

## Лекция 1.

### **Введение в курс**

### **История развития, назначение и классификация компьютерных сетей**

Лектор

Елена Болдырева

[eaboldyreva@itmo.ru](mailto:eaboldyreva@itmo.ru)

---

## **ПЛАН:**

### **Раздел 1. Введение в курс**

1. Правила курса
2. Количество лабораторных работ и основные сроки

### **Раздел 2. Современные вычислительные системы**

1. Эволюция вычислительных систем
2. Вычислительные сети как распределенные системы

### **Раздел 3. Компьютерные сети**

1. Основные понятия
2. Классификация компьютерных сетей
3. Особенности компьютерных сетей
4. Клиент-серверное взаимодействие
5. Адресация в компьютерных сетях (база)

---

## **РАЗДЕЛ 1. ВВЕДЕНИЕ В КУРС**

### **План и правила**

Лекции каждую неделю.

Тест после каждой лекции – **10 баллов**

Презентация (работа в группах по 4-5 человек) – **10 баллов**

2 рубежных контроля – **20 баллов** (по 10 каждый)

4 лабораторных работы (программа минимум) – **40 баллов**

+ 1 дополнительная работа (для автомата)

Экзамен – **20 баллов**

Ссылка на Телеграм-группу: <https://t.me/+jCQ4vx43aSo4OWJi>

# Сроки курса. Лекционная часть.

Даты	Активности
10, 17 февраля, 3 и 10 марта	Лекции 1-4
<b>17 марта</b>	<b>Рубежный контроль 1</b>
24 и 31 марта, 7 апреля	Лекции 5-7
<b>14 апреля</b>	<b>Рубежный контроль 2 + заполнить форму по презентации (без этого рубежка на засчитывается).</b>
21, 28 апреля, 5, 12, 19, 26 мая	<b>Презентации в группах (по 5 человек) –</b> ~160 человек - макс 40 групп 10-15 минут на группу – 7 групп на пару.

# Сроки курса. Практическая часть

<b>Модуль 1 (5 февраля – 31 марта)</b>	<b>Модуль 2 (1 апреля – 31 мая)</b>
Лабораторная 1 – 100%	Лабораторная 1 – 70%
Лабораторная 2 – 100%	Лабораторная 2 – 70%
	Лабораторная 3 – 100%
	Лабораторная 4 – 100%
Рубежный контроль 1 – 100%	Рубежный контроль 1 – 80%
	Рубежный контроль 2 – 100%
Дополнительная ЛР – 100%	Дополнительная ЛР – 100%

После 31 мая любая ЛР – 60% максимум.

# Дополнительные активности

---

Каждый пункт + 3 балла к экзамену, количество баллов не ограничено.

Ачивки курса "Компьютерные Сети"

- ☐ посетил все лекции (написал все тесты по лекциям)
- ☐ написал рубежные контроли на максимальный балл
- ☐ сдал все лабораторные работы на максимальный балл
- ☐ прочел целиком одну из трех рекомендованных книг (готов рассказать, что нового узнал)
- ☐ нашел и прошел онлайн-курс по компьютерным сетям
- ☐ выполнил дополнительную лабораторную работу
- ☐ нашел ошибки в заданиях лабораторных работ
- ☐ составил 10 задачек по компьютерным сетям "на подумать" без вариантов ответа.
- ☐ предложил свою собственную новую лабораторную работу (с топологией и пояснениями).

---

## **РАЗДЕЛ 2. СОВРЕМЕННЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ**

### **Эволюция вычислительных систем**



1950-е – системы пакетной обработки (первые ЭВМ).

Супер-ЭВМ. Mainframe.

**Эффективность процессора**

1960-е – многотерминальные системы.

**Распределенные функции**

1970-е – первые локальные сети -> первые глобальные сети.

Мини-ЭВМ

## Этапы построения коммунизма



# Принципы работы со сложными системами

---

1. Абстракции и уточнения
2. Модульная разработка
3. Переиспользование

Эти принципы позволяют распределять работы между участвующими в проектах людьми с меньшими затратами на обеспечение их взаимодействия и акцентировать внимание каждого из участников на наиболее существенных для его части работы характеристиках системы.

---

## РЕКОМЕНДОВАННАЯ ДОП. ЛИТЕРАТУРА:

- Steve McIntosh. TEDxYouth@Dayton. «**Programming as a Second Language**»  
[https://www.ted.com/talks/steve\\_mcintosh\\_programming\\_as\\_a\\_second\\_language](https://www.ted.com/talks/steve_mcintosh_programming_as_a_second_language)
- Гарвардский курс CS50 на русском. Все серии  
<https://habr.com/ru/company/vertdider/blog/403823/>
- Распределенные системы. Паттерны проектирования.  
<https://habr.com/ru/company/piter/blog/442514/>

---

## РАЗДЕЛ 3. КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ

### Основные понятия





# Что такое интернет?

## ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ:

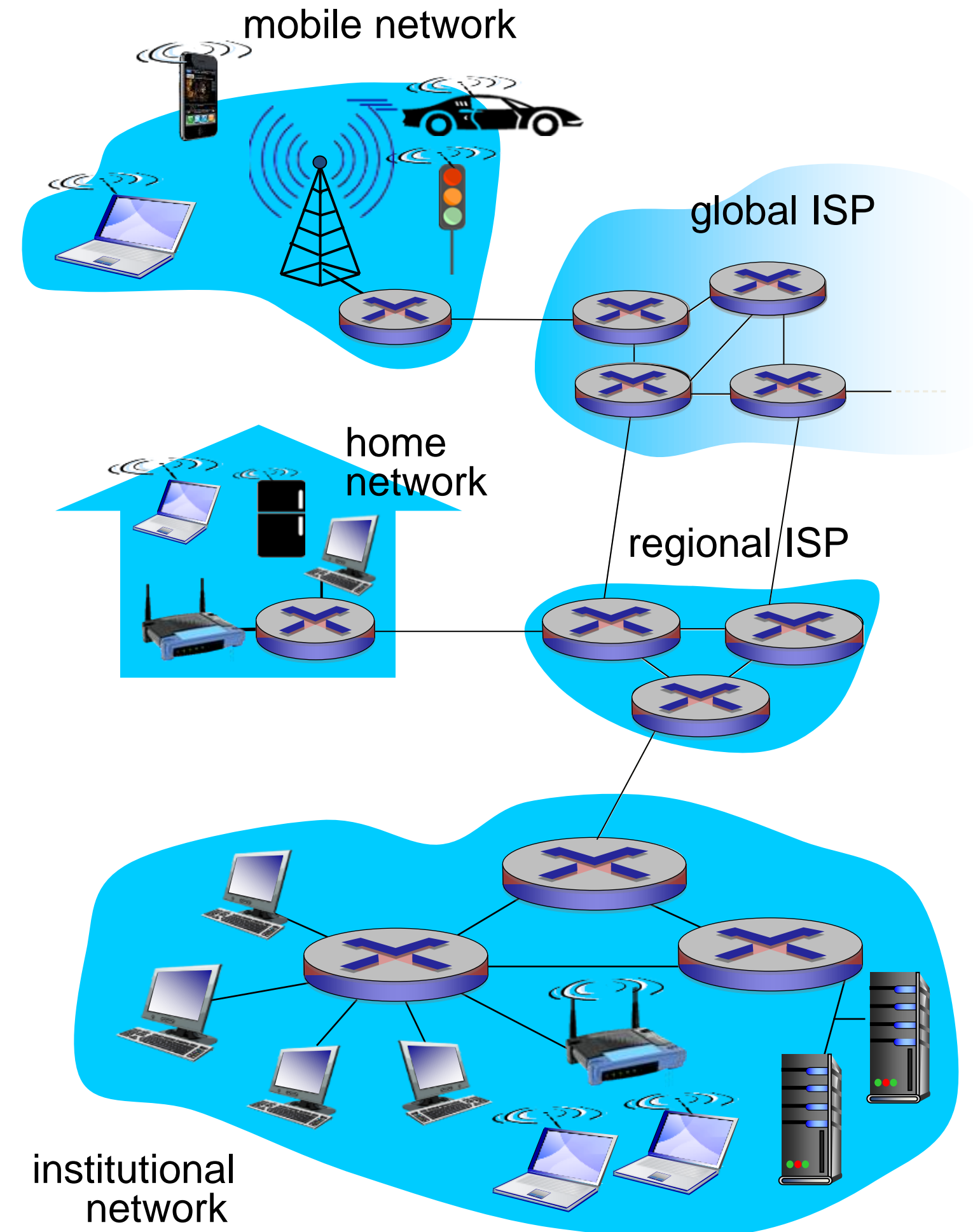
- Скорость передачи
- Маршрут (path), Протоколы (TCP/IP)
- Пакеты, маршрутизаторы и коммутаторы канального уровня
- Каналы связи и пакетные коммутаторы
- Application Programming Interface (API) - <https://habr.com/ru/post/464261/>

