ethernet для проведения оценки ее конфигурации

Вначале рассмотрим расчет времени двойного оборота при передаче от ПК-А к ПК-В.

- Сегмент 1 (начальный участок). Построен по технологии 10BASE-2 и, согласно табл. 2.1 имеет максимальную длину. Следовательно, его время задержки равно

$$t_1 = 30,8 \text{ bt.}$$

- Сегмент 2 (промежуточный). Построен по технологии 10BASE-T, имеет длину меньше максимальной, следовательно, его время задержки рассчитывается по формуле $t_s = L \cdot t_l + t_o$.

$$t_2 = 65 \cdot 0,113 + 42,0 = 49,4 \text{ bt.}$$

- Сегмент 3 (промежуточный). Построен по технологии 10BASE-FL, имеет длину меньше максимальной.

$$t_3 = 1500 \cdot 0,100 + 33,5 = 183,5 \text{ bt.}$$

- Сегмент 4 (конечный). Построен по технологии 10BASE-T, имеет длину меньше максимальной.

$$t_4 = 15 \cdot 0,113 + 165,0 = 166,7 \text{ bt.}$$

Таким образом, общее время двойного оборота от А к В равно

$$t_{PDVAB} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 430,4 \text{ bt} < 575 \text{ bt.}$$

Аналогично можно рассчитать время двойного оборота при передаче от ПК-В к ПК-А. Отличие будет лишь во времени для сегмента 1 и сегмента 4. Теперь 4 будет начальным, а сегмент 1 — конечным.

- Сегмент 4 (начальный участок).

$$t_4 = 15 \cdot 0,113 + 15,3 = 17,0 \text{ bt.}$$

- Сегмент 1 (конечный участок).

$$t_1 = 188,5 \text{ bt.}$$

Общее время двойного оборота от В к А равно

$$t_{PDVBA} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 = 438,4 \text{ bt} < 575 \text{ bt.}$$

Можно сделать вывод, что приведенная на рис. 2.2 сеть Ethernet удовлетворяет требованию по времени двойного оборота.

Теперь рассчитаем сокращение межкадрового интервала.

$$t_{PVVAB} = 16 + 11 + 8 = 35 \text{ bt} < 49 \text{ bt.}$$

$$t_{PVVBA} = 16 + 11 + 8 = 35 \text{ bt} < 49 \text{ bt.}$$

Таким образом, сеть на рис. 2.2 удовлетворяет и требованиям по сокращению межкадрового интервала.

2.2.2. Оценка конфигурации сети Fast Ethernet (100 Мбит/с)

В Fast Ethernet выделяют два типа повторителей.

1. Повторители 1-го класса. Они поддерживают все типы линейного кодирования (4В/5В, 8В/6Т и др.) и могут транслировать протоколы (например из 100Base-TX в 100Base-T4 и наоборот) из-за чего вносят при передаче сигнала большую задержку.

2. Повторители 2-го класса. Поддерживают только один тип линейного кодирования и не транслируют протоколы, соответственно внося гораздо меньшую задержку.

Точно так же, как и в случае Ethernet, для определения работоспособности сети Fast Ethernet стандарт IEEE 802.3 предлагает две модели, называемые Transmission System Model 1 и Transmission System Model 2. Первая модель основана на нескольких несложных правилах. Она исходит из того, что все компоненты сети (в частности, кабели) имеют наилучшие из возможных временные характеристики, поэтому всегда дает результат со значительным запасом. Вторая модель использует систему точных расчетов с реальными временными характеристиками кабелей. В связи с этим ее применение позволяет иногда преодолеть жесткие ограничения модели 1.

Transmission System Model 1

В соответствии с первой моделью, при выборе конфигурации надо руководствоваться следующими принципами:

1. Сегменты, выполненные на электрических кабелях (витых парах) не должны быть длиннее 100 метров. Это относится к кабелям всех категорий — 3, 4 и 5, к сегментам 100BASE-T4 и 100BASE-TX.

2. Сегменты, выполненные на оптоволоконных кабелях, не должны быть длиннее 412 метров.

3. Если используются адаптеры с внешними (выносными) трансиверами, то трансиверные кабели (МП) не должны быть длиннее 50 сантиметров.

Transmission System Model 2

Как и в Ethernet 10 Мбит/с в Fast Ethernet вторая модель предполагает проведение расчета времени двойного оборота (PDV). Для этого комитет IEEE 802.3 приводит данные об удвоенных задержках, вносимых кабельными сегментами, сетевыми адаптерами и повторителями Fast Ethernet. По сравнению с аналогичными данными для Ethernet методика расчета изменилась — сегменты теперь не делятся на начальный, конечный и промежуточные; кроме того, вносимые сетевыми адаптерами задержки учитывают теперь преамбулы кадров, поэтому рассчитанное значение PDV нужно сравнивать не с 575 bt, а с 512 bt, т.е. временем передачи кадра минимальной длины без преамбулы. В соответствии с рекомендациями IEEE достаточным является запас в 4–6 bt.

В табл. 2.3, 2.4 и 2.5 показаны усредненные задержки, вносимые кабелем, задержки адаптеров и удвоенные задержки повторителей, соответственно.

Таблица 2.3

Усредненные задержки, вносимые кабелем для Fast Ethernet

Тип кабеля	Задержка, bt/м
UTP cat.3	1,14
UTP cat.4	1,14
UTP cat.5	1,112
STP	1,112
Оптоволокно	1,0

Таблица 2.4

Задержки, вносимые адаптером Fast Ethernet

Тип адаптера	Задержка, bt
Два адаптера 100BASE-TX/FX	100
Два адаптера 100BASE-T4	138
Один TX/FX и один T4	127

Таблица 2.5

Удвоенные задержки повторителей Fast Ethernet

Тип повторителя	Задержка, bt
класса 1	140

Удвоенные задержки повторителей Fast Ethernet

Тип повторителя	Задержка, bt
класса 2 (T4)	67
класса 2 (TX/FX)	92

Для справки приведем расшифровку обозначений указанных в таблицах версий технологии Fast Ethernet.

1. 100BASE-TX, IEEE 802.3u — стандарт, использующий витую пару категории 5. Фактически используются только две неэкранированные пары проводников, поддерживается дуплексная передача данных, расстояние до 100 м.

2. 100BASE-T4 — стандарт, использующий витую пару категории 3. Действуют все четыре пары проводников, передача данных идёт в полудуплексе.

3. 100BASE-FX — стандарт, использующий многомодовое волокно. Максимальная длина сегмента 400 метров в полудуплексе (для гарантированного обнаружения коллизий) или 2 километра в полном дуплексе.

Для примера рассмотрим оценку конфигурации сети (тракта) Fast Ethernet, приведенной на рис. 2.3. Тракт Ethernet, соединяющий два ПК, состоит из четырех участков, построенных по разным технологиям, и трех повторителей, соединяющих эти участки.

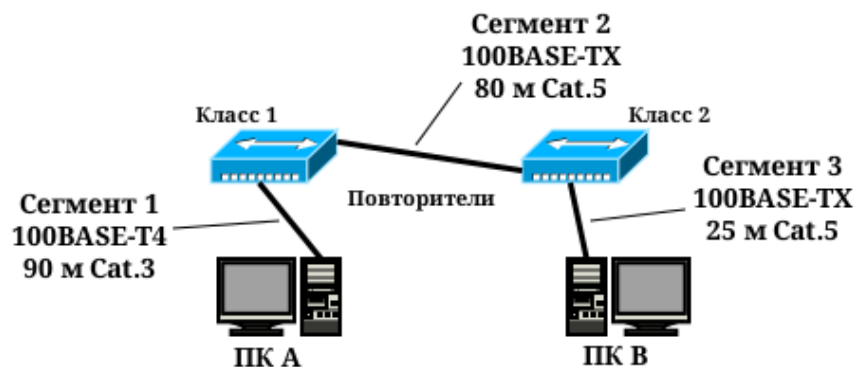


Рис. 2.3. Пример сети Fast Ethernet для проведения оценки ее конфигурации

Проведем расчет времени двойного оборота.

- Согласно табл. 2.3 рассчитаем задержки, вносимые кабелем.

$$t_{\text{каб.}} = 30 \cdot 1,14 + (80 + 25) \cdot 1,112 = 151,0 \text{ bt.}$$

- ПК-А подключен к сети 100BASE-T4, а ПК-В — к сети 100BASE-TX, следовательно, согласно табл. 2.4, задержки, вносимые адаптерами будут равны

$$t_{\text{адапт.}} = 127 \text{ bt.}$$

- Тракт Fast Ethernet содержит один повторитель класса 1 и один повторитель класса 2, следовательно, согласно табл. 2.5, вносимые ими задержки будут равны

$$t_{\text{повт.}} = 140 + 92 = 232$$

Общее время двойного оборота равно

$$t_{PDV} = t_{\text{каб.}} + t_{\text{адапт.}} + t_{\text{повт.}} = 510 \text{ bt} < 512 \text{ bt.}$$

Можно сделать вывод, что приведенная на рис. 2.3 сеть Fast Ethernet удовлетворяет требованию по времени двойного оборота с запасом прочности, равным 2 bt.

2.3. Порядок выполнения задания

2.3.1. Оценка конфигурации сети Ethernet

1. Выбрать согласно своему номеру варианта параметры сети Ethernet (табл. 2.6). Структура оцениваемой сети показана на рис. 2.4.

2. Рассчитать время двойного оборота (PDV) при передаче данных от ПК-А к ПК-В, и в обратном направлении. Сделать вывод о соответствии сети требованиям по PDV. В случае, если сеть не удовлетворяет требованиям, предложить вариант решения и подтвердить его расчетом.

3. Рассчитать сокращение межкадрового интервала (PVV) от ПК-А к ПК-В и в обратном направлении. Сделать выводы. В случае, если сеть не удовлетворяет требованиям, предложить вариант решения и подтвердить его расчетом.

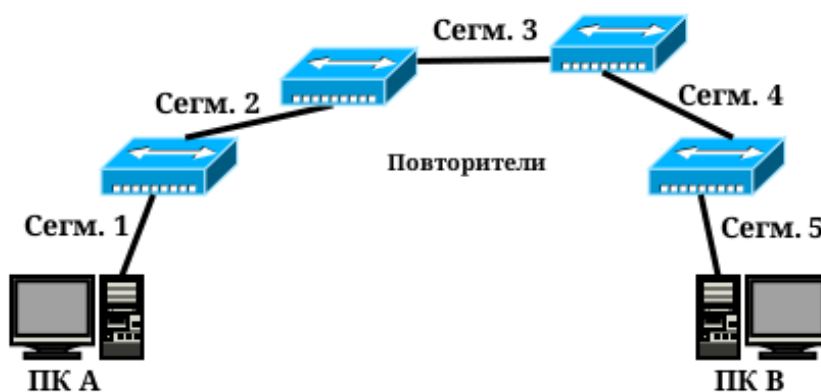


Рис. 2.4. Структура сети Ethernet для задания 2.3.1

Таблица 2.6

Варианты задания 2.3.1 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Сегмент 1		Сегмент 2		Сегмент 3		Сегмент 4		Сегмент 5	
	Техн.	l, м	Техн.	l, м	Техн.	l, м	Техн.	l, м	Техн.	l, м
1	10BASE-5	500	10BASE-5	256	10BASE-FL	779	10BASE-T	62	FOIRL	231
2	10BASE-2	185	10BASE-2	35	FOIRL	885	10BASE-FL	342	10BASE-5	471
3	10BASE-T	100	10BASE-T	33	10BASE-5	130	FOIRL	564	10BASE-2	115
4	10BASE-FL	2000	10BASE-FL	272	10BASE-2	137	10BASE-5	83	10BASE-T	74
5	FOIRL	1000	FOIRL	648	10BASE-T	39	10BASE-2	72	10BASE-FL	145
6	10BASE-5	500	10BASE-5	254	10BASE-FL	918	10BASE-T	45	FOIRL	628
7	10BASE-2	185	10BASE-2	148	FOIRL	915	10BASE-FL	231	10BASE-5	426
8	10BASE-T	100	10BASE-T	87	10BASE-5	468	FOIRL	795	10BASE-2	134
9	10BASE-FL	2000	10BASE-FL	456	10BASE-2	64	10BASE-5	117	10BASE-T	76
10	FOIRL	1000	FOIRL	840	10BASE-T	47	10BASE-2	75	10BASE-FL	127
11	10BASE-5	500	10BASE-5	113	10BASE-FL	432	10BASE-T	52	FOIRL	233
12	10BASE-2	185	10BASE-2	58	FOIRL	570	10BASE-FL	430	10BASE-5	214
13	10BASE-T	100	10BASE-T	48	10BASE-5	211	FOIRL	511	10BASE-2	148
14	10BASE-FL	2000	10BASE-FL	513	10BASE-2	58	10BASE-5	482	10BASE-T	42
15	FOIRL	1000	FOIRL	500	10BASE-T	76	10BASE-2	138	10BASE-FL	240
16	10BASE-5	500	10BASE-5	127	10BASE-FL	953	10BASE-T	44	FOIRL	130
17	10BASE-2	185	10BASE-2	137	FOIRL	990	10BASE-FL	346	10BASE-5	86
18	10BASE-T	100	10BASE-T	51	10BASE-5	316	FOIRL	591	10BASE-2	146
19	10BASE-FL	2000	10BASE-FL	647	10BASE-2	115	10BASE-5	148	10BASE-T	77
20	FOIRL	1000	FOIRL	892	10BASE-T	57	10BASE-2	150	10BASE-FL	140
21	10BASE-5	500	10BASE-5	69	10BASE-FL	437	10BASE-T	30	FOIRL	137
22	10BASE-2	185	10BASE-2	121	FOIRL	807	10BASE-FL	380	10BASE-5	110
23	10BASE-T	100	10BASE-T	32	10BASE-5	416	FOIRL	841	10BASE-2	75
24	10BASE-FL	2000	10BASE-FL	200	10BASE-2	136	10BASE-5	449	10BASE-T	62
25	FOIRL	1000	FOIRL	574	10BASE-T	73	10BASE-2	103	10BASE-FL	133
26	10BASE-5	500	10BASE-5	80	10BASE-FL	267	10BASE-T	29	FOIRL	205
27	10BASE-2	185	10BASE-2	125	FOIRL	504	10BASE-FL	561	10BASE-5	227
28	10BASE-T	100	10BASE-T	58	10BASE-5	245	FOIRL	864	10BASE-2	86
29	10BASE-FL	2000	10BASE-FL	973	10BASE-2	56	10BASE-5	399	10BASE-T	62
30	FOIRL	1000	FOIRL	976	10BASE-T	93	10BASE-2	145	10BASE-FL	360

2.3.2. Оценка конфигурации сети Fast Ethernet

1. Выбрать согласно своему номеру варианта параметры сети Fast Ethernet (табл. 2.7). Структура оцениваемой сети показана на рис. 2.5.
2. Определить и указать на схеме сети классы повторителей.
3. Рассчитать время двойного оборота (PDV) при передаче данных от ПК-А к ПК-В, и в обратном направлении. Сделать вывод о соответствии сети требованиям по PDV. В случае, если сеть не удовлетворяет требованиям, предложить вариант решения и подтвердить его расчетом.

