

109.1 Основы интернет протоколов

Студент должен продемонстрировать понимание сетей TCP/IP.

Изучаем:

- классовую и бесклассовую адресацию;
- маски подсетей;
- публичные и частные адреса;
- основные TCP и UDP порты и службы (20, 21, 22, 23, 25, 53, 80, 110, 123, 139, 143, 161, 162, 389, 443, 465, 514, 636, 993, 995);
- протоколы TCP, UDP, ICMP;
- особенности IPv6 и отличие его от IPv4.

Большинство современных сетей, как частных, так и публичных (в том числе интернет) построены на базе стека протоколов TCP/IP. Знакомство с этим стеком протоколов позволяет говорить о готовности студентов управлять сетевыми устройствами, службами и клиентами.

IPv4 адрес представляет собой четыре группы цифр (октетов, или восьми двоичных разрядов), разделенных точкой. Каждый октет представлен в десятичном виде и может принимать значения от 0 до 255.

Например, 192.168.0.101

192.168.0.101

11000000 . 10101000 . 00000000 . 01100101

«Десятичное значение равно сумме степеней двойки на позициях не равных нулю»

двоичное значение:

позиция двойки:

разряды неравные нулю:

0	1	1	0	0	1	0	1
7	6	5	4	3	2	1	0
*	✓	✓	*	*	✓	*	✓

десятичное значение: $2^0 + 2^2 + 2^5 + 2^6 = 1 + 4 + 32 + 64 = 101$

Рисунок 1. Пример получения десятичного значения адреса

«Десятичное значение равно сумме степеней двойки на позициях не равных нулю»

1	1	1	1	1	1	1	1
7	6	5	4	3	2	1	0

$$11111111_2 = 2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7 = 255_{10}$$

1	0	1	0	1	0	1	0
7	6	5	4	3	2	1	0

$$10101010_2 = 2^1 + 2^3 + 2^5 + 2^7 = 170_{10}$$

Рисунок 2. Пример перевода из двоичной в десятичную систему счисления

«Для получения двоичного значения можно делить десятичное на двойку, записывая остаток»

$180 / 2 = 90$ (остаток 0)
 $90 / 2 = 45$ (остаток 0)
 $45 / 2 = 22$ (остаток 1)
 $22 / 2 = 11$ (остаток 0)
 $11 / 2 = 5$ (остаток 1)
 $5 / 2 = 2$ (остаток 1)
 $2 / 2 = 1$ (остаток 0)
 $1 / 2 = 0$ (остаток 1)

$$180_{10} = 10110100_2$$

$4 / 2 = 2$ (остаток 0)
 $2 / 2 = 1$ (остаток 0)
 $1 / 2 = 0$ (остаток 1)

$$4_{10} = 00000100_2$$

Рисунок 3. Примеры перевода из десятичной в двоичную систему счисления

Для того чтобы узлы могли обмениваться данными, они должны быть в одной сети (иметь одинаковую маску подсети).

255.	255.	255.	0
11111111.	11111111.	11111111.	00000000
/24			

192.168.0.101/24			
11111111.	11111111.	11111111.	00000000
11000000.	10101000.	00000000.	01100101

Рисунок 4. Формат маски сети

То есть с маской 255.255.255.0 мы имеем последний октет под адреса узлов, а это $2^8 = 256$ адресов.

255.	255.	255.	0
11111111.	11111111.	11111111.	00000000
/24			

192.168.0.0/24 – адрес сети;

192.168.0.(0-255) возможные значения адресов;

192.168.0.255 – широковещательный адрес сети.

Рисунок 5. Пример маски 255.255.255.0.

То есть с маской 255.255.0.0 мы имеем два последних октета под адреса узлов, а это $2^{16} = 65\,536$ адресов.

255.	255.	0.	0
11111111.	11111111.	00000000.	00000000
/16			

192.168.0.0/16 – адрес сети;

192.168.(0-255).(0-255) возможные значения адресов;

192.168.255.255 – широковещательный адрес.

Рисунок 6. Пример маски 255.255.0.0

—

Сети TCP/IP изначально делились на пять классов.