## “NUTS-AND-BOLTS VIEW”:

- *Интернет: “сеть сетей”*
  - Взаимосвязь интернет-провайдеров
- *протоколы* – контроль взаимодействия
  - TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11, ...
- *Internet standards*
  - RFC: Request for comments
  - IETF: Internet Engineering Task Force

## “SERVICE VIEW”:

- *Инфраструктура сервисов:*
  - Web, VoIP, email, games, e-commerce, social nets, ...
- *предоставляет программный интерфейс*
  - приложение “связывается” с сетью
  - предоставляет варианты обслуживания

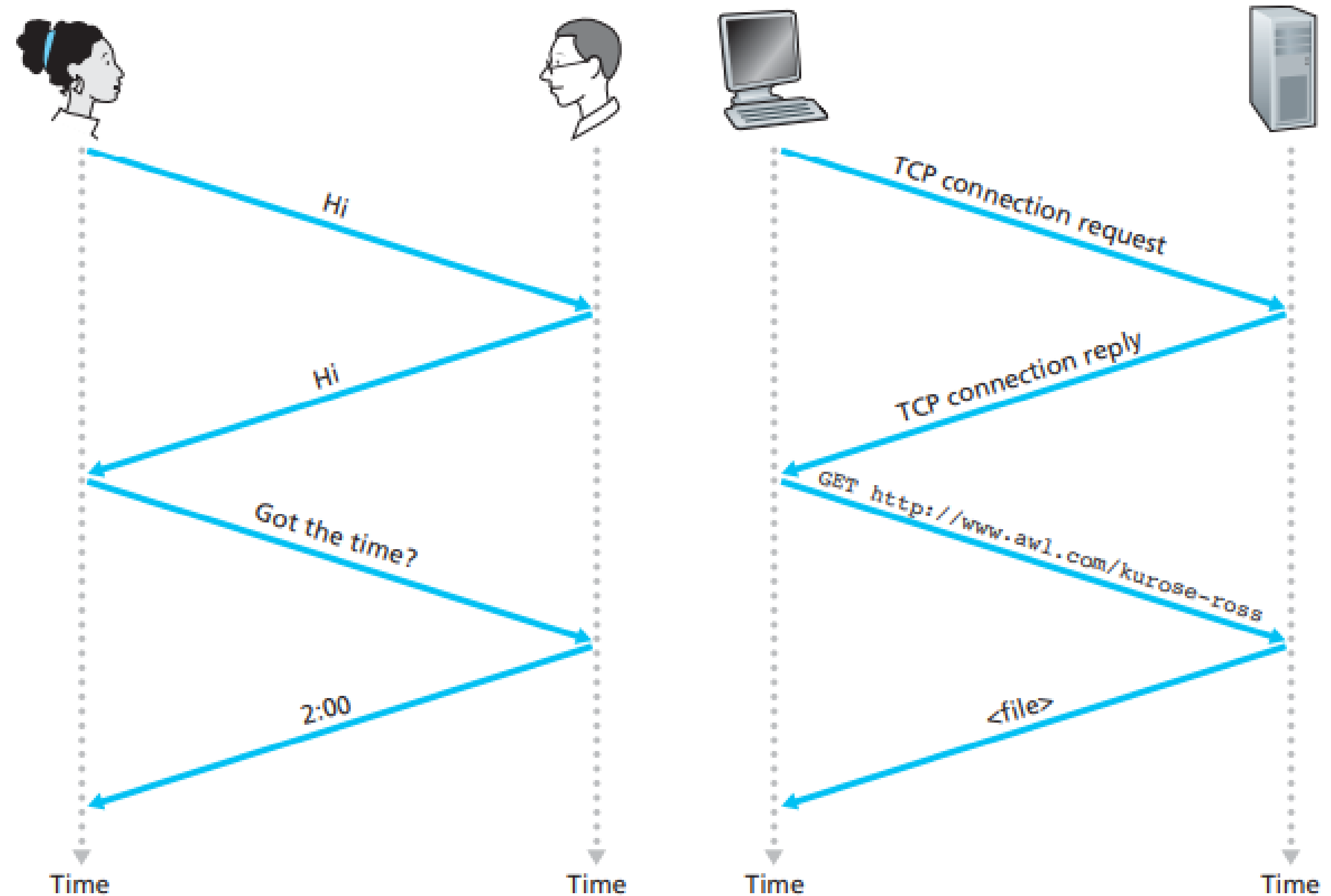


# Что такое Протокол?

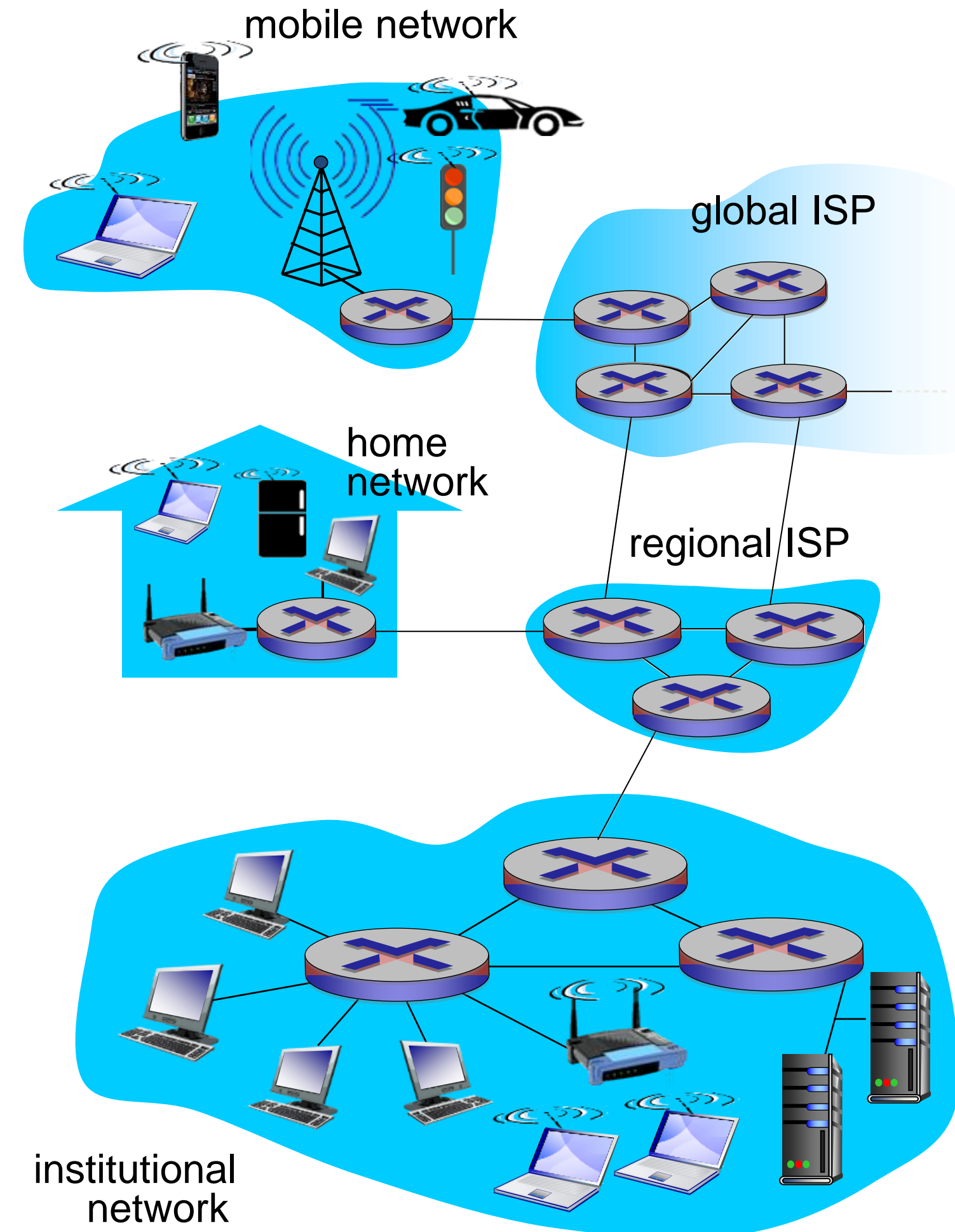
Формализация вариантов общения:

1. конкретные сообщения мы посылает;
2. конкретные действия, которые мы предпринимаем в ответ на полученные ответные сообщения или другие события.

**ФОРМАТ И ПОРЯДОК  
СООБЩЕНИЙ, КОТОРЫМИ  
ОБМЕНИВАЮТСЯ ДВА ИЛИ  
БОЛЕЕ СООБЩАЮЩИХСЯ  
ЭЛЕМЕНТА**