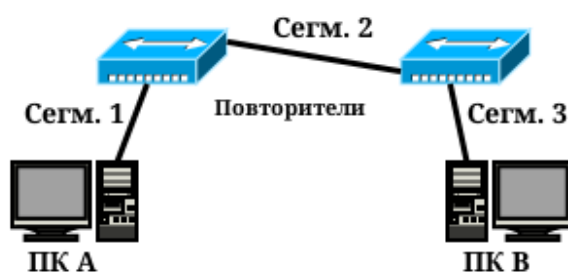


Рис. 2.5. Структура сети Fast Ethernet для задания 2.3.2

Таблица 2.7

Варианты задания 2.3.2 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Сегмент 1		Сегмент 2		Сегмент 3	
	Техн.	$l, м$	Техн.	$l, м$	Техн.	$l, м$
1	100BASE-T4	65	100BASE-T4	21	100BASE-FX	50
2	100BASE-TX	26	100BASE-TX	33	100BASE-T4	24
3	100BASE-FX	70	100BASE-FX	63	100BASE-TX	31
4	100BASE-T4	28	100BASE-T4	66	100BASE-FX	68
5	100BASE-TX	55	100BASE-TX	38	100BASE-T4	66
6	100BASE-FX	70	100BASE-FX	53	100BASE-TX	69
7	100BASE-T4	69	100BASE-T4	42	100BASE-FX	67
8	100BASE-TX	31	100BASE-TX	21	100BASE-T4	38
9	100BASE-FX	55	100BASE-FX	35	100BASE-TX	40
10	100BASE-T4	56	100BASE-T4	61	100BASE-FX	48
11	100BASE-TX	66	100BASE-TX	52	100BASE-T4	58
12	100BASE-FX	23	100BASE-FX	67	100BASE-TX	37
13	100BASE-T4	59	100BASE-T4	29	100BASE-FX	21
14	100BASE-TX	69	100BASE-TX	34	100BASE-T4	54
15	100BASE-FX	44	100BASE-FX	54	100BASE-TX	58
16	100BASE-T4	24	100BASE-T4	20	100BASE-FX	20
17	100BASE-TX	25	100BASE-TX	20	100BASE-T4	25
18	100BASE-FX	66	100BASE-FX	67	100BASE-TX	63
19	100BASE-T4	46	100BASE-T4	67	100BASE-FX	30
20	100BASE-TX	42	100BASE-TX	63	100BASE-T4	55
21	100BASE-FX	49	100BASE-FX	42	100BASE-TX	53
22	100BASE-T4	51	100BASE-T4	21	100BASE-FX	62
23	100BASE-TX	69	100BASE-TX	68	100BASE-T4	41

Варианты задания 2.3.2 (указаны согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Сегмент 1		Сегмент 2		Сегмент 3	
	Техн.	<i>l</i> , м	Техн.	<i>l</i> , м	Техн.	<i>l</i> , м
24	100BASE-FX	22	100BASE-FX	22	100BASE-TX	36
25	100BASE-T4	49	100BASE-T4	33	100BASE-FX	47
26	100BASE-TX	50	100BASE-TX	69	100BASE-T4	52
27	100BASE-FX	51	100BASE-FX	65	100BASE-TX	61
28	100BASE-T4	50	100BASE-T4	65	100BASE-FX	59
29	100BASE-TX	30	100BASE-TX	28	100BASE-T4	65
30	100BASE-FX	27	100BASE-FX	43	100BASE-TX	55

2.4. Контрольные вопросы

1. Особенности построения сетей Ethernet с использованием повторителей/концентраторов.
2. Понятие о домене коллизии.
3. Первая модель выбора схемы построения сети Ethernet.
4. Вторая модель выбора схемы построения сети Ethernet.
5. Основные технологии сети Ethernet.
6. Понятие времени двойного оборота.
7. Понятие о сокращении межкадрового интервала.
8. Варианты модернизации структуры сети Ethernet в случае ее несоответствия требованиям к PDV и PVV.
9. Первая модель выбора схемы построения сети Fast Ethernet.
10. Вторая модель выбора схемы построения сети Fast Ethernet.
11. Основные технологии сети Fast Ethernet.

Практическая работа 3

Адресация IPv4

3.1. Цель работы

Изучить формат адреса IPv4, понятия классовой и бесклассовой адресации, а также процедуру маршрутизации пакета на хосте-отправителе.

3.2. Теоретические сведения

3.2.1. Адрес IPv4

Адрес IPv4 — это сетевой или логический адрес устройства. В версии IPv4 он имеет длину 4 байта (32 бита). IP-адрес можно разделить на две части — адрес сети и адрес узла в сети, как показано на рис. 3.1. Традиционной формой записи IPv4 адреса является запись в виде четырёх десятичных чисел (от 0 до 255), разделённых точками.

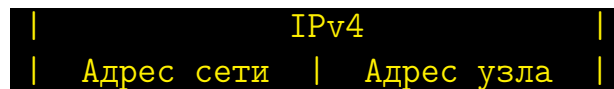


Рис. 3.1. Структура адреса IPv4

В рамках одной сети биты адреса сети неизменны.

Если в IP-адресе под адрес узла отведено n бит, то такая сеть содержит

$$N = 2^n - 2 \text{ узлов.}$$

Оставшиеся два адреса отведены под

- адрес сети, в котором все биты адреса узла равны 0;
- широковещательный адрес, в котором все биты адреса узла равны 1.

В протоколе IPv4 выделяют два вида адресации.

- Классовая адресация (Classful network)
- Бесклассовая адресация (Classless Inter-Domain Routing, CIDR)

3.2.2. Классовая адресация IP сетей

Под классовой адресацией (Classful network) понимают принцип сетевой адресации, использовавшийся в Интернете в период с 1981 по 1993 годы. Адресное пространство протокола IPv4 делится на пять классов адресов: А, В, С, D и E. Принадлежность адреса к конкретному классу задаётся первыми битами адреса. Каждый класс определяет либо соответствующий размер сети, то есть количество возможных адресов хостов внутри данной сети (классы А, В, С), либо сеть многоадресной передачи (класс D). Диапазон адресов пятого класса (E) был зарезервирован для будущих или экспериментальных целей. Классы адресов приведены в табл. 3.1.

Классы адресов IPv4

Класс	Первые биты	Распр. байт Сеть, Хост	Число сетей	Хостов в сети	Начальный адрес	Конечный адрес
A	0	С.Х.Х.Х	128	16777214	0.0.0.0	127.255.255.255
B	10	С.С.Х.Х	16384	65534	128.0.0.0	191.255.255.255
C	110	С.С.С.Х	2097152	254	192.0.0.0	223.255.255.255
D	1110	Групповой адрес			224.0.0.0	239.255.255.255
E	1111	Зарезервировано			240.0.0.0	255.255.255.255

3.2.3. Бесклассовая адресация IP сетей

Под бесклассовой адресацией (Classless Inter-Domain Routing, CIDR) понимают метод IP-адресации, позволяющий гибко управлять пространством IP-адресов, не используя жёсткие рамки классовой адресации. Использование этого метода позволяет экономно использовать ограниченный ресурс IP-адресов, поскольку возможно применение различных *масок подсетей* к различным подсетям.

Маска подсети (Variable length subnet mask, VLSM) — это битовая маска, определяющая, какая часть IP-адреса узла сети относится к адресу сети (эти биты в маске равны 1), а какая — к адресу самого узла в этой сети (биты маски, равные 0). Маска подсети не является частью IP-пакета. Она указывается в сетевых настройках узла сети.

Зная IP-адрес и маску подсети, можно определить, к какой сети относится данный IP-адрес. Для этого необходимо применить адресу и маске операцию поразрядной конъюнкции (логическое И).

Пример использования маски подсети показан ниже.

IP-адрес: 11000000.10101000.00000001.00000010 (192.168.1.2)
Маска подсети: 11111111.11111111.11111110.00000000 (255.255.254.0)
Адрес сети: 11000000.10101000.00000000.00000000 (192.168.0.0)

Существует три основных способа записи маски подсети:

- десятичный: 255.255.254.0;
- двоичный: 11111111.11111111.11111110.00000000;
- постфиксный: /23.

3.3. Порядок выполнения задания

3.3.1. Классовая адресация

По заданному в табл. 3.2 адресу хоста определить:

- класс сети;
- адрес сети;
- количество хостов в сети;

- адреса первого и последнего хостов в сети;
- широковещательный адрес (broadcast).

Таблица 3.2

Адрес IPv4

Выбирается согласно номеру студента в журнале

Вар.	Адрес IPv4	Вар.	Адрес IPv4	Вар.	Адрес IPv4
1	186.101.221.144	11	132.211.222.243	21	92.23.76.45
2	114.32.41.123	12	69.39.58.38	22	231.48.81.64
3	97.231.37.111	13	185.38.59.36	23	47.28.49.61
4	43.33.134.211	14	213.28.48.93	24	162.85.103.39
5	211.124.76.38	15	182.48.29.91	25	85.91.127.37
6	38.142.22.115	16	148.82.63.69	26	201.56.93.105
7	157.34.36.76	17	82.132.56.73	27	61.85.71.69
8	198.34.76.36	18	159.92.63.69	28	126.38.91.47
9	151.48.32.94	19	37.58.87.29	29	194.71.68.36
10	87.39.57.28	20	205.37.59.32	30	149.93.28.58

3.3.2. Бесклассовая адресация

По заданному в табл. 3.2 адресу хоста и заданной в табл. 3.3 маске подсети определить:

- адрес сети;
- количество хостов в сети;
- адреса первого и последнего хостов в сети;
- широковещательный адрес (broadcast).

Таблица 3.3

Маска подсети IPv4

Выбирается согласно номеру студента в журнале

Вар.	Маска подсети	Вар.	Маска подсети	Вар.	Маска подсети
1	/26	11	/26	21	/21
2	/27	12	/22	22	/23
3	/23	13	/23	23	/22
4	/26	14	/28	24	/20
5	/22	15	/22	25	/22
6	/27	16	/21	26	/27
7	/21	17	/27	27	/23
8	/28	18	/23	28	/22
9	/21	19	/21	29	/21
10	/22	20	/22	30	/22

3.3.3. Определение подсети заданного размера

По заданному в табл. 3.2 адресу хоста и заданному в табл. 3.4 количеству хостов в подсети определить:

- адрес и маску подсети минимального размера, позволяющей включить в себя всё заданное количество хостов;
- адреса первого и последнего хостов в сети;
- широковещательный адрес (broadcast).

Таблица 3.4

*Количество хостов в подсети IPv4
Выбирается согласно номеру студента в журнале*

Вар.	Кол-во хостов	Вар.	Кол-во хостов	Вар.	Кол-во хостов
1	43	11	78	21	68
2	116	12	54	22	255
3	97	13	341	23	119
4	61	14	69	24	345
5	23	15	513	25	39
6	121	16	311	26	89
7	257	17	65	27	316
8	288	18	254	28	98
9	611	19	79	29	267
10	97	20	289	30	511

3.4. Контрольные вопросы

1. Структура IP-адреса.
2. Классовая адресация.
3. Бесклассовая адресация.
4. Маска подсети.
5. Принцип деления сети на подсети.

Бланк к практической работе 3
Адресация IPv4

Группа: _____ Студент: _____

№ зачетной книжки: _____

Классовая адресация

Адрес хоста: ____ . ____ . ____ . ____ Класс сети: ____ Кол-во хостов: _____

Адреса	Десятичный вид	Двоичный вид
Сеть	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Перв. хост	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Посл. хост	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Broadcast	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____

Бесклассовая адресация

Адрес хоста: ____ . ____ . ____ . ____ / ____ Кол-во хостов: _____

Адреса	Десятичный вид	Двоичный вид
Сеть	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Маска	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Перв. хост	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Посл. хост	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____
Broadcast	____ . ____ . ____ . ____	_____ . _____ . _____ . _____

Определение подсети заданного размера

Адрес хоста: ____·____·____·____ Кол-во хостов: _____ Маска: /__

Адреса	Десятичный вид	Двоичный вид
Сеть	____·____·____·____	-----·-----·-----·-----
Маска	____·____·____·____	-----·-----·-----·-----
Перв. хост	____·____·____·____	-----·-----·-----·-----
Посл. хост	____·____·____·____	-----·-----·-----·-----
Broadcast	____·____·____·____	-----·-----·-----·-----

Практическая работа 4

Расчет контрольной суммы заголовка протокола IP

4.1. Цель работы

Изучить формат заголовка пакета IP и на примере разобрать механизм вычисления 16-битовой контрольной суммы, использующейся для обнаружения ошибок в заголовке протокола IP.

4.2. Теоретические сведения

В протоколе IPv4 контрольная сумма рассчитывается только для заголовка пакета. Данные не проверяются, поскольку инкапсулируемые в IPv4 протоколы имеют свою контрольную сумму, учитывающую, как их заголовок, так и данные. К тому же, заголовок пакета IPv4 меняется при прохождении маршрутизаторов и, следовательно, контрольная сумма должна вычисляться каждым маршрутизатором заново — если бы она учитывала и данные пакета IPv4, то это бы значительно повысило нагрузку на процессоры маршрутизаторов и увеличило время обработки каждого пакета.

Структура заголовка пакета IPv4 приведена на рис. 4.1.

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
Версия				Длина заг.				Тип сервиса				Полная длина пакета																			
Идентификатор пакета																Флаги				Смещение фрагмента											
Время жизни								Тип протокола								Контрольная сумма															
IPv4-адрес отправителя																															
IPv4-адрес получателя																															
Опции. . .																								Заполнение							

Рис. 4.1. Структура заголовка пакета IPv4

Контрольная сумма CS_{IP} заголовка передаваемого пакета IPv4 рассчитывается по следующему алгоритму:

1. Заголовок разбивается на слова W_i по 16 бит. При необходимости последнее слово заголовка дополняется нулями справа (биты заполнения), чтобы «выровнять» длину заголовка в битах кратно 16.

2. Значение поля контрольной суммы, которому соответствует слово W_6 , принимается равным нулю:

$$W_6 = (0000)_{16}.$$

3. Полученные 16-битные слова W_i поэлементно суммируются между собой, как двоичные числа с переносом в старшие разряды:

$$W_s = \sum_i W_i.$$

4. В том случае, если результат сложения W_s в двоичном представлении превышает по длине 16 бит, он разбивается на два 16-битных слова, которые складываются между собой. Эту процедуру называют «круговым переносом», т. е, переполнение старшего разряда переносится в младший, например

$$\text{Если } W_s = (2A4E3)_{16}, \text{ то } W_s = (0002)_{16} + (A4E3)_{16} = (A4E5)_{16}.$$

5. В случае, если результат сложения W_s снова превышает 16 бит, предыдущая операция повторяется.

6. Находится двоичное поразрядное дополнение результата сложения, которое и записывается в поле контрольной суммы:

$$CS_{IP} = (FFFF)_{16} - W_s.$$

Для более подробного ознакомления с процедурой вычисления контрольной суммы в протоколах сетевого и транспортного уровня сети Интернет и вариантами ее реализации для различных языков программирования рекомендуется обратиться к RFC 1071.

Для примера рассмотрим расчет контрольной суммы заголовка IP-пакета, приведенного на рис. 4.2. Пакет записан в шестнадцатеричной системе счисления. Поле контрольной суммы выделено цветом и обнулено перед началом формирования передаваемого IP-пакета.

0	15 16	31
4500	0076	
252D	4000	
4011	0000	
C0A8	010F	
C1C8	B708	

Рис. 4.2. Пример заголовка пакета IPv4 с обнуленным полем контрольной суммы

1. Разбиваем заголовок с обнуленным полем контрольной суммы на слова по 16 бит и суммируем полученные 16-битные слова между собой:

$$(4500)_{16} + (0076)_{16} + (252D)_{16} + (4000)_{16} + (4011)_{16} + (0000)_{16} + (C0A8)_{16} + (010F)_{16} + (C1C8)_{16} + (B708)_{16} = (3253B)_{16}.$$

2. Поскольку результат сложения в двоичном представлении превышает 16 разрядов (или 4 шестнадцатеричных цифры), разбиваем его на два слова по 16 бит каждое и снова их суммируем:

$$(0003)_{16} + (253B)_{16} = (253E)_{16}.$$

3. Находим контрольную сумму, как двоичное поразрядное дополнение результата сложения:

$$CS_{IP} = (FFFF)_{16} - (253E)_{16} = (DAC1)_{16}.$$

Полученное число заносится в поле контрольной суммы заголовка IP-пакета (рис. 4.2).

Проверка контрольной суммы при приеме IP-пакета производится по аналогичному алгоритму, отличаясь только тем, что в расчете участвует и контрольная сумма принятого IP-пакета. Если итоговое поразрядное двоичное дополнение полученной суммы равно 0, т. е. $(())_{16}0000$, то это говорит о корректности контрольной суммы.

Для примера проверим корректность контрольной суммы заголовка IP-пакета, приведенного на рис. 4.2 с учетом значения поля контрольной суммы $(DAC1)_{16}$.