255.	255.	255.	0
11111111.	11111111.	11111111.	00000000

Класс А	0	адрес сети (7 бит)	адрес хоста (24 бита)
Класс В	10	адрес сети (14 бит)	адрес хоста (16 бит)
Класс С	110	адрес сети (21 бит)	адрес хоста (8 бит)
Класс D	1110	Адрес многоадресной рассылки	
Класс Е	1111	Зарезервировано	

Рисунок 7. Классы сетей

0	адрес сети (7 бит)	адрес хоста (24 бита)
---	--------------------	-----------------------

Маска: 11111111 . 00000000 . 00000000 . 00000000

Маска: 255.0.0.0

Сетей: $2^7 = 128$

Хостов в каждой сети: $2^{24} = 16\,777\,216$

Адреса сетей: (1-126).0.0.0 (min 1-й октет 00000000 max 01111110)

Адреса хостов: (1-126).(0-255).(0-255).(0-255)

Рисунок 8. Сети класса А

10	адрес сети (14 бит)	адрес хоста (16 бит)
----	---------------------	----------------------

Маска: 11111111 . 11111111 . 00000000 . 00000000

Маска: 255.255.0.0

Сетей: $2^{14} = 16\,384$

Хостов в каждой сети: $2^{16} = 65\,536$

Адреса сетей: (128-191).(0-255).0.0 (min 1-й октет 10000000 max 10111111)

Адреса хостов: (128-191).(0-255).(0-255).(0-255)

Рисунок 9. Сети класса В

110	адрес сети (21 бит)	адрес хоста (8 бит)
-----	---------------------	---------------------

Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000

Маска: 255.255.255.0

Сетей: $2^{21} = 2\,097\,152$

Хостов в каждой сети: $2^8 = 256$

Адреса сетей: (192-223).(0-255).(0-255).0 (min 1-й октет 11000000 max 11011111)

Адреса хостов: (192-223).(0-255).(0-255).(0-255)

Рисунок 10. Сети класса С

1110	Адрес многоадресной рассылки
------	------------------------------

Маска: не предусмотрена

Доступные адреса: (224-239).(0-255).(0-255).(0-255)
(min 1-й октет 11100000 max 11101111)

Рисунок 11. Сети класса D

1111	Зарезервировано
------	-----------------

Маска: не предусмотрена

Доступные адреса: (240-254).(0-255).(0-255).(0-255)
(min 1-й октет 11110000 max 11111111)

Рисунок 12. Сети класса E

Первые биты ip-адреса говорят о том, к какому классу сетей относится данная сеть/узел:

- 0: класс A;
- 10: класс B;
- 110: класс C;
- 1110: класс D;
- 1111: класс E.

Например: 145.14.12.13

$$145_{10} = 100010001_2$$

Адрес относится к сетям класса B

Рисунок 13. Первые биты

сеть.хост например, 192.168.0.15/24

сеть.00000000	:адрес сети	ex: 192.168.0.0/24
сеть.11111111	:направленная рассылка	ex: 192.168.0.255/24
11111111.11111111	:ограниченная рассылка	ex: 255.255.255.255
00000000.00000000	:нулевой адрес	ex: 0.0.0.0
00000000.ХОСТ	:адрес хоста	ex: 0.0.0.15
127.*	:петлевой адрес	ex: 127.0.0.1

Рисунок 14. Специальные адреса ipv4

Классовая адресация – длина маски фиксирована целыми октетами, определяет классы сетей.

VLSM (variable length subnet mask) – маска переменной длины, создает подсети.

CIDR (Classless Inter-Domain Routing) – бесклассовая внутридоменная маршрутизация, использующая VLSM, может адресовать блоки адресов.

Сеть 192.168.10.0 с маской 255.255.255.0

Используя **VLSM** можно маршрутизировать подсети.

Например, с масками от 255.255.255.0 до 255.255.255.252 (252, потому что максимальный октет последней маски 11111100)

Используя **CIDR** можно объединить подсети в сеть.