- **«NETWORK EDGE» - ГРАНИЦА СЕТИ:**
  - хосты: клиенты и серверы
  - серверы часто находятся в центрах обработки данных
- **ДОСТУП К СЕТИ, ФИЗИЧЕСКИЕ НОСИТЕЛИ:**
  - проводное и беспроводное взаимодействие
- **«NETWORK CORE» – ЯДРО СЕТИ:**
  - взаимосвязанные маршрутизаторы
  - сеть сетей



# Типы адресов стека TCP/IP

В стеках протоколов используется три типа адресов:

- Локальные (аппаратные) адреса;
- Сетевые адреса (IP-адреса);
- Символьные (доменные) имена;

Все эти типы адресов присваиваются узлами составной сети независимо друг от друга.



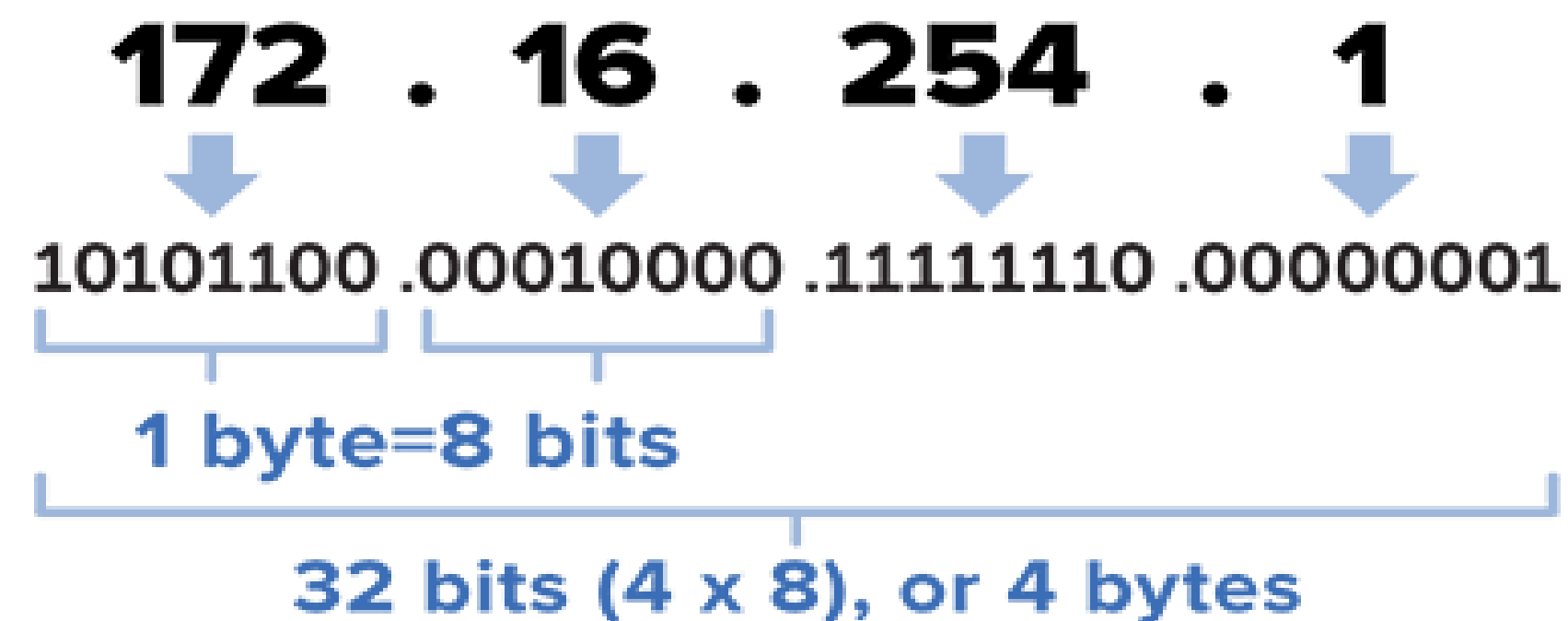


# Адресация в компьютерных сетях (основы)

IPv4 – 32 бита

IPv6 - 128 бит

Маска подсети - это 32-или 128-разрядное число, которое сегментирует существующий IP-адрес в сети TCP / IP. Он используется протоколом TCP/IP для определения того, находится ли хост в локальной подсети или в удаленной сети.