1. Суммируем все 16-битные слова заголовка между собой:

$$(4500)_{16} + (0076)_{16} + (252D)_{16} + (4000)_{16} + (4011)_{16} + \\ + (DAC1)_{16} + (C0A8)_{16} + (010F)_{16} + (C1C8)_{16} + (B708)_{16} = (3FFFC)_{16}.$$

2. Поскольку результат сложения превышает 16 бит, разбиваем его на два слова по 16 бит каждое и снова их суммируем:

$$(0003)_{16} + (FFFC)_{16} = (FFFF)_{16}.$$

3. Находим двоичное поразрядное дополнение результата сложения:

$$(FFFF)_{16} - (FFFF)_{16} = (0000)_{16}.$$

Таким образом, мы проверили, что приведенная в пакете на рис 4.2 контрольная сумма верна.

Можно последнюю операцию поразрядного двоичного дополнения не проводить. Тогда правильность контрольной суммы принятого IP-пакета будет подтверждаться результатом суммирования $(FFFF)_{16}$ на втором шаге алгоритма проверки.

4.3. Порядок выполнения задания

Исходные данные: сетевой пакет в 16-ричном представлении, записанный начиная с заголовка Ethernet (Ethernet DIX). Поле контрольной суммы заменено на нули. Первый столбец обозначает номер строки в 16-ричном представлении.

1. Выделить из заданного сетевого пакета заголовок протокола IP. Разбить заголовок протокола IP на поля, выписать их и указать назначение.
2. Рассчитать контрольную сумму заголовка протокола IP.
3. Провести проверку правильности вычисления контрольной суммы.

Варианты задания на практическую работу приведены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

Пакет IPv4 (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Пакет IPv4
1	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 6e 86 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 40 e9 0020 a2 5f d7 82 01 bb 78 ea 6c bb 3c 25 ac 7a 80 10 0030 00 ed 69 cf 00 00 01 01 08 0a e4 51 97 c8 17 1b 0040 dd c5
2	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 4a d8 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 ad c2 0020 dc 61 d9 d8 01 bb 7e 90 54 ef d9 c6 8f a0 80 10 0030 00 fe ee 34 00 00 01 01 08 0a d9 ce 2e cb 3a 94 0040 91 83
3	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3e ed 9e 40 00 40 11 00 00 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d 81 11 00 35 00 2a fa ac 26 43 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 08 74 6f 70 2d 66 77 7a 31 04 0040 6d 61 69 6c 02 72 75 00 00 01 00 01
4	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00 0010 00 34 9a e7 00 00 2f 06 00 00 ad c2 dc 61 ac 10 0020 64 29 01 bb d9 d8 d9 c6 8f a0 7e 90 55 3d 80 11 0030 00 fe cc 70 00 00 01 01 08 0a 3a 94 a2 40 d9 ce 0040 3f 83
5	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 47 ed bf 40 00 40 11 00 00 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d ab 80 00 35 00 33 61 b4 d8 a1 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 04 70 75 73 68 08 73 65 72 76 0040 69 63 65 73 07 6d 6f 7a 69 6c 6c 61 03 63 6f 6d 0050 00 00 01 00 01
6	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00 0010 00 34 a4 62 40 00 de 06 00 00 32 70 a4 10 ac 10 0020 64 29 01 bb a0 0c dd 6b e3 14 06 02 a3 5e 80 10 0030 00 6e 77 96 00 00 01 01 08 0a 58 41 7b f4 5e 08 0040 da 17
7	0000 01 00 5e 00 00 01 d4 8c b5 76 bd 00 08 00 46 c0 0010 00 20 52 16 00 00 01 02 00 00 ac 10 04 04 e0 00 0020 00 01 94 04 00 00 11 64 ee 9b 00 00 00 00 00 00 0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
8	0000 01 00 5e 00 00 fb d8 50 e6 a2 37 61 08 00 46 c0 0010 00 20 00 00 40 00 01 02 00 00 ac 10 64 29 e0 00 0020 00 fb 94 04 00 00 16 00 09 04 e0 00 00 fb
9	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 41 0e a9 40 00 40 11 00 00 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d cb 55 00 35 00 2d 29 c4 df 2f 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 04 61 6a 61 78 0a 67 6f 6f 67 0040 6c 65 61 70 69 73 03 63 6f 6d 00 00 01 00 01

Пакет IPv4 (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Пакет IPv4
10	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3c 0e af 40 00 40 11 00 00 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d c5 80 00 35 00 28 34 2b 2a 5b 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 03 63 6e 74 07 72 61 6d 62 6c 0040 65 72 02 72 75 00 00 01 00 01
11	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3c fc 00 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 5f a7 0020 7a 0a d3 36 01 bb 82 7d 14 a3 00 00 00 00 a0 02 0030 72 10 13 74 00 00 02 04 05 b4 04 02 08 0a 8d 45 0040 df 38 00 00 00 00 01 03 03 07
12	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 28 88 62 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 51 13 0020 58 50 e8 7c 01 bb 4e 53 66 b5 52 d5 0a c4 50 10 0030 fd 5c fc 00 00 00
13	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 8f b5 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 ad c2 0020 dd 61 d2 26 01 bb 8f c0 67 a9 fa 2a 37 4e 80 10 0030 01 28 3c 3d 00 00 01 01 08 0a 42 5c ef 47 d4 3f 0040 9b 51
14	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 28 ab e8 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 cd b9 0020 d0 34 bd 1a 01 bb a3 8a 34 2b 00 00 00 00 50 04 0030 00 00 6b 2d 00 00
15	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00 0010 00 34 d5 27 40 00 38 06 00 00 5f a7 7a 0a ac 10 0020 64 29 01 bb d3 40 5c 73 f9 e3 91 66 03 43 80 10 0030 00 87 f0 80 00 00 01 01 08 0a 23 f2 40 b5 8d 45 0040 e9 e0
16	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 f5 a3 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 5f a7 0020 7a 0a d3 3c 01 bb 73 64 20 c4 ae 3a f6 d3 80 10 0030 00 f5 84 a0 00 00 01 01 08 0a 8d 46 10 ec 23 f2 0040 36 e9
17	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 cb ae 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 40 e9 0020 a4 6c bc 42 03 e1 97 8e d0 98 c6 a2 d0 2a 80 10 0030 05 a4 b5 08 00 00 01 01 08 0a 54 e4 dc 38 4d 2d 0040 89 1e
18	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 f3 66 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 40 e9 0020 a2 6d 92 e6 03 e1 53 d3 5d f8 9d 70 fc 1d 80 10 0030 26 62 1c c6 00 00 01 01 08 0a ec 5a 92 b1 63 eb 0040 7a eb

Пакет IPv4 (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Пакет IPv4
19	0000 90 2b 34 99 6b d8 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00 0010 00 30 11 16 40 00 72 06 00 00 ac 10 64 13 ac 10 0020 64 56 ec 50 00 50 ce d5 4a 06 00 00 00 00 70 02 0030 ff ff 5d 68 00 00 02 04 05 64 01 01 04 02
20	0000 01 00 5e 00 00 01 d4 8c b5 76 bd 00 08 00 46 c0 0010 00 20 55 f2 00 00 01 02 00 00 ac 10 04 04 e0 00 0020 00 01 94 04 00 00 11 64 ee 9b 00 00 00 00 00 00 0030 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
21	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3e 43 e7 40 00 40 11 00 00 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d ec 72 00 35 00 2a 09 f3 ab 80 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 08 74 6f 70 2d 66 77 7a 31 04 0040 6d 61 69 6c 02 72 75 00 00 1c 00 01
22	0000 01 00 5e 00 00 fb d8 50 e6 a2 37 61 08 00 46 c0 0010 00 20 00 00 40 00 01 02 00 00 ac 10 64 29 e0 00 0020 00 fb 94 04 00 00 16 00 09 04 e0 00 00 fb
23	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3c 45 2c 40 00 40 11 00 00 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d a1 ce 00 35 00 28 3e ef 43 49 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 03 63 6e 74 07 72 61 6d 62 6c 0040 65 72 02 72 75 00 00 01 00 01
24	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 2d b6 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 b2 ed 0020 14 14 bd e0 00 50 d7 34 77 d6 5c 69 ab 66 80 10 0030 00 e5 79 40 00 00 01 01 08 0a 61 83 60 69 7b 99 0040 d2 ca
25	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 28 1c 8e 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 d9 45 0020 88 af eb a2 01 bb 5d f7 d2 1e 00 00 00 00 50 04 0030 00 00 20 3e 00 00
26	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00 0010 00 34 99 a3 40 00 40 06 00 00 b2 ed 14 14 ac 10 0020 64 29 00 50 bd e0 5c 69 ad 63 d7 34 78 d5 80 10 0030 04 10 21 f7 00 00 01 01 08 0a 7b 9a 23 46 61 83 0040 61 0f
27	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 34 f5 b2 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 40 e9 0020 a2 6d 92 e6 03 e1 53 d3 62 91 9d 8d 95 9d 80 10 0030 26 62 74 ff 00 00 01 01 08 0a ec 5c 97 78 63 ed 0040 7f b1

Продолжение табл. 4.1

Пакет IPv4 (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

№ вар.	Пакет IPv4
28	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00
	0010 00 3c a1 de 40 00 40 06 00 00 c1 7c 76 86 ac 10
	0020 64 29 00 50 a0 92 ba 36 d7 64 4a d8 64 29 a0 12
	0030 ff ff f6 a3 00 00 02 04 05 b4 01 03 03 06 04 02
	0040 08 0a 2a ef c1 74 11 9b 29 92
29	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00
	0010 00 3c a1 df 40 00 40 06 00 00 5b ee e6 5e ac 10
	0020 64 29 00 50 8b 52 63 0e 2f e7 54 f8 a9 1f a0 12
	0030 ff ff dc f3 00 00 02 04 05 b4 01 03 03 06 04 02
	0040 08 0a 42 c9 c8 ac 44 52 ab fe
30	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00
	0010 00 34 56 a0 40 00 40 06 00 00 ac 10 64 29 c1 7c
	0020 76 86 a0 92 00 50 4a d8 64 29 ba 36 d7 65 80 11
	0030 00 e5 10 ff 00 00 01 01 08 0a 11 9b 3d 1c 2a ef
	0040 c1 74

4.4. Контрольные вопросы

1. Структура заголовка IPv4.
2. Фрагментация пакета IPv4.
3. Принцип расчета контрольной суммы заголовка IPv4.

Практическая работа 5

Формирование пакета ARP

5.1. Цель работы

Изучить механизм работы протокола ARP и научиться формировать пакеты ARP, соответствующие различным сценариям его работы.

5.2. Теоретические сведения

5.2.1. Протокол ARP

ARP (Address Resolution Protocol — протокол определения адреса) — протокол в компьютерных сетях, предназначенный для определения MAC-адреса сетевого устройства по известному IP-адресу.

Наибольшее распространение ARP получил благодаря повсеместности сетей IP, построенных поверх Ethernet, поскольку в подавляющем большинстве случаев при таком сочетании используется ARP. В семействе протоколов IPv6 протокола ARP не существует, его функции возложены на ICMPv6.

Описание протокола было опубликовано в ноябре 1982 г. в RFC 826. ARP был спроектирован для случая передачи IP-пакетов через сегмент Ethernet. При этом общий принцип, предложенный для ARP, был использован и для сетей других типов.

Существуют следующие типы сообщений ARP: запрос ARP (ARP-request) и ответ ARP (ARP-reply). Система-отправитель при помощи запроса ARP запрашивает физический адрес системы-получателя. Ответ (физический адрес узла-получателя) приходит в виде ответа ARP.

Принцип работы протокола: узел (хост *A*), которому нужно выполнить отображение IP-адреса на MAC-адрес, формирует ARP-запрос, вкладывает его в кадр протокола канального уровня, указывая в нем известный IP-адрес (хост *B*), и рассылает запрос ширококестельно (в поле MAC-адрес назначения заголовка Ethernet указывается ширококестельный MAC-адрес FF:FF:FF:FF:FF:FF). Все узлы локальной сети получают ARP-запрос и сравнивают указанный там IP-адрес с собственным. В случае их совпадения узел (хост *B*) формирует ARP-ответ, в котором указывает свой IP-адрес и свой локальный адрес и отправляет его уже направленно, так как в ARP запросе отправитель (хост *A*) указывает свой локальный адрес.

Схема работы показана на рис. 5.1.

При получении ARP-ответа хост *A* записывает в кэш ARP запись с соответствием IP-адреса хоста *B* и MAC-адреса хоста *B*, полученного из ARP-ответа. Время хранения такой записи ограничено. По истечении времени хранения хост *A* посылает повторный запрос, теперь уже адресно, на известный

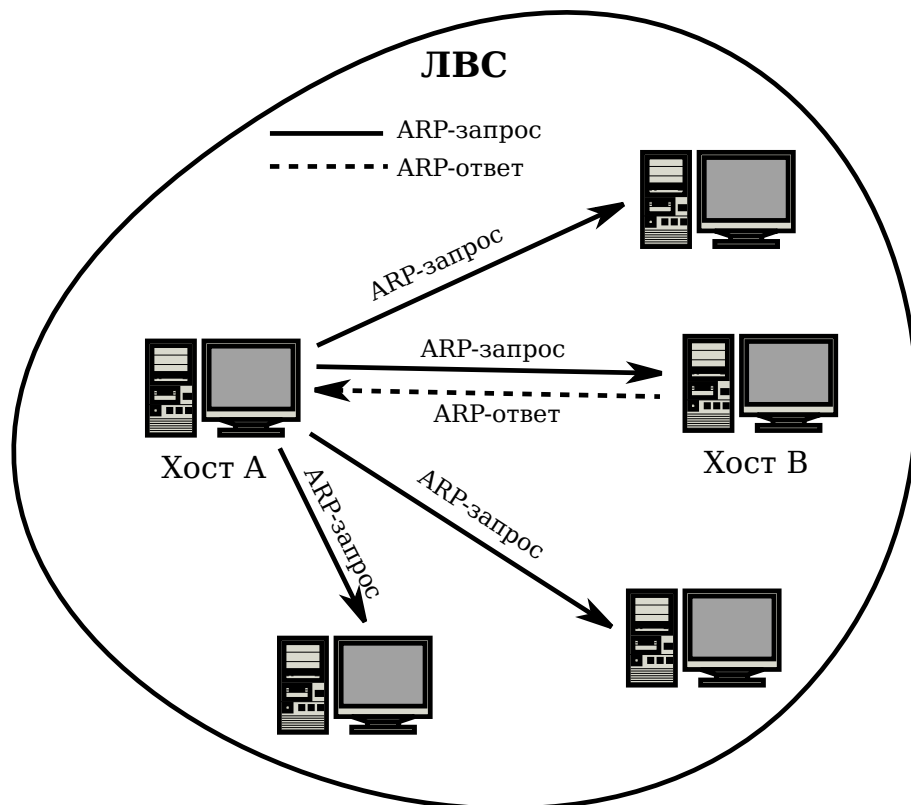


Рис. 5.1. Схема работы протокола ARP

MAC-адрес хоста В. В случае, если ответ не получен, снова посылается широковещательный запрос.

Структура кадра ARP с учетом заголовка Ethernet показана на рис. 5.2.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Destination MAC						Source MAC						ETH TYPE		HTYPE	
PTYPE		HLEN	PLEN	OP CODE		Sender MAC						Sender IP			
Target MAC						Target IP									

Рис. 5.2. Кадр протокола ARP

Значения полей заголовка кадра ARP приведены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Значения полей заголовка кадра ARP

Поле	Значение
HTYPE	Номер протокола передачи канального уровня (0x0001 для протокола Ethernet)
PTYPE	Код протокола сетевого уровня (0x0800 для протокола IPv4)
HLEN	Длина физического адреса в байтах. Адреса Ethernet имеют длину 6 байт
PLEN	Длина логического адреса в байтах. IPv4 адреса имеют длину 4 байта
OP CODE	Код операции: 0x01 в случае ARP-запроса и 0x02 в случае ARP-ответа

Значения полей заголовка кадра ARP

Поле	Значение
Sender MAC	Физический адрес отправителя
Sender IP	Сетевой адрес отправителя
Target MAC	Физический адрес получателя. При запросе поле заполняется нулями
Target IP	Сетевой адрес получателя

Самопроизвольный ARP (*gratuitous ARP*) — такое поведение ARP, когда ARP-ответ присылается, когда в этом (с точки зрения получателя) нет особой необходимости. Самопроизвольный ARP-ответ это пакет-ответ ARP, присланный без запроса. Он применяется для определения конфликтов IP-адресов в сети: как только станция получает адрес по DHCP или адрес присваивается вручную, рассылается ARP-ответ *gratuitous ARP*.