Например, 256 сетей (от 192.168.0.0/24 до 192.168.255.0/24) можно объединить в сеть 192.168.0.0/16

Рисунок 15. Пример использования VLSM и CIDR

Сеть: 192.168.0.0/24 (1 сеть, 256 адресов)
Адрес сети: 11000000 . 10101000 . 00000000 . 00000000
Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 00000000
Маска: 255.255.255.0

мин. адр: 11000000 . 10101000 . 00000000 . 00000000
мин. адр: 192.168.0.0
макс. адр.: 11000000 . 10101000 . 00000000 . 11111111
макс. адр.: 192.168.0.255

Рисунок 16. Маска /24

Маска: 255.255.255.128
Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 10000000

Получаем 2 подсети по 128 адресов:

- первая сеть: 11000000.10101000.00000000.00000000 или (192.168.0.0/25)
адреса: 192.168.0.(0-127)/25 (от 00000000 до 01111111)
- вторая сеть: 11000000.10101000.00000000.10000000 или (192.168.0.128/25)
адреса: 192.168.0.(128-255)/25 (от 10000000 до 11111111)

Рисунок 17. Маска /25

Маска: 255.255.255.192
Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 11000000

Получаем 4 подсети по 64 адреса:

- адреса: 192.168.0.(0-63)/26 (от 00000000 до 00111111)
- адреса: 192.168.0.(64-127)/26 (от 01000000 до 01111111)
- адреса: 192.168.0.(128-191)/26 (от 10000000 до 10111111)
- адреса: 192.168.0.(192-255)/26 (от 11000000 до 11111111)

Рисунок 18. Маска /26

Маска /30 : 255.255.255.252

Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 11111100

Получаем 64 подсети по 4 адреса.

Маска /31 : 255.255.255.254

Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 11111110

Получаем 128 подсетей по 2 адреса.

Маска /32 : 255.255.255.255

Маска: 11111111 . 11111111 . 11111111 . 11111111

Получаем 256 подсетей по 1 адресу.

Рисунок 17. Последние биты маски

Маска: 255.255.254.0

Маска: 11111111 . 11111111 . 11111110 . 00000000

Получаем 1 сеть на 512 адресов:

- адреса: 192.168.(0-1).(0-255)/23 (от 0.00000000 до 1.11111111)

Рисунок 18. Маска /23

Маска: 255.255.252.0

Маска: 11111111 . 11111111 . 11111100 . 00000000

Получаем 1 сеть на 1024 адресов:

- адреса: 192.168.(0-3).(0-255)/22 (от 00.00000000 до 11.11111111)

Рисунок 19. Маска /22

Адреса ipv4 можно поделить на:

- **Частные** (серые, локальные, внутренние) адреса не маршрутизируются в среде интернет.
- **Публичные** (белые, внешние) адреса маршрутизируются в среде интернет.

К частным диапазонам адресов относятся:

- 10.(0-255).(0-255).(0-255)/8
- 172.(16-31).(0-255).(0-255)/12

- 192.168.(0-255).(0-255)/16

Для классификации сетевых протоколов была создана эталонная модель взаимодействия открытых систем: **OSI/ISO**.

Модель OSI		
Тип данных	Уровень	Функции
Данные	7. Прикладной	Приложения
	6. Представительский	Синтаксис
	5. Сеансовый	Синхронизация
Сегменты	4. Транспортный	Связь
Пакеты	3. Сетевой	Маршрутизация
Кадры	2. Канальный	Адресация
Биты	1. Физический	Передача сигнала

Рисунок 20. Модель ISO/OSI

	TCP/IP	OSI
7	Прикладной	Прикладной
6		Представления
5		Сеансовый
4	Транспортный	Транспортный
3	Сетевой	Сетевой
2	Канальный	Канальный
1		Физический

Рисунок 21. Соответствие моделей TCP/IP и OSI

Основными протоколами, организующими работу стека TCP/IP являются:

- **IP (Internet Protocol)** – протокол, передающий данные пакетами, без гарантированной доставки.
- **TCP (Transmission Control Protocol)** – протокол, осуществляющий надежную передачу данных.
- **UDP (User Datagram Protocol)** – протокол, передающий данные без создания специальной среды.
- **ICMP (Internet Control Message Protocol)** – протокол, используемый для отправки сообщений.

Взаимодействие устройств по сети осуществляется при помощи сетевых служб, которые создают слушающие сокет, привязанные к выделенным портам.

Сокет – программный интерфейс, предназначенный для обмена данными по сети.

Порт – число, определяющее программу или процесс на данном сетевом адресе:

- 0-1023 - общеизвестные порты;
- 1024-49151 - зарегистрированные порты;
- 49152-65535 - динамические порты.