Hi, I'm a  
Subnet Mask

**255.255.255.0**



IP: 101. 102. 103. 5

Subnet Mask: 255. 255. 255. 0

[1] [Как понять правильно IP- адреса и подсети маски?](#)

# Двоичная IP-адресация

IP-адрес представляет собой 32-разрядное двоичное число, записанное в виде четырех октетов, т.е. четырех групп, каждая из которых состоит из восьми двоичных знаков (нулей и единиц).

32 бита = 4 байт			
Октет (8 бит)	Октет (8 бит)	Октет (8 бит)	Октет (8 бит)
$2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$	$2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$	$2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$	$2^7 2^6 2^5 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0$
10101100	00010000	01111010	11001100
Десятичный эквивалент			
172	16	122	204

Эквиваленты комбинаций битов в октете в десятичном и двоичном представлении

128	64	32	16	8	4	2	1	Десятичное значение
$2^7$	$2^6$	$2^5$	$2^4$	$2^3$	$2^2$	$2^1$	$2^0$	
1	0	0	0	0	0	0	0	128
1	1	0	0	0	0	0	0	192
1	1	1	0	0	0	0	0	224
1	1	1	1	0	0	0	0	240
1	1	1	1	1	0	0	0	248
1	1	1	1	1	1	0	0	252
1	1	1	1	1	1	1	0	254
1	1	1	1	1	1	1	1	255
128	+ 64	+ 32	+ 16	+ 8	+ 4	+ 2	+ 1	255

# Особые IP адреса

Номера сетей и номера узлов *не могут состоять из одних двоичных нулей или единиц*. Отсюда следует, что максимальное количество узлов, для сетей каждого класса, должно **быть уменьшено на 2**.

Поле сети	Поле узла	Интерпретация
Все биты равны 0	Все биты равны 0	Данное устройство
Все биты равны 0	Номер узла	Устройство в данной IP-сети
Все биты равны 1	Все биты равны 1	Все устройство в данной IP-сети (ограниченное широковещательное сообщение (limited broadcast))
Номер сети	Все биты равны 0	Данная IP-сеть
Номер сети	Все биты равны 1	Все устройства в указанной IP-сети (широковещательное сообщение (broadcast))
127		Возвратный адрес (loopback)

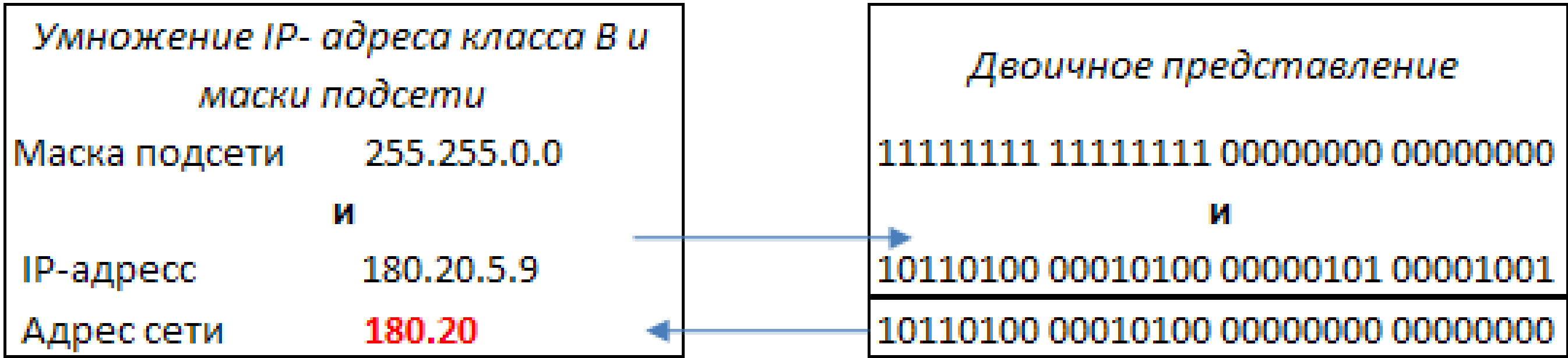
# Базовые маски подсети

**Маска** — это число, применяемое в паре с IP-адресом, причем двоичная запись маски содержит непрерывную последовательность единиц в тех разрядах, которые должны в IP-адресе интерпретироваться как номер сети.

(ИСПОЛЬЗУЕТСЯ СЕТЕВЫМИ УСТРОЙСТВАМИ)

Базовые маски подсети		
Класс сети	Маска подсети	Двоичный эквивалент
A	255.0.0.0	11111111 00000000 00000000 00000000
B	255.255.0.0	11111111 11111111 00000000 00000000
C	255.255.255.0	11111111 11111111 11111111 00000000