Самопроизвольный ARP может быть полезен в следующих случаях:

- обновление ARP-таблиц, в частности, в кластерных системах;
- информирование коммутаторов;
- извещение о включении сетевого интерфейса.

Несмотря на эффективность самопроизвольного ARP, он является особенно небезопасным, поскольку с его помощью можно уверить удаленный узел в том, что MAC-адрес какой-либо системы, находящейся с ней в одной сети, изменился, и указать, какой адрес используется теперь.

5.2.2. Сетевая атака ARP-спуфинг

Сетевая атака ARP-спуфинг (*ARP-spoofing*) основана на использовании самопроизвольного ARP.

Чтобы перехватить сетевые пакеты, которые атакуемый хост (A) отправляет на хост B, атакующий хост (C) формирует ARP-ответ, в котором ставит в соответствие IP-адресу хоста B свой MAC-адрес. Далее этот пакет отправляется на хост A. В том случае, если хост A поддерживает самопроизвольный ARP, он модифицирует собственную ARP-таблицу и помещает туда запись, где вместо настоящего MAC-адреса хоста B стоит MAC-адрес атакующего хоста C.

Теперь пакеты, отправляемые хостом A на хост B, будут передаваться хосту C.

Схема атаки показана на рис. 5.3.

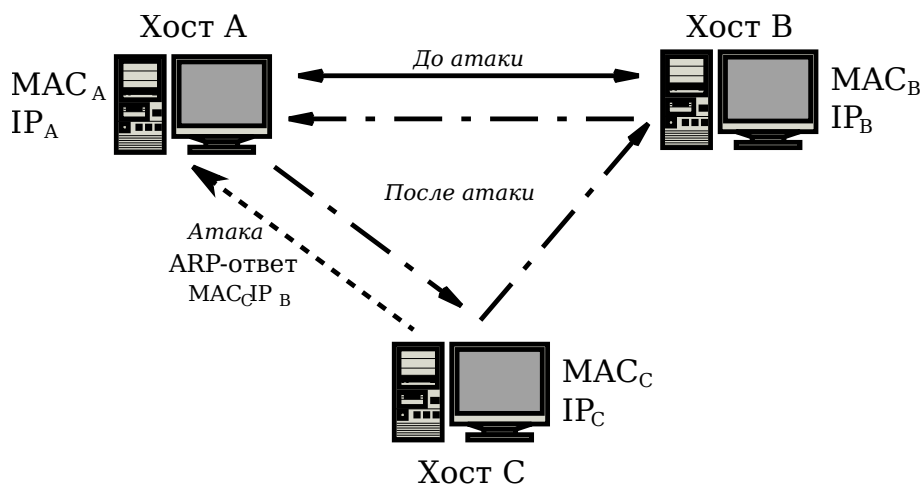


Рис. 5.3. Схема сетевой атаки ARP-спуфинг

5.3. Порядок выполнения задания

5.3.1. Варианты задания на практическую работу

В практической работе рассматривается участок локальной сети, состоящий из трех сетевых хостов, представленный на рис. 5.4.

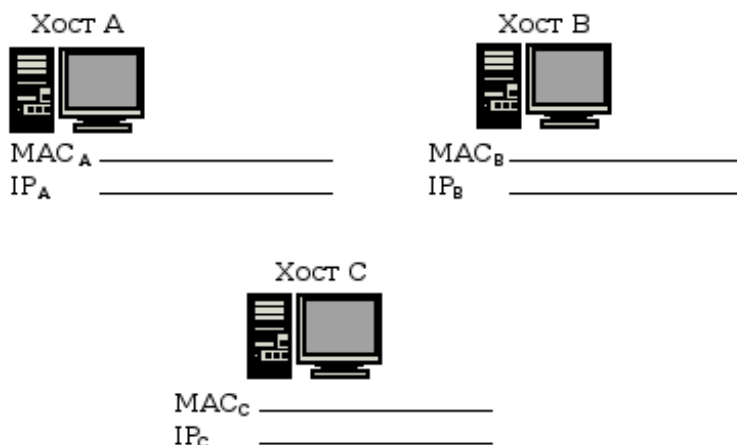


Рис. 5.4. Участок сети, рассматриваемый в практической работе

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста А представлены в табл. 5.2. Варианты указаны согласно номеру студента в списке группы.

Таблица 5.2

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста А
(выбираются по номеру студента в списке группы)

Вариант	MAC-адрес	IP-адрес
1	86:20:4d:e3:01:bf	186.101.221.144
2	66:c0:f5:ec:c8:05	114.32.41.123
3	c6:18:ef:b0:0e:6a	97.231.37.111
4	0a:a3:30:72:4b:10	43.33.134.211

Продолжение табл. 5.2

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста А
(выбираются по номеру студента в списке группы)

Вариант	MAC-адрес	IP-адрес
5	e6:49:cd:c0:4d:50	211.124.76.38
6	5a:0d:80:1a:b3:b7	38.142.22.115
7	aa:07:9f:3e:dc:68	157.34.36.76
8	72:89:f4:35:06:70	198.34.76.36
9	f2:bd:a2:65:55:b4	151.48.32.94
10	02:87:e5:fa:78:f3	87.39.57.28
11	4e:e6:16:ad:73:2c	132.211.222.243
12	56:e1:67:a3:c0:43	69.39.58.38
13	da:7e:1e:f2:90:af	185.38.59.36
14	5e:fa:e5:f6:67:e5	213.28.48.93
15	06:a6:da:03:14:33	182.48.29.91
16	4a:fe:af:15:30:5e	148.82.63.69
17	a6:5e:16:49:81:16	82.132.56.73
18	a2:a0:ea:9f:3e:38	159.92.63.69
19	36:97:b1:8c:45:ea	37.58.87.29
20	66:63:4d:15:eb:7f	205.37.59.32
21	fe:bd:03:3d:bd:4a	92.23.76.45
22	32:65:b6:86:3c:db	231.48.81.64
23	da:05:99:80:a4:67	47.28.49.61
24	ee:07:d6:b7:7a:e2	162.85.103.39
25	4e:cc:94:96:4c:d6	85.91.127.37
26	b2:7e:02:f2:77:61	201.56.93.105
27	b6:45:93:c0:12:9c	61.85.71.69
28	ba:e9:67:30:be:b8	126.38.91.47
29	22:20:75:51:2d:cf	194.71.68.36
30	fe:ad:55:d1:39:90	149.93.28.58

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста В представлены в табл. 5.3.
Варианты указаны согласно номеру студента в списке группы.

Таблица 5.3

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста В
(выбираются по номеру студента в списке группы)

Вариант	MAC-адрес	IP-адрес
1	4a:14:1f:e0:e4:4f	186.101.221.145
2	82:ac:ac:2a:5a:e7	114.32.41.124
3	8a:f6:02:82:9f:76	97.231.37.112

Продолжение табл. 5.3

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста В
(выбираются по номеру студента в списке группы)

Вариант	MAC-адрес	IP-адрес
4	a2:2a:e2:b2:23:14	43.33.134.212
5	be:2a:62:dd:d6:f7	211.124.76.39
6	22:f1:d6:e1:76:77	38.142.22.116
7	c6:59:39:8d:2e:a5	157.34.36.77
8	3e:30:da:fb:0e:19	198.34.76.37
9	0e:3c:e9:11:f2:4f	151.48.32.95
10	c6:74:48:aa:52:25	87.39.57.29
11	ae:f0:b3:b9:50:4d	132.211.222.244
12	76:f3:1d:ea:f0:e8	69.39.58.39
13	b6:ae:13:c7:9f:1e	185.38.59.37
14	9e:a3:07:65:6a:94	213.28.48.94
15	36:10:2c:07:b6:45	182.48.29.92
16	96:e8:4f:c4:46:7d	148.82.63.70
17	42:77:42:73:2c:b8	82.132.56.74
18	1a:ba:5b:77:e6:45	159.92.63.70
19	42:7d:36:ee:5f:2d	37.58.87.30
20	56:81:11:4e:5f:c6	205.37.59.33
21	4e:0f:a9:ad:ac:68	92.23.76.46
22	ae:57:50:59:ef:cc	231.48.81.65
23	6e:98:7a:9c:d9:e4	47.28.49.62
24	82:59:4f:17:1d:40	162.85.103.40
25	de:24:ff:dc:55:99	85.91.127.38
26	8e:84:76:80:93:1a	201.56.93.106
27	46:42:f2:4a:eb:56	61.85.71.70
28	2e:90:dd:9b:ce:a1	126.38.91.48
29	ca:47:83:4e:6e:a7	194.71.68.37
30	46:43:d0:73:68:b1	149.93.28.59

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста С представлены в табл. 5.4.
Варианты указаны согласно номеру студента в списке группы.

Таблица 5.4

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста С
(выбираются по номеру студента в списке группы)

Вариант	MAC-адрес	IP-адрес
1	5e:53:f1:f6:89:6b	186.101.221.146
2	ea:60:f6:b8:6e:19	114.32.41.125

Продолжение табл. 5.4

Варианты MAC-адреса и IP-адреса для хоста С
(выбираются по номеру студента в списке группы)

Вариант	MAC-адрес	IP-адрес
3	a2:98:6b:1b:33:3d	97.231.37.113
4	62:84:77:7c:bf:ae	43.33.134.213
5	42:71:93:00:99:d5	211.124.76.40
6	6e:92:11:ca:95:62	38.142.22.117
7	9a:1a:05:40:bd:c4	157.34.36.78
8	8a:85:39:2f:c3:b5	198.34.76.38
9	7e:82:5b:d3:ee:63	151.48.32.96
10	da:93:19:a0:ad:a1	87.39.57.30
11	72:ef:fe:3b:49:bc	132.211.222.245
12	96:3d:fd:38:a0:b7	69.39.58.40
13	ce:15:b0:0e:00:8f	185.38.59.38
14	be:76:c2:31:15:df	213.28.48.95
15	92:2f:66:68:92:65	182.48.29.93
16	46:2e:e8:c6:07:ff	148.82.63.71
17	ee:a2:8a:12:54:b3	82.132.56.75
18	16:7c:cf:96:9d:a8	159.92.63.71
19	2a:2b:2b:f9:cf:9e	37.58.87.31
20	b2:21:db:a8:ad:d8	205.37.59.34
21	3a:d4:65:86:b4:d8	92.23.76.47
22	1e:1d:ef:bd:96:84	231.48.81.66
23	d6:8b:f2:b8:6a:4c	47.28.49.63
24	be:65:a7:1c:b4:21	162.85.103.41
25	e2:df:ca:0b:c0:a5	85.91.127.39
26	72:5b:9c:90:91:5f	201.56.93.107
27	5a:89:87:fc:31:58	61.85.71.71
28	3a:c6:f4:da:c4:88	126.38.91.49
29	aa:29:89:97:86:a9	194.71.68.38
30	22:39:dd:e8:90:5b	149.93.28.60

5.3.2. Формирование ARP-запроса и соответствующего ему ARP-ответа

Исходя из выбранного варианта и схемы сети (рис. 5.4), сформировать кадр ARP-запроса, отправленный хостом А для определения MAC-адреса хоста В, и кадр ARP-ответа, соответствующий этому ARP-запросу.

5.3.3. *Формирование ARP-пакета для осуществления сетевой атаки ARP-спуфинг*

Исходя из выбранного варианта и схемы сети (рис. 5.4), сформировать кадр ARP-ответа, отправленный хостом С для перехвата трафика, передаваемого от хоста А к хосту В.

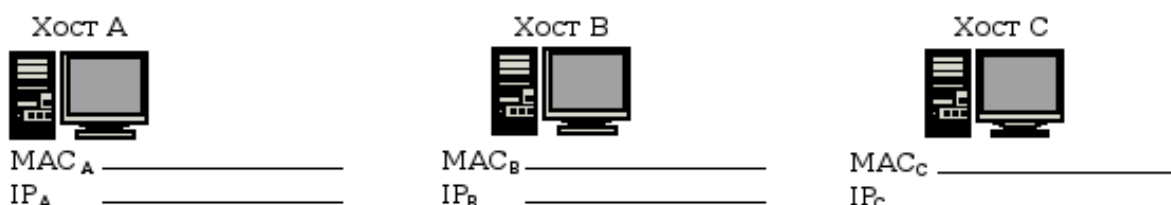
5.4. Контрольные вопросы

1. Протокол ARP.
2. Структура пакета ARP.
3. Атака ARP-спуфинг.

Бланк к практической работе 5 Формирование пакета ARP

Группа: _____ Студент: _____

№ варианта: _____



Формирование ARP-запроса и соответствующего ему ARP-ответа

ARP-запрос:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Destination MAC						Source MAC						ETH TYPE		HTYPE	
PTYPE		HLEN	PLEN	OP CODE		Sender MAC						Sender IP			
Target MAC						Target IP									

ARP-ответ:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Destination MAC						Source MAC						ETH TYPE		HTYPE	
PTYPE		HLEN	PLEN	OP CODE		Sender MAC						Sender IP			
Target MAC						Target IP									

Формирование ARP-пакета для сетевой атаки ARP-спуфинг

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Destination MAC						Source MAC						ETH TYPE		HTYPE	
PTYPE		HLEN	PLEN	OP CODE		Sender MAC						Sender IP			
Target MAC						Target IP									

Практическая работа 6

Формат пакета и контрольная сумма протокола ICMP

6.1. Цель работы

Изучить формат пакета ICMP и на примере разобрать механизм вычисления 16-битовой контрольной суммы, используемой для обнаружения ошибок в пакете протокола ICMP.

6.2. Теоретические сведения

В протоколе ICMP контрольная сумма рассчитывается для всего пакета. Структура пакета ICMP приведена на рис. 6.1.

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
Тип сообщения								Код сообщения								Контрольная сумма															
Данные в зависимости от типа и кода сообщения																															

Рис. 6.1. Структура пакета ICMP

Алгоритм вычисления контрольной суммы полностью аналогичен такому для заголовка протокола IP. Рассмотрим вычисление контрольной суммы на примере ICMP-пакета, приведенного на рис. 6.2. Поле контрольной суммы выделено цветом.

0	15	16	31
0800	7C6B		
6F83	0001		
0001	0203		
0405	0607		

Рис. 6.2. Пример пакета ICMP

1. Разбиваем заголовок на слова по 16 бит, принимаем значение поля контрольной суммы равным нулю и суммируем полученные 16-битные слова между собой:

$$(0800)_{16} + (0000)_{16} + (6F83)_{16} + (0001)_{16} + (0001)_{16} + (0203)_{16} + (0405)_{16} + (0607)_{16} = (8394)_{16}.$$

2. Находим контрольную сумму, как двоичное поразрядное дополнение результата сложения:

$$CS_{ICMP} = (FFFF)_{16} - (8394)_{16} = (7C6B)_{16}.$$

Как можно видеть, результат совпадает со значением поля контрольной суммы, приведенным на рис. 6.2.

Проверка контрольной суммы аналогична рассмотренной для протокола IPv4.

6.3. Порядок выполнения задания

Исходные данные: сетевой пакет в 16-ричном представлении, записанный начиная с заголовка Ethernet (Ethernet DIX). Поле контрольной суммы заменено на нули. Первый столбец обозначает номер строки в 16-ричном представлении.

1. Выделить из заданного сетевого пакета часть, относящуюся к протоколу ICMP. Определить тип и код ICMP-сообщения и записать его назначение. Разбить ICMP сообщение на поля.

2. Рассчитать контрольную сумму протокола ICMP.

3. Провести проверку правильности вычисления контрольной суммы.