№ порта	TCP	UDP	Описание
20	✓		FTP (данные)
21	✓		FTP (авторизация)
22	✓	✓	SSH (управление)
23	✓	✓	Telnet (управление)
25	✓	✓	SMTP (отправка почты)
53	✓	✓	DNS (имена)
80	✓	✓	HTTP (веб-страницы)
№ порта	TCP	UDP	Описание
110	✓	✓	POP3 (получение почты)
123	✓	✓	NTP (время)
139	✓	✓	NetBios (сети Microsoft)
143	✓	✓	IMAP (синхронизация почты)
161	✓	✓	SNMP (управление)
162	✓	✓	SNMPTRAP (отправка сигнала)
389	✓	✓	LDAP (служба каталогов)
№ порта	TCP	UDP	Описание
443	✓	✓	HTTPS
465	✓	✓	SMTPS
514		✓	SYSLOG (сообщения системы)
636	✓	✓	LDAPS
993	✓	✓	IMAPS
995	✓	✓	POP3S

Рисунок 22. Примеры портов и служб

IPv6 – обновленная версия протокола IP, используемая сейчас во многих технологиях и частично в интернете. Использует свою систему адресации. Интересной задачей является организация совместной работы сетей на базе ipv4 и ipv6.

ipv4: 4 октета по 8 бит формата **сеть.хост**

192.168.0.50/24

ipv6: 8 блоков по 16 бит формата **префикс:подсеть:идентификатор**

Блок состоит из 4 шестнадцатеричных цифр, например:

21DA:7654:DE12:2F3A:02AD:FEF9:9C5A:6DA3/64

Рисунок 23. Формат ipv6-адреса

$$192_{10} = 11000000_2$$

$$12094_{10} = 0001\ 1111\ 0011\ 1110_2 = 2F3E_{16}$$

16*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
10*	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2*	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111

21DA:7654:DE12:2F3A:02AD:FEF9:9C5A:6DA3/64

Рисунок 24. Пример перевода в шестнадцатеричную систему счисления

IPv6 адреса можно разделить на:

- **Unicast** – адрес конкретного интерфейса;
- **Anycast** – адрес группы интерфейсов (один получатель);
- **Multicast** – адрес группы интерфейсов (все получатели).

Unicast и Anycast : ≥ 48 бит ≤ 16 бит =64 бита
 префикс подсеть идентификатор

Рисунок 25. Формат Unicast и Anycast адресов



Рисунок 26. Формат Link-local и Multicast адресов

В свою очередь Unicast адреса делятся на:

- **global** - соответствуют публичным ipv4 адресам (сейчас раздаются начинающиеся с 2000::/3);
- **link-local** - соответствует автонастроенным при помощи APIPA ipv4 адресам (начинается с FE80::/10);
- **loopback** – соответствует петлевым ipv4 адресам (::1/128);
- **unique-local** - соответствует внутренним адресам (начинается с FC00 и FD00).
- **unspecified** – неопределенный адрес (::/128);
- **ipv4 embedded** – встроенные адреса ipv4.

Для ipv6 адресов справедливы следующие правила записи:

- одну или несколько групп нолей можно заменить на ::
- ведущие (располагающиеся в начале блока) ноли можно не указывать.

```
2001:0db8:0000:0000:0000:0000:1428:57ab
2001:0db8:0000:0000:0000::1428:57ab
2001:0db8:0:0:0:0:1428:57ab
2001:0db8:0:0::1428:57ab
2001:0db8::1428:57ab
2001:db8::1428:57ab
```

[https://\[2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7348\]:443/](https://[2001:0db8:85a3:08d3:1319:8a2e:0370:7348]:443/)

Рисунок 27. Пример записи ipv6 адресов

Для совместного использования ipv4 и ipv6 можно воспользоваться:

- **двойной стек** (одновременная поддержка обоих стеков);
- **туннелирование** (перенос пакета ipv6 внутри ipv4);

- **преобразование** (технология NAT64).

Основные преимущества ipv6:

1. Большое адресное пространство.
2. Автоконфигурация адресов.
3. Постоянное наличие локальных адресов.
4. Джамбограммы