Адрес сети определяется путем логического умножения IP -адреса и маски подсети



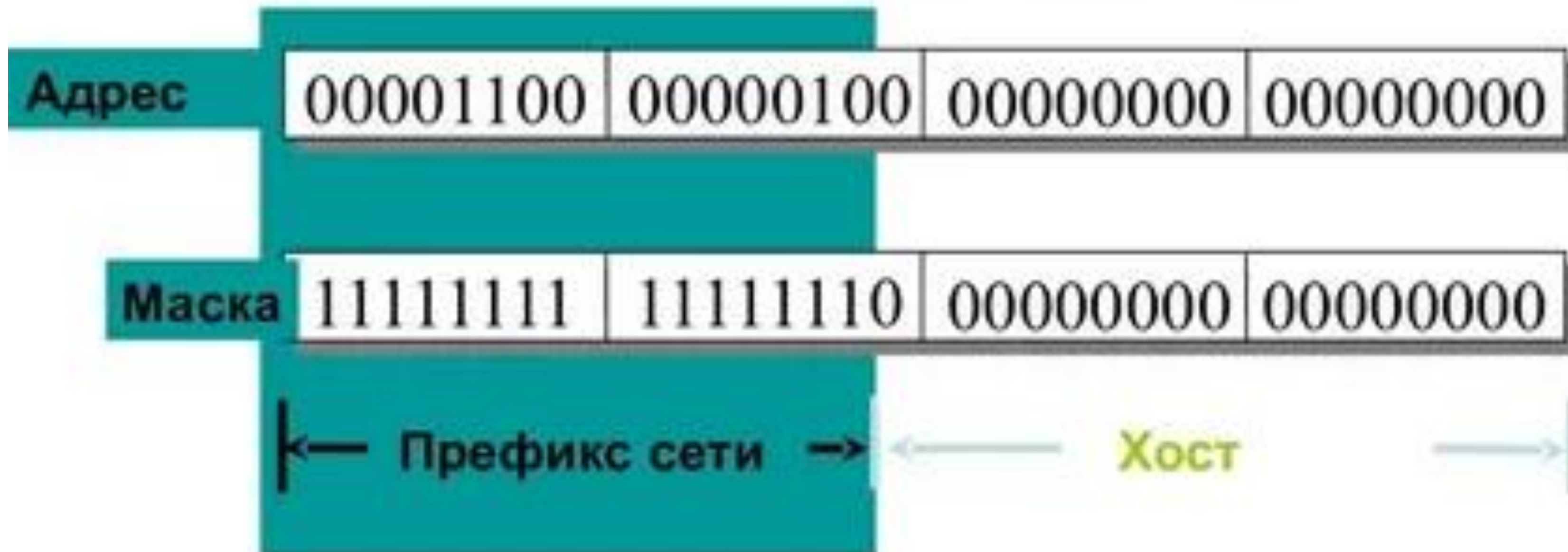


# Бесклассовая адресация CIDR

**До CIDR:** Граница сети заканчивалась на 8-, 16, 24- бите

**CIDR:** Граница сети может закончиться на любом бите

IP Address : 12.4.0.0      IP Mask: 255.254.0.0



Network Prefix обычно пишется как 12.4.0.0/15, или "суперсеть"

© Masich G.F.

# Классы адресов IP

Адреса IP делятся на 5 классов в зависимости от размера сети, которую они обслуживают.

	Первый октет	Второй октет	Третий октет	Четвертый октет	Наименьший номер сети	Наибольший номер сети	Максимальное число узлов в сети	
	Класс А							
Количество битов	1	7	24		1.0.0.0 (0 - не используется)	126.0.0.0 (127.0.0.0 - зарезервирован)	2^24-2=16777214, поле 3 байта	
первые биты	0	Номер сети	Номер хоста					
Класс А	Сеть	Узел	Узел	Узел				
	Класс В							
Количество битов	1	1	14	16	128.0.0.0	191.255.0.0	2^16 -2 =65534, поле 2 байта	
первые биты	1	0	Номер сети	Номер хоста				
Класс В	Сеть	Сеть	Узел	Узел				
	Класс С							
Количество битов	1	1	1	21	8	192.0.0.0	223.255.255.0	2^8-2=254, поле 1 байт
первые биты	1	1	0	Номер сети	Номер хоста			
Класс С	Сеть	Сеть	Сеть	Узел				
	Класс D							
первые биты	1110				224.0.0.0	239.255.255.255	Групповые адреса	
	Класс E							
первые биты	11110				240.0.0.0	247.255.255.255	Зарезервировано	

---

## **РАЗДЕЛ 4. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СЕТЕЙ**

Классификация по уровню однородности:

1. Одноранговые

2. «Клиент-сервер»

- Клиент – объект (компьютер или программа), запрашивающий некоторые услуги.
- Сервер – объект (компьютер или программа), предоставляющий некоторые услуги.

3. Гибридные.



**LAN** – Local Area Network ( ЛВС ) – Локальные вычислительные сети: Ethernet, FastEthernet, ARCnet, TokenRing , LokalTalk (Apple) , WLAN, FDDI\*.

**WAN** – Wide Area Network ( РВС ) – Региональные и глобальные вычислительные сети: FDDI\*, ATM, FrameRelay.

**MAN** – Metropolitan Area Network ( ТВС ) – Городские (территориальные) вычислительные сети.. Это понятие в настоящее время уже не используется. Оно вытеснено понятием WAN.

**GAN** – Global Area Network ( ГВС ) – Глобальные вычислительные сети. Это понятие в настоящее время уже не используется. Оно вытеснено понятием WAN.

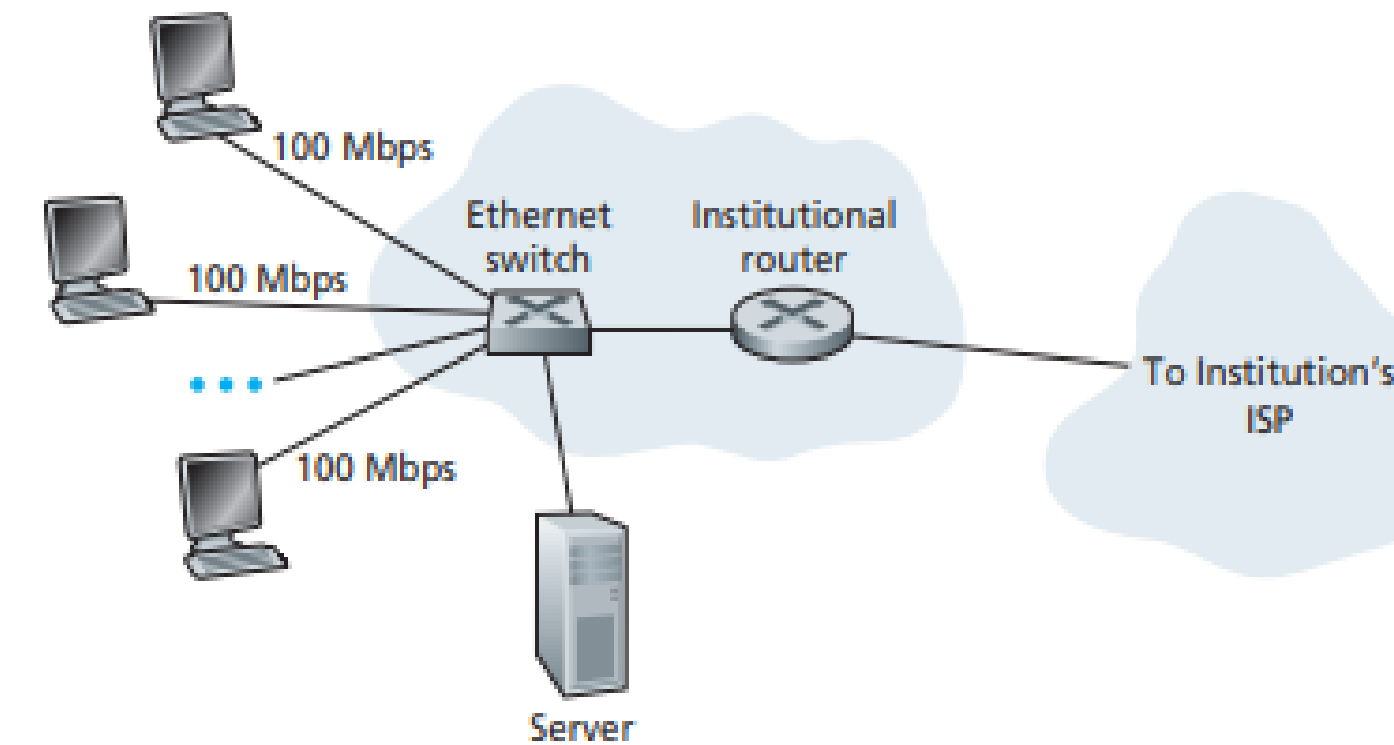
## LOCAL AREA NETWORK (LAN) TECHNOLOGIES (ЛОКАЛЬНЫЕ СЕТИ):