Варианты задания на практическую работу приведены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Пакет ICMP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет ICMP																
1	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	54	31	7e	40	00	40	01	f4	86	c0	a8	01	0f	57	fa
	0020	fa	f2	08	00	00	00	55	7a	00	01	05	d2	e3	59	00	00
	0030	00	00	2a	54	03	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														
2	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	54	56	33	40	00	40	01	3f	6f	c0	a8	01	0f	40	e9
	0020	a2	66	08	00	00	00	55	7b	00	01	10	d2	e3	59	00	00
	0030	00	00	54	e5	01	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														
3	0000	74	d0	2b	ae	ec	02	e8	de	27	8e	0f	75	08	00	45	60
	0010	00	54	00	00	00	00	2d	01	e8	42	40	e9	a2	66	c0	a8
	0020	01	0f	00	00	00	00	55	7b	00	01	10	d2	e3	59	00	00
	0030	00	00	54	e5	01	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														

Пакет ICMP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет ICMP																
4	0000	74	d0	2b	ae	ec	02	e8	de	27	8e	0f	75	08	00	45	60
	0010	00	54	b1	06	00	00	31	01	c3	9e	57	fa	fa	f2	c0	a8
	0020	01	0f	00	00	00	00	55	7a	00	01	05	d2	e3	59	00	00
	0030	00	00	2a	54	03	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														
5	0000	74	d0	2b	ae	ec	02	e8	de	27	8e	0f	75	08	00	45	c0
	0010	00	58	32	9c	00	00	40	01	c3	e8	c0	a8	01	01	c0	a8
	0020	01	0f	0b	00	00	00	00	00	00	00	45	00	00	3c	77	f4
	0030	00	00	01	11	2d	19	c0	a8	01	0f	57	fa	fa	f2	a5	ee
	0040	82	9a	00	28	cd	6b	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	0050	4a	4b	4c	4d	4e	4f	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0060	5a	5b	5c	5d	5e	5f										
6	0000	74	d0	2b	ae	ec	02	e8	de	27	8e	0f	75	08	00	45	60
	0010	00	58	ad	57	00	00	35	01	c3	49	57	fa	fa	f2	c0	a8
	0020	01	0f	03	03	00	00	00	00	00	00	45	60	00	3c	78	15
	0030	00	00	01	11	2c	98	c0	a8	01	0f	57	fa	fa	f2	c3	e1
	0040	82	bb	00	28	af	57	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
	0050	4a	4b	4c	4d	4e	4f	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59
	0060	5a	5b	5c	5d	5e	5f										
7	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	54	e7	88	40	00	40	01	81	4c	c0	a8	01	0f	ac	10
	0020	64	0c	08	00	00	00	55	e2	00	01	f3	d2	e3	59	00	00
	0030	00	00	20	7f	07	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														
8	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	54	e8	6c	40	00	40	01	80	68	c0	a8	01	0f	ac	10
	0020	64	0c	08	00	00	00	55	e2	00	02	f4	d2	e3	59	00	00
	0030	00	00	ca	a5	07	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														
9	0000	74	d0	2b	ae	ec	02	e8	de	27	8e	0f	75	08	00	45	c0
	0010	00	4f	32	9b	00	00	40	01	c3	f2	c0	a8	01	01	c0	a8
	0020	01	0f	03	03	00	00	00	00	00	00	45	00	00	33	00	01
	0030	00	00	40	11	f7	58	c0	a8	01	0f	c0	a8	01	01	ac	4e
	0040	98	58	00	1f	59	45	05	71	01	00	00	01	00	00	00	00
	0050	00	00	02	79	61	02	72	75	00	00	01	00	01			

Пакет ICMP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет ICMP																																																																																																							
10	0000	74	d0	2b	ae	ec	02	e8	de	27	8e	0f	75	08	00	45	60	0010	00	38	d7	e7	00	00	fc	01	0e	57	d4	e8	41	86	c0	a8	0020	01	0f	03	0d	00	00	00	00	00	00	00	45	60	00	33	00	01	0030	00	00	3c	11	b1	97	c0	a8	01	0f	0a	0a	01	01	ac	4e	0040	01	2c	00	1f	a7	10																												
11	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00	0010	00	45	00	01	00	00	40	01	f7	56	c0	a8	01	0f	c0	a8	0020	01	01	09	00	00	00	00	00	00	00	00	31	33	35	31	34	36	0030	35	31	34	33	35	31	33	35	34	36	38	31	34	33	35	61	0040	33	31	63	61	35	31	61	33	35	31	61	63	33	35	31	66	0050	33	61	31														
12	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00	0010	00	50	00	01	00	00	40	01	f7	4b	c0	a8	01	0f	c0	a8	0020	01	01	09	00	00	00	00	00	00	00	00	31	33	35	31	34	36	0030	35	31	34	33	35	31	33	35	34	36	38	31	34	33	35	61	0040	33	31	63	61	35	31	61	33	35	31	61	63	33	35	31	66	0050	33	61	31	66	31	64	33	66	35	31	64	66	31	64			
13	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00	0010	00	4d	00	01	00	00	40	01	f7	4e	c0	a8	01	0f	c0	a8	0020	01	01	0d	00	00	00	00	00	00	00	00	03	cc	81	51	03	cc	0030	81	51	03	cc	81	51	31	31	32	32	32	33	35	35	38	31	0040	33	31	63	61	33	64	35	31	63	33	31	61	63	33	64	35	0050	31	63	61	35	31	63	33	61	64	31	63						
14	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00	0010	00	43	00	01	00	00	40	01	f7	58	c0	a8	01	0f	c0	a8	0020	01	01	0f	00	00	00	00	12	00	22	31	31	32	32	64	73	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	61	64	31	0050	63																	
15	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00	0010	00	4a	00	01	00	00	40	01	f7	51	c0	a8	01	0f	c0	a8	0020	01	01	0f	00	00	00	00	12	00	22	31	31	32	32	64	73	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	61	64	31	0050	63	61	76	74	62	61	66	64										
16	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00	0010	00	4e	00	01	00	00	40	01	f7	4d	c0	a8	01	0f	c0	a8	0020	01	01	11	00	00	00	00	12	00	22	00	00	00	00	31	31	0030	32	32	64	73	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	0040	35	31	63	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	0050	33	61	64	31	63	61	76	74	62	61	66	64						

Пакет ICMP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет ICMP																
17	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	4a	00	01	00	00	40	01	f7	51	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	11	00	00	00	00	12	00	22	00	00	00	00	31	31
	0030	32	32	64	73	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64
	0040	35	31	63	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63
	0050	33	61	64	31	63	61	76	74								
18	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	1e	00	00	00	00	00	00	31	31	32	32	64	73	
	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61
	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	61	64	31
	0050	63	61	76	74												
19	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	03	0d	00	00	00	00	00	31	31	32	32	64	73	
	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61
	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	61	64	31
	0050	63	61	76	74												
20	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	48	00	01	00	00	40	01	f7	53	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	11	00	00	00	00	63	00	18	00	00	00	00	6e	6b
	0030	6c	32	33	31	33	6a	66	34	36	35	34	64	6e	76	6b	63
	0040	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63
	0050	6c	31	63	61	76	74										
21	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	0f	00	00	00	00	13	00	0e	33	31	63	61	33	64
	0030	35	31	61	63	6e	6b	6c	6a	66	64	6e	76	6b	63	61	64
	0040	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63	6c	31
	0050	63	61	76	74												
22	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	0a	02	00	00	00	00	00	00	33	31	63	61	33	64
	0030	35	31	61	63	6e	6b	6c	6a	66	64	6e	76	6b	63	61	64
	0040	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63	6c	31
	0050	63	61	76	74												
23	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	47	00	01	00	00	40	01	f7	54	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	03	0a	00	00	00	00	00	00	64	6b	6d	6b	63	73
	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61
	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63	6c
	0050	31	63	61	76	74											

Пакет ICMP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет ICMP																
24	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	48	00	01	00	00	40	01	f7	53	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	11	00	00	00	00	13	00	0e	00	00	00	00	6e	6b
	0030	6c	32	33	31	33	6a	66	34	36	35	34	64	6e	76	6b	63
	0040	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63
	0050	6c	31	63	61	76	74										
25	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	0a	00	00	00	00	00	00	33	31	63	61	33	64	
	0030	35	31	61	63	6e	6b	6c	6a	66	64	6e	76	6b	63	61	64
	0040	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63	6c	31
	0050	63	61	76	74												
26	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	4e	00	01	00	00	40	01	f7	4d	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	11	00	00	00	00	12	00	22	00	00	00	00	31	31
	0030	32	32	64	73	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64
	0040	35	31	63	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63
	0050	33	61	64	31	63	61	76	74	62	61	66	64				
27	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	4a	00	01	00	00	40	01	f7	51	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	11	00	00	00	00	12	00	22	00	00	00	00	31	31
	0030	32	32	64	73	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64
	0040	35	31	63	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63
	0050	33	61	64	31	63	61	76	74								
28	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	1e	00	00	00	00	00	00	31	31	32	32	64	73	
	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61
	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	61	64	31
	0050	63	61	76	74												
29	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	46	00	01	00	00	40	01	f7	55	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	03	0d	00	00	00	00	00	31	31	32	32	64	73	
	0030	64	73	63	73	38	31	33	31	63	61	33	64	35	31	63	61
	0040	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	61	64	31
	0050	63	61	76	74												
30	0000	e8	de	27	8e	0f	75	74	d0	2b	ae	ec	02	08	00	45	00
	0010	00	48	00	01	00	00	40	01	f7	53	c0	a8	01	0f	c0	a8
	0020	01	01	11	00	00	00	00	63	00	18	00	00	00	00	6e	6b
	0030	6c	32	33	31	33	6a	66	34	36	35	34	64	6e	76	6b	63
	0040	61	64	66	33	31	61	35	31	66	33	35	31	63	33	73	63
	0050	6c	31	63	61	76	74										

6.4. Контрольные вопросы

1. Структура пакета ICMP.
2. Принцип расчета контрольной суммы пакета ICMP.

Практическая работа 7

Адресация IPv6

7.1. Цель работы

Изучить формат адреса IPv6 и процедуру его формирования.

7.2. Теоретические сведения

7.2.1. Адрес IPv6

Формат адреса IPv6 показан на рис. 7.1. Длина IPv6-адресов составляет 128 бит, написанных в виде строки шестнадцатеричных значений. 4 бита представлены одной шестнадцатеричной цифрой. Всего 32 цифры. Адресация IPv6 определена в RFC 4291.

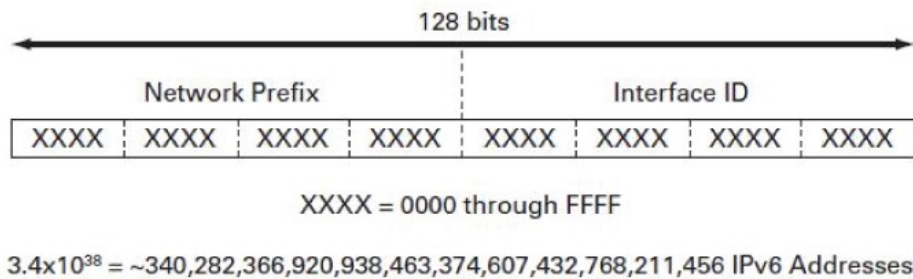


Рис. 7.1. Формат адреса IPv6

Поскольку адрес IPv6 имеет значительную длину, на практике для его записи применяют определенные правила.

2001:0db8:85a3:0000:0000:8a2e:0370:7334

1. Пропуск всех ведущих 0 в шестнадцатеричной записи

01AB -> 1AB 09F0 -> 9F0 0A00 -> A00 00AB -> AB

2001:db8:85a3:0:0:8a2e:370:7334

Это правило применяется только к ведущим нулям, а НЕ к последующим, иначе адрес будет записан неясно.

2. Двойное двоеточие (::) может заменить любую единую, смежную строку одного или нескольких 16-битных сегментов (хекстетов), состоящих из нулей. Двойное двоеточие (::) может использоваться в адресе только один раз.

2001:db8:85a3::8a2e:370:7334

Неверный адрес:

2001:0DB8::ABCD::1234

7.2.2. Типы IPv6-адресов

- Unicast адреса идентифицируют только один сетевой интерфейс. Протокол IPv6 доставляет пакеты, отправленные на такой адрес, на конкретный интерфейс. Существует шесть типов Unicast адресов
- Anycast адреса назначаются группе интерфейсов, обычно принадлежащих различным узлам. Пакет, отправленный на такой адрес, доставляется на один из интерфейсов данной группы, как правило наиболее близкий к отправителю с точки зрения протокола маршрутизации.
- Multicast адрес также используется группой узлов, но пакет, отправленный на такой адрес, будет доставлен каждому узлу в группе. Различают два типа Multicast адресов.

7.2.3. Unicast адреса IPv6

1. Global unicast адрес мало чем отличается от публичного IPv4-адреса. Эти адреса, к которым можно проложить маршрут по Интернету, являются уникальными по всему миру. Глобальные индивидуальные адреса могут быть настроены статически или присвоены динамически.

2. Loopback-адрес используется узлом для отправки пакета самому себе и не может быть назначен физическому интерфейсу. Как и на loopback-адрес IPv4, для проверки настроек TCP/IP на локальном узле можно послать эхо-запрос на loopback-адрес IPv6. Loopback-адрес IPv6 состоит из нулей, за исключением последнего бита, который выглядит как `::1/128` или просто `::1` в сжатом формате.

3. Link-local IPv6-адрес канала позволяет устройству обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 по одному и тому же каналу и только по данному каналу (подсети). Пакеты с локальным адресом канала источника или назначения не могут быть направлены за пределы того канала, в котором пакет создаётся. В отличие от локальных IPv4-адресов канала, локальные адреса канала IPv6 играют важную роль в различных аспектах сети. Глобальный индивидуальный адрес не обязателен. Однако для содержания локального адреса канала необходим сетевой интерфейс под управлением протокола IPv6. Если локальный адрес канала не настроен вручную на интерфейсе, устройство автоматически создаёт собственный адрес, обращаясь к DHCP-серверу. Узлы под управлением IPv6 создают локальный IPv6-адрес канала даже в том случае, если устройству не был назначен глобальный IPv6-адрес. Это позволяет устройствам под управлением IPv6 обмениваться данными с другими устройствами под управлением IPv6 в одной подсети, в том числе со шлюзом по умолчанию (маршрутизатором). Локальные IPv6-адреса канала находятся в диапазоне FE80::/10.

4. Неопределённый адрес (Unspecified address) состоит из нулей и в сжатом формате представлен как `::/128` или просто `::`. Он не может быть назначен интерфейсу и используется только в качестве адреса источника в IPv6-пакете. Неопределённый адрес используется в качестве адреса источника, когда устройству еще не назначен постоянный IPv6-адрес или когда источник пакета не относится к месту назначения.

5. Unique local IPv6-адреса (RFC 4193) имеют некоторые общие особенности с частными («серыми») адресами для IPv4, но при этом между ними имеются и значительные различия. Уникальные локальные адреса используются для локальной адресации в пределах узла или между ограниченным количеством узлов. Эти адреса не следует маршрутизировать в глобальном протоколе IPv6. Уникальные локальные адреса находятся в диапазоне от `FC00::/7` до `FDF5::/7`. В случае с IPv4 частные адреса объединены с преобразованием сетевых портов и адресов (NAT/PAT) для обеспечения преобразования адресов из частных в публичные. Это делается из-за недостатка адресного пространства IPv4. Во многих сетях также используют частный характер адресов RFC 1918, чтобы обеспечить безопасность или защитить сеть от потенциальных угроз. Однако такая мера никогда не была целью использования данных технологий, и организация IETF всегда рекомендовала предпринимать правильные меры предосторожности при работе маршрутизатора в Интернете. Хотя протокол IPv6 обеспечивает особую адресацию для сайтов, он не предназначен для того, чтобы скрывать внутренние устройства под управлением IPv6 от Интернета IPv6. IETF рекомендует ограничивать доступ к устройствам с помощью наилучших мер безопасности.

6. Встроенные IPv4-адреса (IPv4 embedded). Использование этих адресов способствует переходу с протокола IPv4 на IPv6. Эти адреса определены в RFC 6052. Выделяют так называемый *IPv4 совместимый IPv6 адрес* вида `::FFFF:xx.xx.xx.xx/96`, в котором нижние 32 бита это адрес IPv4. Устарел и больше не используется. Также выделяют *адрес IPv4, отображённый на IPv6* вида `::xx.xx.xx.xx/96`.

7.2.4. Global unicast IPv6

Global unicast IPv6-адреса уникальны по всему миру и доступны для маршрутизации через Интернет IPv6. Эти адреса эквивалентны публичным IPv4-адресам. В настоящее время назначаются только глобальные индивидуальные адреса с первыми тремя битами `0b001` или `2000::/3`. Это лишь 1/8 от всего доступного адресного пространства IPv6. Адрес `2001:0DB8::/32` был зарезервирован для документации, в том числе для использования в примерах. Структура Global unicast адреса показана на рис. 7.2.

- Префикс глобальной маршрутизации — Префикс глобальной маршрутизации — это префиксальная или сетевая часть адреса, назначаемая



Рис. 7.2. Структура Global unicast IPv6-адреса

интернет-провайдером заказчику или узлу. В настоящее время /48 является префиксом глобальной маршрутизации, который в настоящее время интернет-регистраторы назначают своим заказчикам — корпоративным сетям и индивидуальным пользователям. Этого адресного пространства более чем достаточно для большинства заказчиков.

- Идентификатор подсети — Идентификатор подсети используется организациями для обозначения подсетей в каждом узле.
- Идентификатор интерфейса — Идентификатор IPv6-интерфейса эквивалентен узловой части адреса IPv4-адреса. Термин «идентификатор интерфейса» используется в том случае, когда один узел может иметь несколько интерфейсов, каждый из которых обладает одним или более IPv6-адресами.

7.2.5. Процесс EUI-64

Организация IEEE разработала расширенный уникальный идентификатор (EUI) или изменённый процесс EUI-64. Этот процесс использует 48-битный MAC-адрес Ethernet клиента и в середину этого адреса вставляет ещё 16 бит для создания 64-битного идентификатора интерфейса. Преимущество EUI-64 MAC-адреса Ethernet заключается в том, что его можно использовать для определения идентификатора интерфейса. Кроме того, сетевые администраторы могут легко отслеживать IPv6-адрес до конечных устройств с помощью уникального MAC-адреса.

Однако, именно возможность отследить как пакеты устройства, так и перемещение самого устройства между сетями привела к тому, что были высказаны опасения о нарушении приватности пользователей, а также о уменьшении уровня безопасности сети. Соответственно, современные ОС на конечных устройствах генерируют идентификатор интерфейса случайным образом.

1. EUI-48 → EUI-64

02:0C:29:0C:47:D5 ==> 02:0C:29:FF:FE:0C:47:D5

2. Инверсия бита Unique/Local

02:0C:29:FF:FE:0C:47:D5 ==> 00:0C:29:FF:FE:0C:47:D5

Пример получения адреса IPv6 из локального MAC-адреса:

02:00:00:00:00:01 ==> FE80::FF:FE00:1

7.2.6. Multicast IPv6

Multicast IPv6-адреса мало чем отличаются от multicast IPv4-адресов. Multicast адрес используется для отправки одного пакета по одному или нескольким назначениям (группе мультивещания). Multicast IPv6-адреса имеют префикс FF00::/8. Multicast адреса могут быть только адресами назначения, а не адресами источника.

Существует два типа multicast IPv4-адресов:

- 1) назначенные (присвоенные) (Assigned multicast);
- 2) запрошенные (Solicited multicast).

Присвоенные групповые адреса (Assigned multicast) зарезервированы для заданных групп устройств. Присвоенный групповой адрес — это один адрес, используемый для осуществления связи с группой устройств, работающих на одном протоколе или сервисе. Присвоенные групповые адреса используются вместе с конкретными протоколами, например с протоколом DHCPv6. Есть две распространённые группы присвоенных групповых IPv6-адресов.

1. Группа мультивещания для всех IPv6-узлов FF02::1, к которой подключены все устройства под управлением протокола IPv6. Пакет, отправленный этой группе, получается и обрабатывается всеми IPv6-интерфейсами в канале или сети. Эта группа адресов работает так же, как широковещательный адрес в протоколе IPv4.

2. Группа мультивещания для всех маршрутизаторов FF02::2, к которой подключены все IPv6-маршрутизаторы. Пакет для этой группы получается и обрабатывается всеми IPv6-маршрутизаторами в канале или сети.

Групповой IPv6-адрес запрашиваемого узла (Solicited multicast) создаётся автоматически при назначении глобального индивидуального адреса или локального адреса канала. Групповой IPv6-адрес запрашиваемого узла создаётся посредством объединения специального префикса FF02:0:0:0:0:1:FF00::/104 с крайними правыми 24 битами его индивидуального адреса.

Очень редко в идентификаторах интерфейса устройств встречаются одинаковые крайние правые 24 бита. Это не влечёт за собой никаких проблем, поскольку устройство по-прежнему будет обрабатывать инкапсулированное сообщение, в котором содержится полный IPv6-адрес запрашиваемого устройства.

7.2.7. Разбиение на подсети

Разбиение IPv6-сети на подсети подразумевает использование другого подхода, чем разбиение на подсети IPv4-сети. Пространство IPv6-адресов разбивается не с целью экономии адресов, а для обеспечения иерархической логической структуры сети. Разбиение на подсети в IPv6 возможно провести двумя вариантами.

1. *Разбиение на подсети с использованием идентификатора подсети.* Блок IPv6-адресов с префиксом /48 содержит 16 бит идентификатора подсети. Разбиение на подсети с использованием 16 бит идентификатора подсети даёт 65536 возможных подсетей /64. Поэтому нет необходимости заимствовать биты из идентификатора интерфейса или узловой части адреса. Каждая IPv6-подсеть /64 содержит примерно $18 \cdot 10^{18}$ адресов, что гораздо больше, чем когда-либо понадобится в одном сегменте IP-сети. Подсети, созданные из идентификатора подсети, легко представить, поскольку не нужно выполнять преобразование в двоичный формат. Чтобы определить следующую доступную подсеть, достаточно рассчитать следующее шестнадцатеричное число. Необходимо применить расчёт части идентификатора подсети в шестнадцатеричной системе счисления. Префикс глобальной маршрутизации является одинаковым для всех подсетей. Для каждой подсети увеличивается только четырёхразрядный идентификатор подсети, как показано на рис. 7.3.

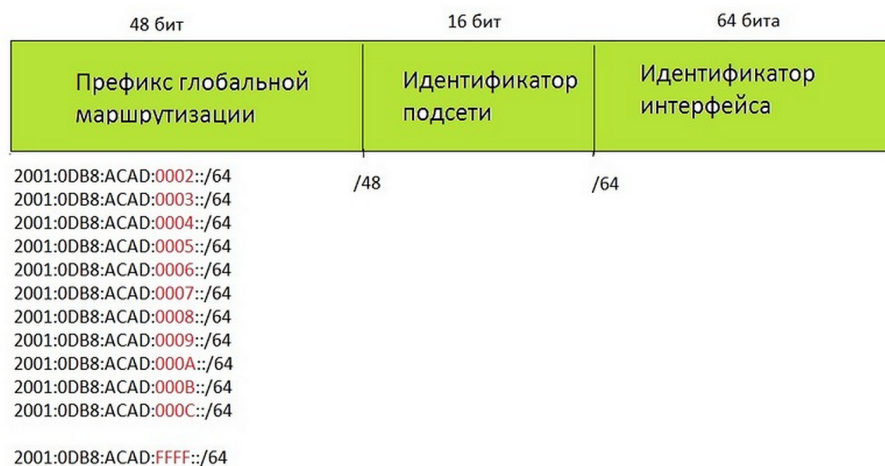


Рис. 7.3. Разбиение на подсети с использованием идентификатора подсети

2. *Разбиение на подсети с использованием идентификатора интерфейса.* В IPv6-сетях по аналогии с заимствованием бит из узловой части IPv4-адреса можно позаимствовать биты из идентификатора интерфейса для создания дополнительных IPv6-подсетей, как показано на рис. 7.4. Как правило, это делается по соображениям безопасности, чтобы уменьшить число узлов в подсети и создавать дополнительные подсети. При расширении идентификатора подсети путём заимствования бит из идентификатора интерфейса реко-

мендуется создавать подсеть на границе полубайта (4 бита или одна шестнадцатеричная цифра). Префикс подсети /64 расширяется на четыре бита или один полубайт до подсети /68. Это позволяет уменьшить размер идентификатора на 4 бита (с 64 до 60). Разбиение на подсети по границе полубайта имеет значение только для масок подсетей, выровненных по полубайту. Начиная с /64, масками подсети, выровненными по полубайту, будут являться маски /68, /72, /76, /80 и т. д. Разбиение на подсети по границе полубайта позволяет создать подсети с использованием дополнительного шестнадцатеричного значения. Можно создать подсеть в пределах полубайта, используя шестнадцатеричную цифру, однако это не рекомендуется и, кроме того, в этом нет необходимости. Разбиение на подсети в пределах полубайта сводит на нет преимущества быстрого определения префикса из идентификатора интерфейса. Например, если используется длина префикса /66, первые два бита были бы частью идентификатора подсети, а вторые два бита — частью идентификатора интерфейса.



Рис. 7.4. Разбиение на подсети с использованием идентификатора интерфейса

7.3. Порядок выполнения задания

7.3.1. Восстановление адреса IPv6

По заданному в табл. 7.1 сокращённому представлению адреса IPv6 записать полную форму адреса IPv6. Выделить префикс маршрутизации, адрес подсети и идентификатор интерфейса.

Варианты указаны согласно последним двум цифрам номера зачетной книжки (студенческого билета) студента.

Таблица 7.1

Сокращенная форма адреса IPv6

Выбирается по последним двум цифрам номера зачетной книжки (студ. билета)

Вариант	Адрес IPv6	Вариант	Адрес IPv6
1	12:143:0:0:1a3f::234	51	d321:0:d4::345:5
2	f42:3::43:0:21	52	12:10:0:e6f::242
3	ad::d23:0:3:45	53	::5:ed5:e212:0:2a
4	b:5e::7:502:0:83	54	4a:c8e::f97:15:7c5:70
5	35f:f3::39db:2b:40	55	d:2b5:172:f346:e::38f
6	::54:b:0:0:38f:73	56	0:cf6:6c:f62::ec9:10
7	321:110:48::a:0:526	57	fe6:70:497::8:d41:3dc
8	514::b9ca:8e:0:f8:b	58	4c:516::475:840:4:1d
9	1b:0:b::a32:1e	59	71::2a4:f2b8:e:2a7:47
10	5:e4::f97:cce:7d:f	60	181f:f:72c:38:b1d::b7
11	27:101::58cb:187:2fd	61	2a:1bd:2:2cd::c5:50
12	331::75e:9b4:70:3	62	47:dc6::8a:a0:ced:a8
13	7d:206:4::71:206	63	::39e:300:b:83:bd4:3
14	b5:392:af::dd4:52	64	b56a:2:93:65:b0::bc0
15	c:55e:d::707:1d:b	65	6b::1:c23:1b79:30:b80
16	0:bbd::f00:40:6a7	66	87d:6f:f6f:e0::e4:54a
17	::ec0:21:88c:0:784:1	67	477:ca::e0:773:61:a7
18	73d::2a:c05:7d:fa9:1	68	f9:8e:36:2c::e0:55c1
19	9d0:7:40::e86:10:c	69	1be:1:a94:dc:70::2
20	2f:15f::ce9:1a:87	70	80::80:9c:6950:9:c31
21	78:60:0:69::2a4:6eb	71	8db:dc4:60::7e9:e:65
22	0:a3a:0:c3f::f3:8be	72	7647::3f:61c:50:cef
23	b0:0:b7a::93b:e:b54	73	1f6:7::3eb:11:c28:ed
24	4b3b:9::1d:781:10	74	d7:5:2f6:2:dc0::f0
25	602:79:e68::c7:b0:e0	75	a:5f9:900::c18:b1:ab
26	ac1:72:7:0:256c::d	76	2c7::112:1:67:7:642
27	70:0:37:d99::cab:4	77	dbd:59::286:4e72:3:20
28	2:f9c:ad::f4c:8:727	78	ffb:da:61:20:dbd::131
29	cf:14f:a::474:93:ed	79	af0::b39f:b:e98:ae:be
30	136:e:3b2:a89::f:434	80	84:60:2::4c5:b0:e1e
31	d:30:681:19::23e:9f	81	5d9::4fbb:c8:70:a
32	2f:89a:6::5a2:d60:2	82	bb:4ca:6:29d::90:c3
33	443::7d7:71:4f:6:9	83	1:5df::62c:be:2ed:50
34	50:0:463::c0a:23e:10	84	80:e00:d6::c3:ba4:46
35	5:6ae:a9:6e6::68:444	85	2f3::9cd:f117:f:bc:20
36	69:f52:1:6b:f89::6a	86	a0:ce:721::18a:20:3b

Таблица 7.1

Сокращенная форма адреса IPv6

Выбирается по последним двум цифрам номера зачетной книжки (студ. билета)

Вариант	Адрес IPv6	Вариант	Адрес IPv6
37	45:20::fa6:6:e9:7e3	87	440:308:89:2::2b7:83
38	7:d0:93a0:c4d::d:35d	88	f2::e6:f2:e:cee:dedb
39	ec5::b0:e8:5:203:cc	89	9ee:54:1a4:90:2::ed0
40	94:d14:20:5:ab2::3ee	90	0:10::6c:959:73:68e1
41	80:17::ce0:91:2bc	91	8f2:8:8f:7c4::bf:abf
42	7:ad0:b1::217:6:11e	92	4a:6e7:c7:b33:ed::23
43	147:e3::fb1:e:b6b:bb	93	9:56:2cf1:c89::b:53a
44	33::1df:ac:0:61:93	94	4f5:fdb::a:5e:d0:31c
45	4db::19cb:61:9f:0:63	95	3d:c46:3::bc2:3a4:6e
46	66:1f3:c:91e::afc:4	96	e8::f79:7:65:a82:8b42
47	3:4daa:e2:d8b:41::11	97	8f2:18:ff::4b1a:4:dc
48	93e:9:ee0:bd::ba:f	98	70:d1d::b10:0:dfa:f8
49	e2:99f:4f::48:f0:a38	99	2c:da:7f:87e:a3a::8
50	d:c627:7c:87a::dc3	00	74:f5::7f:20:887:dc0

7.3.2. Формирование адреса IPv6 из EUI-48

По заданному в табл. 7.2 локально-администрируемому адресу EUI-48 (MAC-адрес) сформировать link-local IPv6 адрес и запрошенный групповой IPv6 адрес (solicited multicast). Оба адреса записать в полной и в сокращённой формах.

Варианты указаны согласно последним двум цифрам номера зачетной книжки (студенческого билета) студента.