### 1) Ethernet technology

- typically used in companies, universities, etc.
- 10 Mbps, 100Mbps, 1Gbps, 10Gbps transmission rates
- today, end systems typically connect into Ethernet switch

### 3) Wireless LAN – based on WiFi technology (IEEE 802.11), 3G, 4G: LTE

- shared wireless access network connects end system to router
- via base station “access point”



Ксана  
@mafagirl

У меня вынули телефон из кармана, пока я слушала музыку по Bluetooth-наушникам. Преследовала вора под мой любимый альбом и даже смогла принять входящий звонок. Технологии.



**Основные компоненты сети:** конечные устройства (end devices), промежуточные устройства (intermediary devices), среды передачи данных (media) и программные средства, такие как сервисы (services) и процессы (processes).

**Конечные устройства:** сервера, домашние компьютеры, телефоны и т.п.

**Промежуточные устройства:** маршрутизаторы (routers), коммутаторы (switches), беспроводные точки доступа (Wireless Access Point), некоторые модемы (modems).

**Среды передачи данных:** металл, стекло, пластик, радио волны и излучения.

**Сервисы:** веб-сервер, mail-сервер, ftp-сервер.

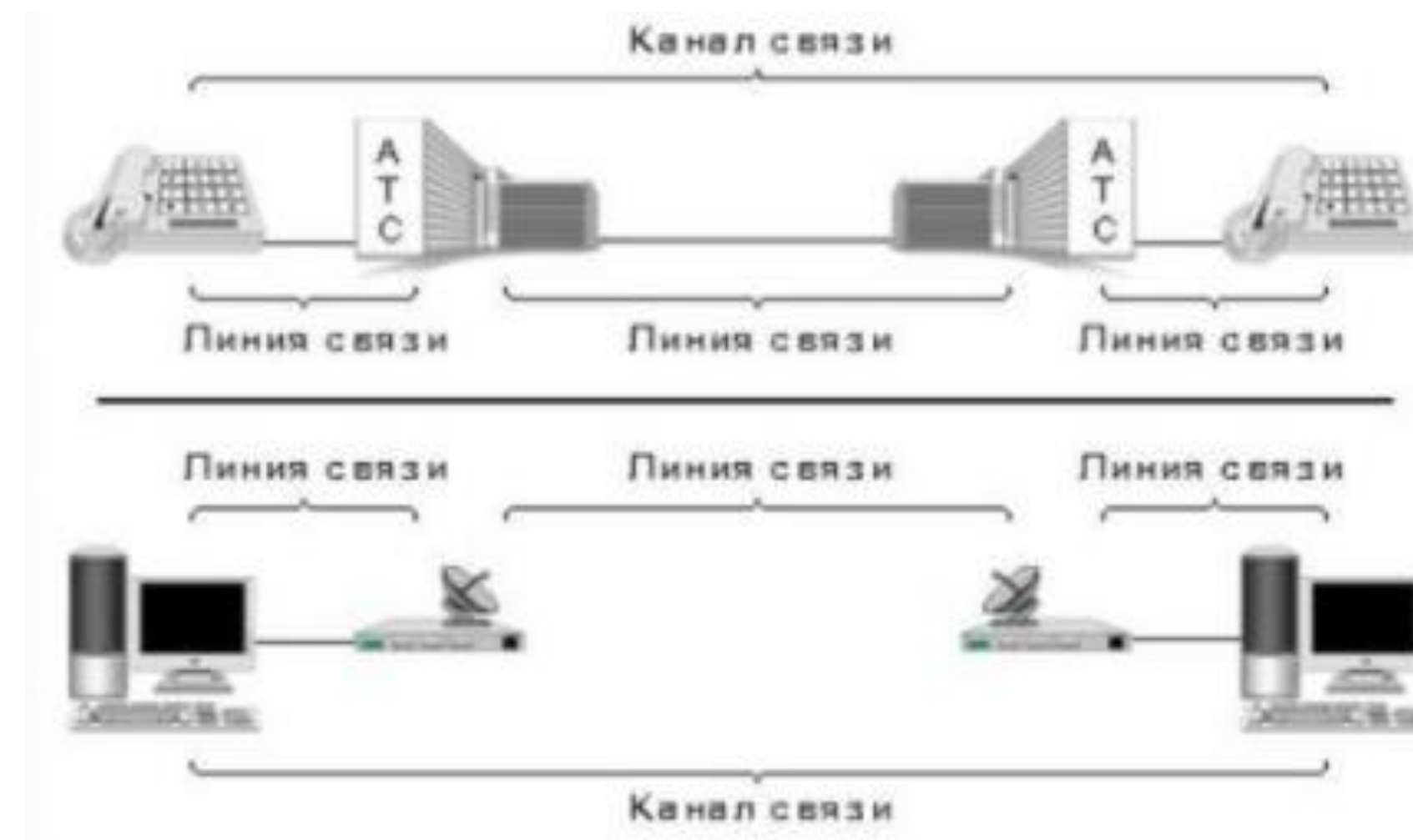
**Процессы:** специальные служебные сетевые процессы, работающие на сетевом оборудовании.

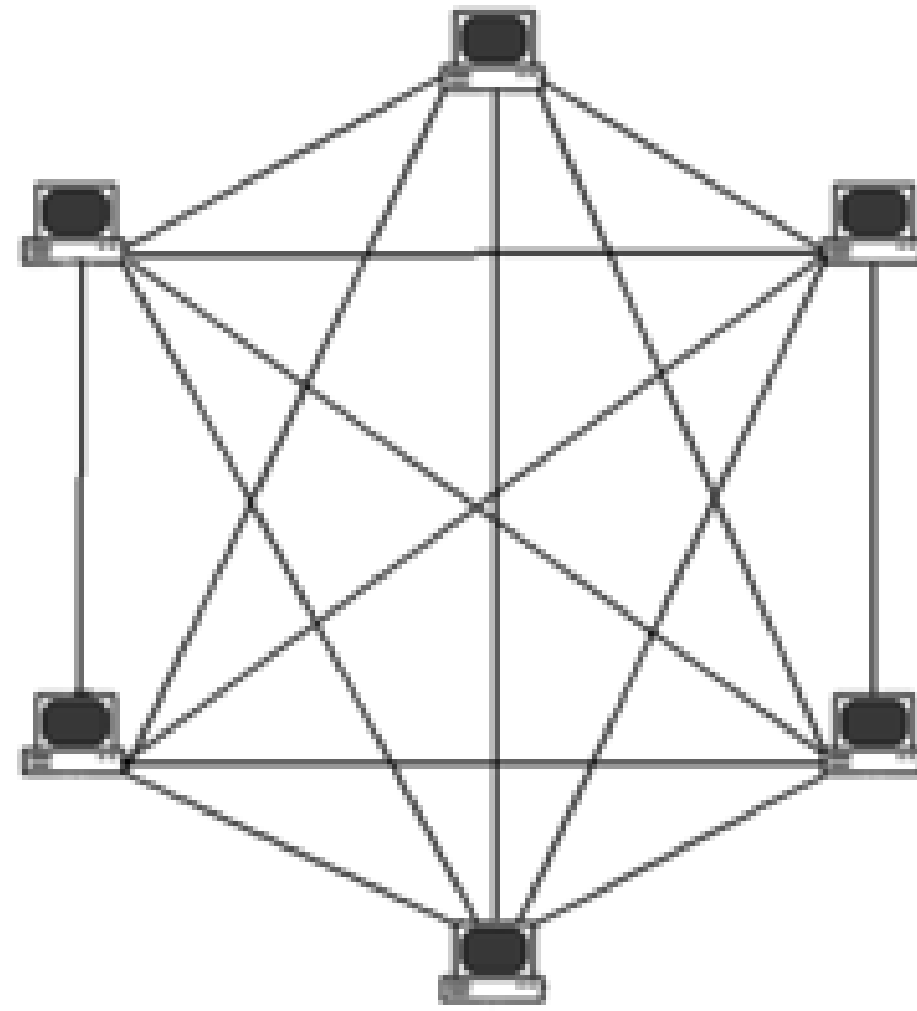
Все устройства и медиа (среды передачи данных) – это физические, аппаратные или как еще называют – железные (hardware) компоненты сети.

Сервисы (сетевые услуги) и процессы – это программные компоненты сети (software), работающие явно и не явно, то есть отвечающие на наши запросы (явно) и обрабатывающие переданные сетевые сообщения, такие как пакеты и фреймы.

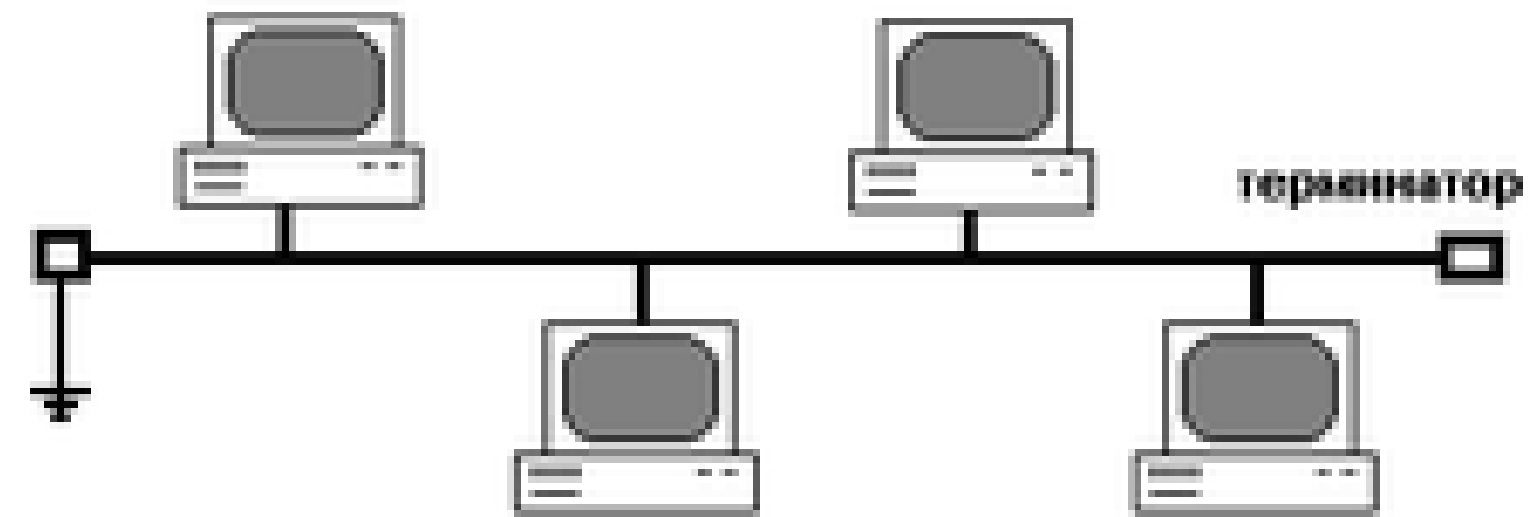
В зависимости от среды передачи данных выделяются следующие линии связи:

1. проводные (воздушные);
2. кабельные:
  - медные:
    - коаксиальные (Coaxial);
    - «витая пара» (Twisted Pair, TP);
  - волоконно-оптические (Fiber)
3. радиоканалы:
  1. наземная радиосвязь;
  2. спутниковой радиосвязь.