Таблица 7.2

Локально-администрируемые адреса EUI-48 (MAC-адреса)

Выбираются по последним двум цифрам номера зачетной книжки (студ. билета)

Вариант	Адрес EUI-48	Вариант	Адрес EUI-48
1	86:20:4d:e3:01:bf	51	4e:0f:a9:ad:ac:68
2	66:c0:f5:ec:c8:05	52	ae:57:50:59:ef:cc
3	c6:18:ef:b0:0e:6a	53	6e:98:7a:9c:d9:e4
4	0a:a3:30:72:4b:10	54	82:59:4f:17:1d:40
5	e6:49:cd:c0:4d:50	55	de:24:ff:dc:55:99
6	5a:0d:80:1a:b3:b7	56	8e:84:76:80:93:1a
7	aa:07:9f:3e:dc:68	57	46:42:f2:4a:eb:56
8	72:89:f4:35:06:70	58	2e:90:dd:9b:ce:a1
9	f2:bd:a2:65:55:b4	59	ca:47:83:4e:6e:a7

Таблица 7.2

*Локально-администрируемые адреса EUI-48 (MAC-адреса)
Выбираются по последним двум цифрам номера зачетной книжки (студ. билета)*

Вариант	Адрес EUI-48	Вариант	Адрес EUI-48
10	02:87:e5:fa:78:f3	60	46:43:d0:73:68:b1
11	4e:e6:16:ad:73:2c	61	5e:53:f1:f6:89:6b
12	56:e1:67:a3:c0:43	62	ea:60:f6:b8:6e:19
13	da:7e:1e:f2:90:af	63	a2:98:6b:1b:33:3d
14	5e:fa:e5:f6:67:e5	64	62:84:77:7c:bf:ae
15	06:a6:da:03:14:33	65	42:71:93:00:99:d5
16	4a:fe:af:15:30:5e	66	6e:92:11:ca:95:62
17	a6:5e:16:49:81:16	67	9a:1a:05:40:bd:c4
18	a2:a0:ea:9f:3e:38	68	8a:85:39:2f:c3:b5
19	36:97:b1:8c:45:ea	69	7e:82:5b:d3:ee:63
20	66:63:4d:15:eb:7f	70	da:93:19:a0:ad:a1
21	fe:bd:03:3d:bd:4a	71	72:ef:fe:3b:49:bc
22	32:65:b6:86:3c:db	72	96:3d:fd:38:a0:b7
23	da:05:99:80:a4:67	73	ce:15:b0:0e:00:8f
24	ee:07:d6:b7:7a:e2	74	be:76:c2:31:15:df
25	4e:cc:94:96:4c:d6	75	92:2f:66:68:92:65
26	b2:7e:02:f2:77:61	76	46:2e:e8:c6:07:ff
27	b6:45:93:c0:12:9c	77	ee:a2:8a:12:54:b3
28	ba:e9:67:30:be:b8	78	16:7c:cf:96:9d:a8
29	22:20:75:51:2d:cf	79	2a:2b:2b:f9:cf:9e
30	fe:ad:55:d1:39:90	80	b2:21:db:a8:ad:d8
31	4a:14:1f:e0:e4:4f	81	3a:d4:65:86:b4:d8
32	82:ac:ac:2a:5a:e7	82	1e:1d:ef:bd:96:84
33	8a:f6:02:82:9f:76	83	d6:8b:f2:b8:6a:4c
34	a2:2a:e2:b2:23:14	84	be:65:a7:1c:b4:21
35	be:2a:62:dd:d6:f7	85	e2:df:ca:0b:c0:a5
36	22:f1:d6:e1:76:77	86	72:5b:9c:90:91:5f
37	c6:59:39:8d:2e:a5	87	5a:89:87:fc:31:58
38	3e:30:da:fb:0e:19	88	3a:c6:f4:da:c4:88
39	0e:3c:e9:11:f2:4f	89	aa:29:89:97:86:a9
40	c6:74:48:aa:52:25	90	22:39:dd:e8:90:5b
41	ae:f0:b3:b9:50:4d	91	6a:3b:ca:57:16:e1
42	76:f3:1d:ea:f0:e8	92	9e:e7:c1:b6:27:0f
43	b6:ae:13:c7:9f:1e	93	d2:08:4f:cb:4e:42
44	9e:a3:07:65:6a:94	94	1a:0e:04:ce:ce:00
45	36:10:2c:07:b6:45	95	aa:a3:cc:03:0f:ce

Таблица 7.2

Локально-администрируемые адреса EUI-48 (MAC-адреса)
Выбираются по последним двум цифрам номера зачетной книжки (студ. билета)

Вариант	Адрес EUI-48	Вариант	Адрес EUI-48
46	96:e8:4f:c4:46:7d	96	26:d5:fd:65:33:05
47	42:77:42:73:2c:b8	97	ba:28:f0:d6:70:30
48	1a:ba:5b:77:e6:45	98	96:31:d6:56:09:47
49	42:7d:36:ee:5f:2d	99	22:23:70:6c:b6:7a
50	56:81:11:4e:5f:c6	00	a2:bb:f2:79:57:c0

7.3.3. Разбиение блока адресов IPv6 на подсети с использованием идентификатора интерфейса

По заданному в табл. 7.3 количеству хостов в подсети произвести разбиение блока адресов IPv6 на подсети с использованием идентификатора интерфейса. Префикс маршрутизации взять из адреса IPv6, заданного в табл. 7.1. Указать адрес первой, второй и последней подсетей блока. Результат записать в полной и в сокращённой формах.

Варианты указаны согласно последней цифре номера зачетной книжки (студенческого билета) студента.

Таблица 7.3

Заданное количество хостов в подсети
Выбирается по последней цифре номера зачетной книжки (студ. билета)

Вариант	Кол-во хостов	Вариант	Кол-во хостов
1	$4,5 \cdot 10^{15}$	6	$2,8 \cdot 10^{14}$
2	$1,7 \cdot 10^{13}$	7	$1,0 \cdot 10^{12}$
3	$6,8 \cdot 10^{10}$	8	$4,2 \cdot 10^9$
4	$2,6 \cdot 10^8$	9	$1,6 \cdot 10^7$
5	$1,0 \cdot 10^6$	0	$7,2 \cdot 10^{16}$

7.4. Контрольные вопросы

1. Структура IPv6-адреса.
2. Виды unicast адресов IPv6.
3. Виды multicast адресов IPv6.
4. Принцип деления сети IPv6 на подсети.

Бланк к практической работе 7
Адресация IPv6

Группа: _____ Студент: _____

№ зачетной книжки: _____

Восстановление адреса IPv6

Сокр. адрес IPv6: _____

Полный адрес IPv6: _____

Формирование адреса IPv6 из EUI-48

Адрес EUI-48: _____

Адрес EUI-64: _____

Link-local IPv6 (полн.): _____

Link-local IPv6 (сокр.): _____

Solic. mult. IPv6 (полн.): _____

Solic. mult. IPv6 (сокр.): _____

***Разбиение блока адресов IPv6 на подсети с использованием
идентификатора интерфейса***

Префикс маршр.: _____ / _____

Кол-во хостов: _____

Первая подсеть (полн.): _____ / _____

Первая подсеть (сокр.): _____ / _____

Вторая подсеть (полн.): _____ / _____

Вторая подсеть (сокр.): _____ / _____

Послед. подсеть (полн.): _____ / _____

Послед. подсеть (сокр.): _____ / _____

Практическая работа 8

Расчет контрольной суммы заголовка протоколов транспортного уровня TCP и UDP

8.1. Цель работы

Изучить формат заголовка протоколов TCP и UDP и на примере разобрать механизм вычисления 16-битовой контрольной суммы, используемой для обнаружения ошибок в протоколах транспортного уровня.

8.2. Теоретические сведения

8.2.1. Контрольная сумма в протоколе TCP

Алгоритм расчета контрольной суммы пакета TCP, структура которого приведена на рис. 8.1, практически аналогичен таковому для заголовка пакета IP. Контрольная сумма рассчитывается для всего пакета TCP, а также учитывает IP-адреса отправителя и получателя. Для этого перед расчетом контрольной суммы формируется специальный псевдозаголовок, структура которого показана на рис. 8.2.

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
Порт отправителя																Порт получателя															
Номер пакета																															
Номер подтверждения																															
Длина заг.				Зарезерв.				Флаги				Размер окна																			
Контрольная сумма																Указатель срочности															
Опции...																								Заполнение							
Данные																															

Рис. 8.1. Структура пакета TCP

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
IPv4-адрес отправителя																															
IPv4-адрес получателя																															
Нули								Тип протокола								Длина пакета TCP/UDP															

Рис. 8.2. Структура псевдозаголовка TCP/UDP

8.2.2. Контрольная сумма в протоколе и UDP

Алгоритм расчета контрольной суммы датаграммы UDP, структура которого приведена на рис. 8.3, аналогичен таковому для заголовка пакета TCP.

Контрольная сумма рассчитывается для всей датаграммы UDP, а также учитывает IP-адреса отправителя и получателя. Для этого перед расчетом контрольной суммы формируется специальный псевдозаголовок, структура которого показана на рис. 8.2.

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						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">Порт отправителя</td> <td style="width: 50%; text-align: center;">Порт получателя</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">Длина датаграммы</td> <td style="text-align: center;">Контрольная сумма</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Данные</td> </tr> </table>	Порт отправителя	Порт получателя	Длина датаграммы	Контрольная сумма	Данные	
Порт отправителя	Порт получателя					
Длина датаграммы	Контрольная сумма					
Данные						

Рис. 8.3. Структура пакета UDP

Рассмотрим вычисление контрольной суммы UDP на примере датаграммы UDP, показанной на рис. 8.4. На рисунке жёлтым выделен заголовок IPv4, который необходим для построения псевдозаголовка, а зеленым обозначена контрольная сумма пакета UDP.

0	15 16	31	
4500	0038	} Заголовок IPv4	
DAF5	0000		
4011	6537		
C0A8	010F		
C1C8	B708		
E4DD	0035	} Заголовок UDP	
0024	0B54		
C0FD	0100	} Данные UDP	
0001	0000		
0000	0000		
0667	6F6F		
676C	6503		
636F	6D00		
0001	0001		

Рис. 8.4. Пример пакета UDP с заголовком IPv4

Расчет контрольной суммы происходит в следующем порядке.

1. Формируется псевдозаголовок (рис. 8.5).

0	15 16	31
C0A8	010F	
C1C8	B708	
0011	0024	

Рис. 8.5. Псевдозаголовок для пакета UDP, показанного на рис. 8.4

2. Разбиваем заголовок UDP, блок данных и псевдозаголовков на слова по 16 бит, принимаем значение поля контрольной суммы равным нулю и суммируем полученные 16-битные слова между собой.

$$\begin{aligned}
 & \underbrace{((E4DD)_{16} + (0035)_{16} + (0024)_{16} + (0000)_{16})}_{\text{Заголовок UDP}} + \\
 & + ((C0FD)_{16} + (0100)_{16} + (0001)_{16} + (0000)_{16} + \\
 & + (0000)_{16} + (0000)_{16} + (0667)_{16} + (6F6F)_{16} + (676C)_{16} + \\
 & + (6503)_{16} + (636F)_{16} + (6D00)_{16} + (0001)_{16} + (0001)_{16}) + \\
 & + \underbrace{((C0A8)_{16} + (010F)_{16} + (C1C8)_{16} + (B708)_{16} + (0011)_{16} + (0024)_{16})}_{\text{Псевдозаголовков}} = (5F4A6)_{16}
 \end{aligned}$$

3. Поскольку двоичная запись результата сложения превышает 16 бит, разбиваем его на два слова по 16 бит каждое и снова их суммируем:

$$(0005)_{16} + (F4A6)_{16} = (F4AB)_{16}.$$

4. Находим контрольную сумму, как двоичное поразрядное дополнение результата сложения:

$$CS_{UDP} = (FFFF)_{16} - (F4AB)_{16} = (0B54)_{16}.$$

Как можно видеть, результат совпадает со значением поля контрольной суммы, приведенным на рис. 8.4.

Проверка контрольной суммы аналогична рассмотренной для протокола IPv4.

8.3. Порядок выполнения задания

8.3.1. Расчет контрольной суммы протокола TCP

Исходные данные: сетевой пакет в 16-ричном представлении, записанный начиная с заголовка Ethernet (Ethernet DIX). Поле контрольной суммы заменено на нули. Первый столбец обозначает номер строки в 16-ричном представлении.

1. Выделить из заданного сетевого пакета заголовок протокола TCP. Разбить заголовок протокола TCP на поля, выписать их и указать назначение.

2. Рассчитать контрольную сумму заголовка протокола TCP.

3. Провести проверку правильности вычисления контрольной суммы.

Варианты задания на практическую работу приведены в табл. 8.1.

8.3.2. Расчет контрольной суммы протокола UDP

Исходные данные: сетевой пакет в 16-ричном представлении, записанный начиная с заголовка Ethernet (Ethernet DIX). Поле контрольной суммы заменено на нули. Первый столбец обозначает номер строки в 16-ричном представлении.

1. Выделить из заданного сетевого пакета заголовок протокола UDP. Разбить заголовок протокола UDP на поля, выписать их и указать назначение.
 2. Рассчитать контрольную сумму заголовка протокола UDP.
 3. Провести проверку правильности вычисления контрольной суммы.
- Варианты задания на практическую работу приведены в табл. 8.2.

8.3.3. Варианты для выполнения практической работы

Таблица 8.1

Пакет TCP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет TCP																
1	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	fe	53	40	00	40	06	33	2c	ac	10	64	29	d8	ef
	0020	20	1b	c2	ac	01	bb	8b	79	69	62	52	e2	d2	c4	80	10
	0030	01	7f	00	00	00	00	01	01	08	0a	17	8b	eb	22	00	a1
	0040	27	a2														
2	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	23	3b	40	00	40	06	c4	fa	ac	10	64	29	5b	ee
	0020	e6	5e	e5	08	00	50	ac	54	66	80	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	5a	89
	0040	ba	a7	00	00	00	00	01	03	03	07						
3	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	98	0e	40	00	40	06	50	27	5b	ee	e6	5e	ac	10
	0020	64	29	00	50	e5	08	75	20	5c	66	ac	54	66	81	a0	12
	0030	ff	ff	00	00	00	00	02	04	05	b4	01	03	03	06	04	02
	0040	08	0a	8a	10	41	c9	5a	89	ba	a7						
4	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	23	3e	40	00	40	06	c4	ff	ac	10	64	29	5b	ee
	0020	e6	5e	e5	08	00	50	ac	54	69	6b	75	20	5d	ea	80	10
	0030	00	ed	00	00	00	00	01	01	08	0a	5a	89	bf	4c	8a	10
	0040	46	6e														
5	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	00	00	40	00	3e	06	ea	35	5b	ee	e6	5e	ac	10
	0020	64	29	01	bb	ae	80	ed	f9	e6	e5	0e	b8	e3	1e	a0	12
	0030	71	20	00	00	00	00	02	04	05	64	04	02	08	0a	5d	c5
	0040	ac	cf	5a	89	c3	30	01	03	03	07						
6	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	c4	80	40	00	40	06	23	b5	ac	10	64	29	5b	ee
	0020	e6	5e	ae	8a	01	bb	de	70	83	61	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	5a	89
	0040	c3	3f	00	00	00	00	01	03	03	07						
7	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	00	00	40	00	3e	06	ea	35	5b	ee	e6	5e	ac	10
	0020	64	29	01	bb	ae	8a	b9	d1	21	77	de	70	83	62	a0	12
	0030	71	20	00	00	00	00	02	04	05	64	04	02	08	0a	5d	c5
	0040	ac	d3	5a	89	c3	3f	01	03	03	07						

Пакет TCP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет TCP																
8	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	48	86	40	00	40	06	ea	d8	ac	10	64	29	ad	c2
	0020	49	61	ae	52	01	bb	67	3b	0f	69	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	82	bf
	0040	1e	58	00	00	00	00	01	03	03	07						
9	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	40	48	8d	40	00	40	06	ea	cd	ac	10	64	29	ad	c2
	0020	49	61	ae	52	01	bb	67	3b	12	6b	3f	d1	e7	a0	b0	10
	0030	00	ed	00	00	00	00	01	01	08	0a	82	bf	1e	75	a3	1d
	0040	08	ab	01	01	05	0a	3f	d1	e7	7a	3f	d1	e7	a0		
10	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	83	fc	40	00	40	06	57	6d	ac	10	64	29	58	d4
	0020	f6	44	85	ba	00	50	fa	c5	ca	d3	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	ae	f7
	0040	b7	ea	00	00	00	00	01	03	03	07						
11	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	98	1f	40	00	40	06	43	4a	58	d4	f6	44	ac	10
	0020	64	29	00	50	85	ba	d9	b8	14	63	fa	c5	ca	d4	a0	12
	0030	ff	ff	00	00	00	00	02	04	05	b4	01	03	03	06	04	02
	0040	08	0a	79	d0	d9	27	ae	f7	b7	ea						
12	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	03	3a	40	00	40	06	0a	0e	ac	10	64	29	58	d4
	0020	c4	66	c9	8a	01	bb	d7	12	4a	09	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	a7	c5
	0040	90	36	00	00	00	00	01	03	03	07						
13	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	1c	d3	00	00	33	06	08	3e	57	fa	fa	77	ac	10
	0020	64	29	01	bb	b4	e0	68	c2	44	7d	15	4c	62	7f	a0	12
	0030	6d	38	00	00	00	00	02	04	05	64	04	02	08	0a	77	94
	0040	30	49	f1	e0	d2	2c	01	03	03	08						
14	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	83	ff	40	00	40	06	57	72	ac	10	64	29	58	d4
	0020	f6	44	85	ba	00	50	fa	c5	ce	70	d9	b8	16	85	80	10
	0030	00	ed	00	00	00	00	01	01	08	0a	ae	f7	b9	bf	79	d0
	0040	da	fc														
15	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	de	6d	40	00	40	06	fc	fb	ac	10	64	29	58	d4
	0020	f6	44	85	c0	00	50	ff	8e	97	bc	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	ae	f7
	0040	ba	6f	00	00	00	00	01	03	03	07						

Пакет TCP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет TCP																
16	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	de	70	40	00	40	06	fd	00	ac	10	64	29	58	d4
	0020	f6	44	85	c0	00	50	ff	8e	98	fa	b7	12	e8	fa	80	10
	0030	00	ed	00	00	00	00	01	01	08	0a	ae	f7	ba	7f	6f	9a
	0040	f4	fb														
17	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	de	73	40	00	40	06	fc	fd	ac	10	64	29	58	d4
	0020	f6	44	85	c0	00	50	ff	8e	9a	e0	b7	12	eb	bc	80	10
	0030	00	fe	00	00	00	00	01	01	08	0a	ae	f7	bc	02	6f	9a
	0040	f6	7e														
18	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	7c	50	40	00	40	06	d4	6c	ac	10	64	29	5f	a7
	0020	7a	1e	e4	ae	01	bb	8e	2f	31	d5	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	d5	2d
	0040	b3	d3	00	00	00	00	01	03	03	07						
19	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	00	00	40	00	38	06	58	bd	5f	a7	7a	1e	ac	10
	0020	64	29	01	bb	e4	ae	08	b0	fb	f1	8e	2f	31	d6	a0	12
	0030	38	90	00	00	00	00	02	04	05	64	04	02	08	0a	3b	24
	0040	1f	1e	d5	2d	b3	d3	01	03	03	07						
20	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	c1	f0	40	00	40	06	26	4d	ac	10	64	29	5b	ee
	0020	e6	5e	ae	86	01	bb	1b	9d	88	63	9e	a3	79	9f	80	11
	0030	00	ed	00	00	00	00	01	01	08	0a	5a	89	da	40	5d	c5
	0040	ac	e0														
21	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	34	a2	72	40	00	3e	06	47	cb	5b	ee	e6	5e	ac	10
	0020	64	29	01	bb	ae	8c	aa	6b	38	e0	aa	06	66	e9	80	10
	0030	00	eb	00	00	00	00	01	01	08	0a	5d	c5	b2	93	5a	89
	0040	da	40														
22	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	34	f9	89	40	00	38	06	1b	c6	58	d4	c4	66	ac	10
	0020	64	29	01	bb	c9	8a	89	cd	54	7e	d7	12	4c	62	80	14
	0030	01	ff	00	00	00	00	01	01	08	0a	8b	f1	73	9e	a7	c5
	0040	a5	d6														
23	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	34	26	40	00	40	06	fe	dd	ac	10	64	29	ad	c2
	0020	49	c4	ec	0a	01	bb	37	b2	b4	d2	01	14	f9	60	80	11
	0030	01	3d	00	00	00	00	01	01	08	0a	aa	d0	12	56	50	1e
	0040	22	64														

Пакет TCP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет TCP																
24	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	66	ef	40	00	40	06	91	d7	ac	10	64	29	b9	a7
	0020	78	14	dd	da	00	50	f1	07	29	33	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	c3	cc
	0040	2c	41	00	00	00	00	01	03	03	07						
25	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	a7	20	40	00	40	06	51	a6	ac	10	64	29	b9	a7
	0020	78	14	dd	de	00	50	9c	33	f7	19	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	c3	cc
	0040	2d	b4	00	00	00	00	01	03	03	07						
26	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	76	fe	40	00	40	06	81	c8	ac	10	64	29	b9	a7
	0020	78	14	dd	e6	00	50	58	93	26	c0	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	c3	cc
	0040	2d	c9	00	00	00	00	01	03	03	07						
27	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	34	ad	6c	40	00	40	06	85	fc	ac	10	64	29	ad	c2
	0020	49	5f	d4	ea	01	bb	df	ba	ff	58	53	19	6c	1e	80	10
	0030	00	ed	00	00	00	00	01	01	08	0a	e1	ce	27	e1	3d	5b
	0040	c6	18														
28	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	3c	a3	36	40	00	40	06	4f	49	c1	7c	76	86	ac	10
	0020	64	29	00	50	ab	ce	bb	04	24	ee	d3	36	fe	13	a0	12
	0030	ff	ff	00	00	00	00	02	04	05	b4	01	03	03	06	04	02
	0040	08	0a	e4	84	46	7d	b8	d8	09	9e						
29	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	34	d0	c9	40	00	58	06	da	a7	1f	0d	48	0c	ac	10
	0020	64	29	01	bb	b1	56	34	58	fe	d8	11	de	18	8d	80	11
	0030	00	7e	00	00	00	00	01	01	08	0a	fa	eb	c9	a3	ba	98
	0040	61	f9														
30	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3c	8a	da	40	00	40	06	a8	5a	ac	10	64	29	ad	c2
	0020	49	8b	8e	42	00	50	07	5b	d9	c6	00	00	00	00	a0	02
	0030	72	10	00	00	00	00	02	04	05	b4	04	02	08	0a	91	cf
	0040	05	58	00	00	00	00	01	03	03	07						

Таблица 8.2

Пакет UDP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет UDP																
1	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	48	0d	88	00	00	7e	11	6e	c6	ac	10	04	0d	ac	10
	0020	64	29	00	35	a1	a7	00	34	00	00	39	12	81	80	00	01
	0030	00	01	00	00	00	00	03	77	77	77	03	73	75	74	02	72
	0040	75	00	00	01	00	01	c0	0c	00	01	00	01	00	00	04	0d
	0050	00	04	5b	ee	e6	5e										
2	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	44	15	db	00	00	7e	11	66	77	ac	10	04	0d	ac	10
	0020	64	29	00	35	9f	1d	00	30	00	00	b0	9c	81	80	00	01
	0030	00	01	00	00	00	00	03	73	75	74	02	72	75	00	00	01
	0040	00	01	c0	0c	00	01	00	01	00	00	01	11	00	04	5b	ee
	0050	e6	5e														
3	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3e	7f	7d	40	00	40	11	fa	da	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	cd	77	00	35	00	2a	00	00	f4	8f	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	07	63	6f	75	6e	74	65	72	05	79
	0040	61	64	72	6f	02	72	75	00	00	01	00	01				
4	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3e	7f	7e	40	00	40	11	fa	d9	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	cd	77	00	35	00	2a	00	00	74	95	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	07	63	6f	75	6e	74	65	72	05	79
	0040	61	64	72	6f	02	72	75	00	00	1c	00	01				
5	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3a	7f	81	40	00	40	11	fa	da	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	e9	ac	00	35	00	26	00	00	80	12	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	02	6d	63	06	79	61	6e	64	65	78
	0040	02	72	75	00	00	01	00	01								
6	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	46	7f	e4	40	00	40	11	fa	6b	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	d5	57	00	35	00	32	00	00	40	a8	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	03	77	77	77	10	67	6f	6f	67	6c
	0040	65	74	61	67	6d	61	6e	61	67	65	72	03	63	6f	6d	00
	0050	00	01	00	01												
7	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	46	7f	e5	40	00	40	11	fa	6a	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	d5	57	00	35	00	32	00	00	dc	b2	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	03	77	77	77	10	67	6f	6f	67	6c
	0040	65	74	61	67	6d	61	6e	61	67	65	72	03	63	6f	6d	00
	0050	00	1c	00	01												

Пакет UDP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет UDP
8	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 46 81 3a 40 00 40 11 f9 15 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d 9c 8b 00 35 00 32 00 00 ae 20 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 03 77 77 77 10 67 6f 6f 67 6c 0040 65 2d 61 6e 61 6c 79 74 69 63 73 03 63 6f 6d 00 0050 00 01 00 01
9	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3a 81 63 40 00 40 11 f8 f8 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d bb 7b 00 35 00 26 00 00 2b 5a 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 02 6d 63 06 79 61 6e 64 65 78 0040 02 72 75 00 00 1c 00 01
10	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3d 81 66 40 00 40 11 f8 f2 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d cd 47 00 35 00 29 00 00 ce 73 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 04 73 79 6e 63 07 72 61 6d 62 0040 6c 65 72 02 72 75 00 00 01 00 01
11	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3d 81 67 40 00 40 11 f8 f1 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d cd 47 00 35 00 29 00 00 2e 80 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 04 73 79 6e 63 07 72 61 6d 62 0040 6c 65 72 02 72 75 00 00 1c 00 01
12	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3b 81 70 40 00 40 11 f8 ea ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d a8 36 00 35 00 27 00 00 39 b6 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 03 6c 69 62 06 73 70 62 67 75 0040 74 02 72 75 00 00 01 00 01
13	0000 d8 50 e6 a2 37 61 00 01 02 a0 a7 ee 08 00 45 00 0010 00 4a 53 ee 00 00 7e 11 28 5e ac 10 04 0d ac 10 0020 64 29 00 35 ae b0 00 36 00 00 f0 fa 85 80 00 01 0030 00 01 00 00 00 00 04 63 61 62 73 04 69 74 75 74 0040 02 72 75 00 00 01 00 01 c0 0c 00 01 00 01 00 00 0050 0e 10 00 04 5b ee e6 49
14	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3e 81 79 40 00 40 11 f8 de ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d ab 1a 00 35 00 2a 00 00 5c 8b 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 03 77 77 77 08 66 61 63 65 62 0040 6f 6f 6b 03 63 6f 6d 00 00 1c 00 01
15	0000 00 13 8f 13 b7 f8 d8 50 e6 a2 37 61 08 00 45 00 0010 00 3d 81 7f 40 00 40 11 f8 d9 ac 10 64 29 ac 10 0020 04 0d ce 27 00 35 00 29 00 00 fc d1 01 00 00 01 0030 00 00 00 00 00 00 03 77 77 77 08 72 6f 73 73 76 0040 79 61 7a 02 72 75 00 00 1c 00 01

Пакет UDP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет UDP																
16	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	40	81	80	40	00	40	11	f8	d5	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	aa	6e	00	35	00	2c	00	00	b4	fd	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	0b	6d	69	6e	6f	62	72	6e	61	75
	0040	6b	69	03	67	6f	76	02	72	75	00	00	01	00	01		
17	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	41	81	83	40	00	40	11	f8	d1	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	8c	bf	00	35	00	2d	00	00	dc	42	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	03	77	77	77	0c	6c	69	76	65	69
	0040	6e	74	65	72	6e	65	74	02	72	75	00	00	1c	00	01	
18	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	49	1c	ee	00	00	7e	11	5f	5f	ac	10	04	0d	ac	10
	0020	64	29	00	35	b2	d2	00	35	00	00	81	b2	81	80	00	01
	0030	00	01	00	00	00	00	04	6f	70	64	73	03	73	75	74	02
	0040	72	75	00	00	01	00	01	c0	0c	00	01	00	01	00	00	0d
0050	18	00	04	5b	ee	e4	07										
19	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3d	85	06	40	00	40	11	f5	52	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	d9	5a	00	35	00	29	00	00	36	2f	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	03	77	77	77	04	73	65	74	69	03
	0040	73	75	74	02	72	75	00	00	1c	00	01					
20	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3e	85	72	40	00	40	11	f4	e5	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	a8	1c	00	35	00	2a	00	00	a2	e6	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	05	66	6f	72	75	6d	07	61	6d	61
	0040	68	72	6f	76	02	72	75	00	00	01	00	01				
21	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	42	87	9b	40	00	40	11	f2	b8	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	d2	97	00	35	00	2e	00	00	1e	52	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	05	66	6f	6e	74	73	0a	67	6f	6f
	0040	67	6c	65	61	70	69	73	03	63	6f	6d	00	00	01	00	01
22	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3d	87	a4	40	00	40	11	f2	b4	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	e4	4b	00	35	00	29	00	00	e6	4b	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	04	6d	61	70	73	06	67	6f	6f	67
	0040	6c	65	03	63	6f	6d	00	00	1c	00	01					
23	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3f	88	2f	40	00	40	11	f2	27	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	e3	e0	00	35	00	2b	00	00	fa	d4	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	05	66	6f	6e	74	73	07	67	73	74
	0040	61	74	69	63	03	63	6f	6d	00	00	1c	00	01			

Пакет UDP (Выбирается согласно номеру студента в журнале)

Вар.	Пакет UDP																
24	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	47	16	06	00	00	7e	11	66	49	ac	10	04	0d	ac	10
	0020	64	29	00	35	ca	c7	00	33	00	00	14	cf	81	80	00	01
	0030	00	01	00	00	00	00	06	73	64	6e	6c	61	62	02	72	75
	0040	00	00	01	00	01	c0	0c	00	01	00	01	00	00	01	2b	00
	0050	04	2e	fe	15	88											
25	0000	d8	50	e6	a2	37	61	00	01	02	a0	a7	ee	08	00	45	00
	0010	00	46	16	f1	00	00	7e	11	65	5f	ac	10	04	0d	ac	10
	0020	64	29	00	35	81	06	00	32	00	00	1a	89	81	80	00	01
	0030	00	01	00	00	00	00	05	62	63	61	6c	78	02	72	75	00
	0040	00	01	00	01	c0	0c	00	01	00	01	00	00	54	5f	00	04
	0050	25	8f	08	95												
26	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3e	8e	d8	40	00	40	11	eb	7f	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	bb	b2	00	35	00	2a	00	00	5e	75	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	05	64	72	69	76	65	06	67	6f	6f
	0040	67	6c	65	03	63	6f	6d	00	00	01	00	01				
27	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	42	8e	dc	40	00	40	11	eb	77	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	a8	87	00	35	00	2e	00	00	09	2d	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	0b	78	6e	2d	2d	39	30	61	79	63
	0040	31	62	08	78	6e	2d	2d	70	31	61	69	00	00	01	00	01
28	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3d	66	11	40	00	40	11	14	48	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	bf	2c	00	35	00	29	00	00	f3	f3	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	02	64	72	08	68	61	62	72	61	63
	0040	64	6e	03	6e	65	74	00	00	1c	00	01					
29	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	3e	66	13	40	00	40	11	14	45	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	ee	14	00	35	00	2a	00	00	31	74	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	0c	68	61	62	72	61	73	74	6f	72
	0040	61	67	65	03	6f	72	67	00	00	1c	00	01				
30	0000	00	13	8f	13	b7	f8	d8	50	e6	a2	37	61	08	00	45	00
	0010	00	42	66	18	40	00	40	11	14	3c	ac	10	64	29	ac	10
	0020	04	0d	ba	92	00	35	00	2e	00	00	18	fc	01	00	00	01
	0030	00	00	00	00	00	00	05	63	64	6e	6a	73	0a	63	6c	6f
	0040	75	64	66	6c	61	72	65	03	63	6f	6d	00	00	01	00	01

8.4. Контрольные вопросы

1. Структура заголовка TCP.
2. Структура заголовка UDP.

3. Принцип расчета контрольной суммы заголовка протокола транспортного уровня.

Владимиров Сергей Сергеевич

ПРОТОКОЛЫ, СЕРВИСЫ И УСЛУГИ В IP-СЕТЯХ

Практикум

Редактор *Х. Х. Хxxxxxxxxx*

План изданий 2018 г., п. *XX*

Подписано к печати *XX.XX.20XX*
Объем *X,XX* усл.-печ. л. Тираж *XX* экз. Заказ *XXX*

Редакционно-издательский отдел СПбГУТ
193232 СПб., пр. Большевиков, 22
Отпечатано в СПбГУТ