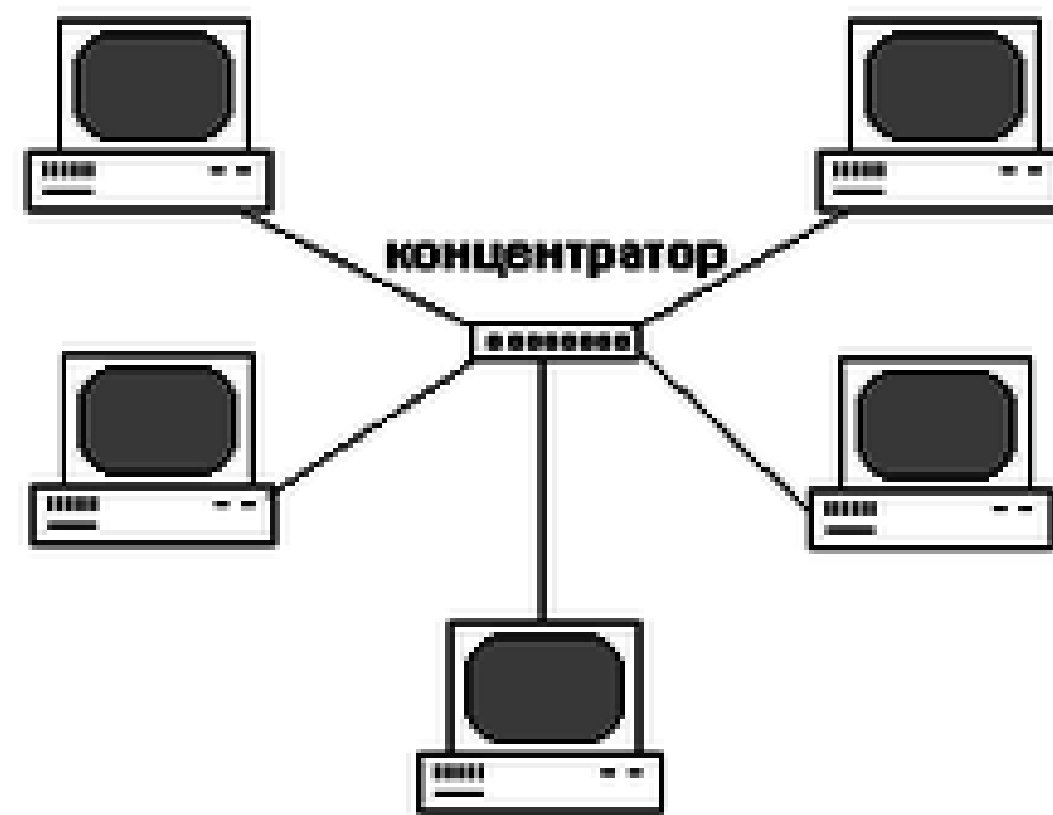




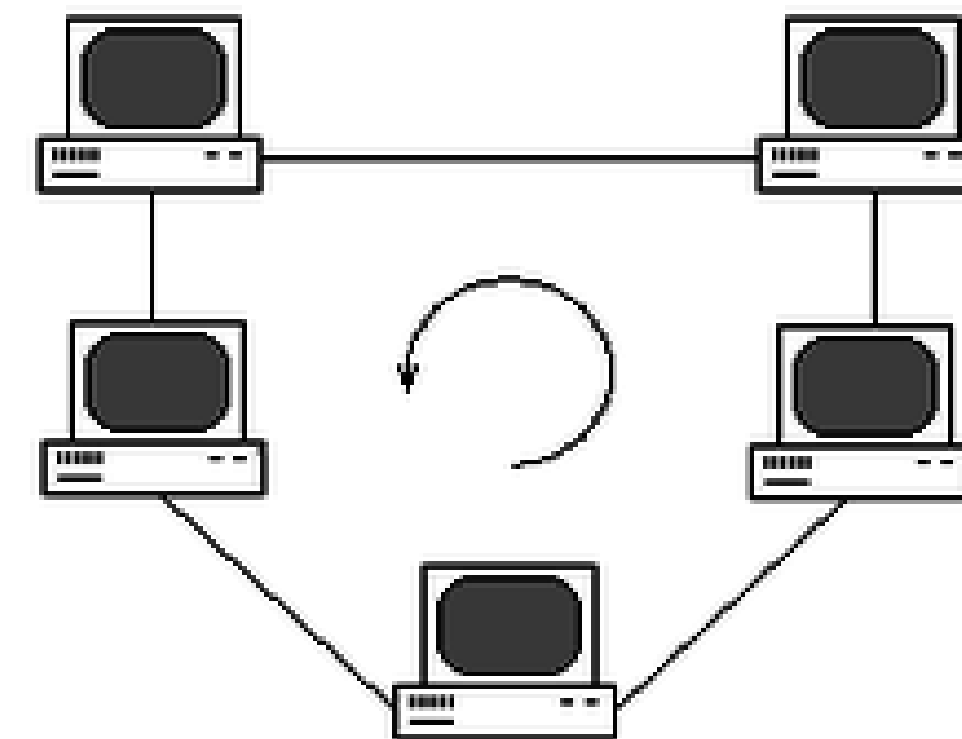
Полносвязная



Шина



Звезда



Кольцо



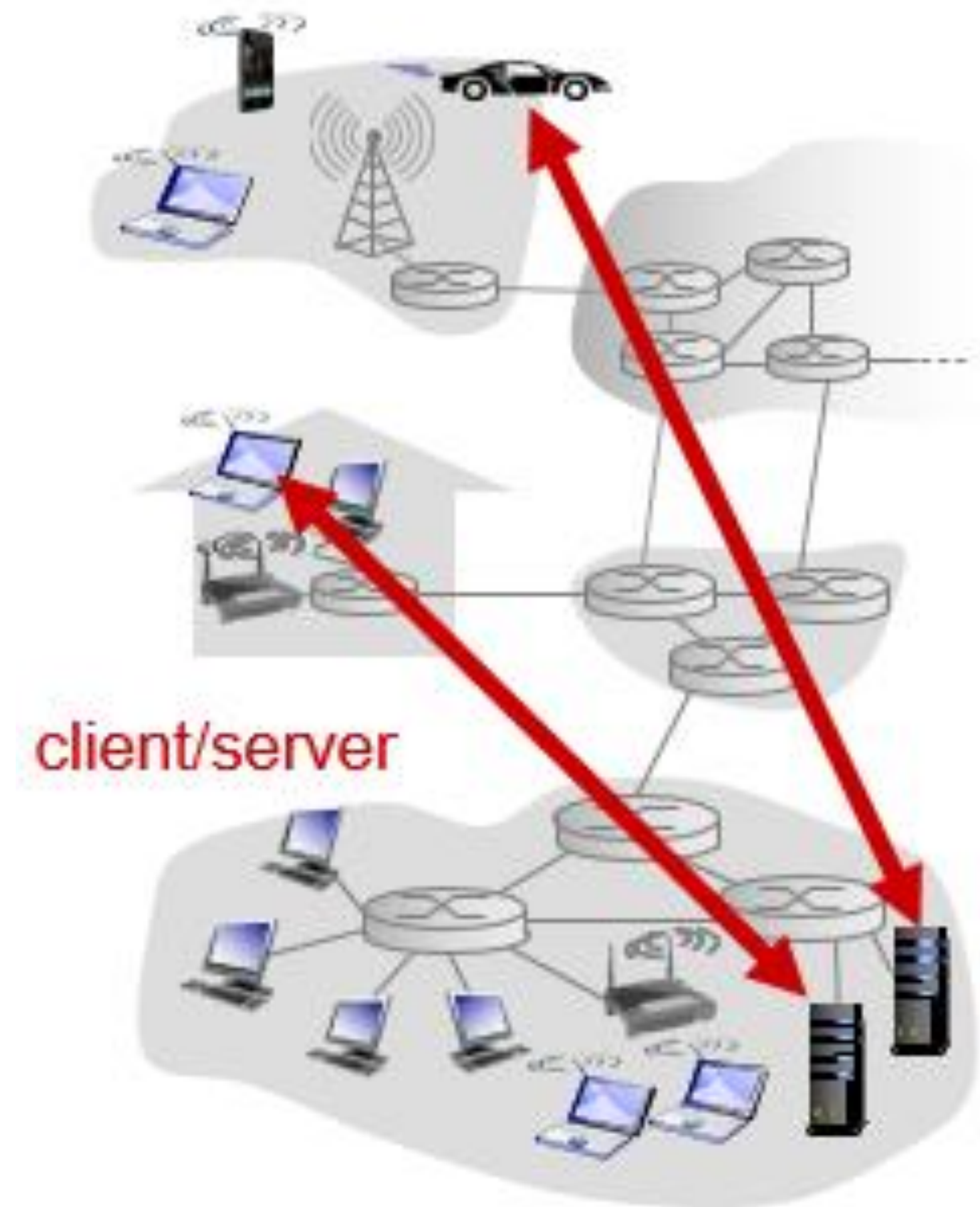
# АРХИТЕКТУРА КЛИЕНТ-СЕРВЕР

## SERVER:

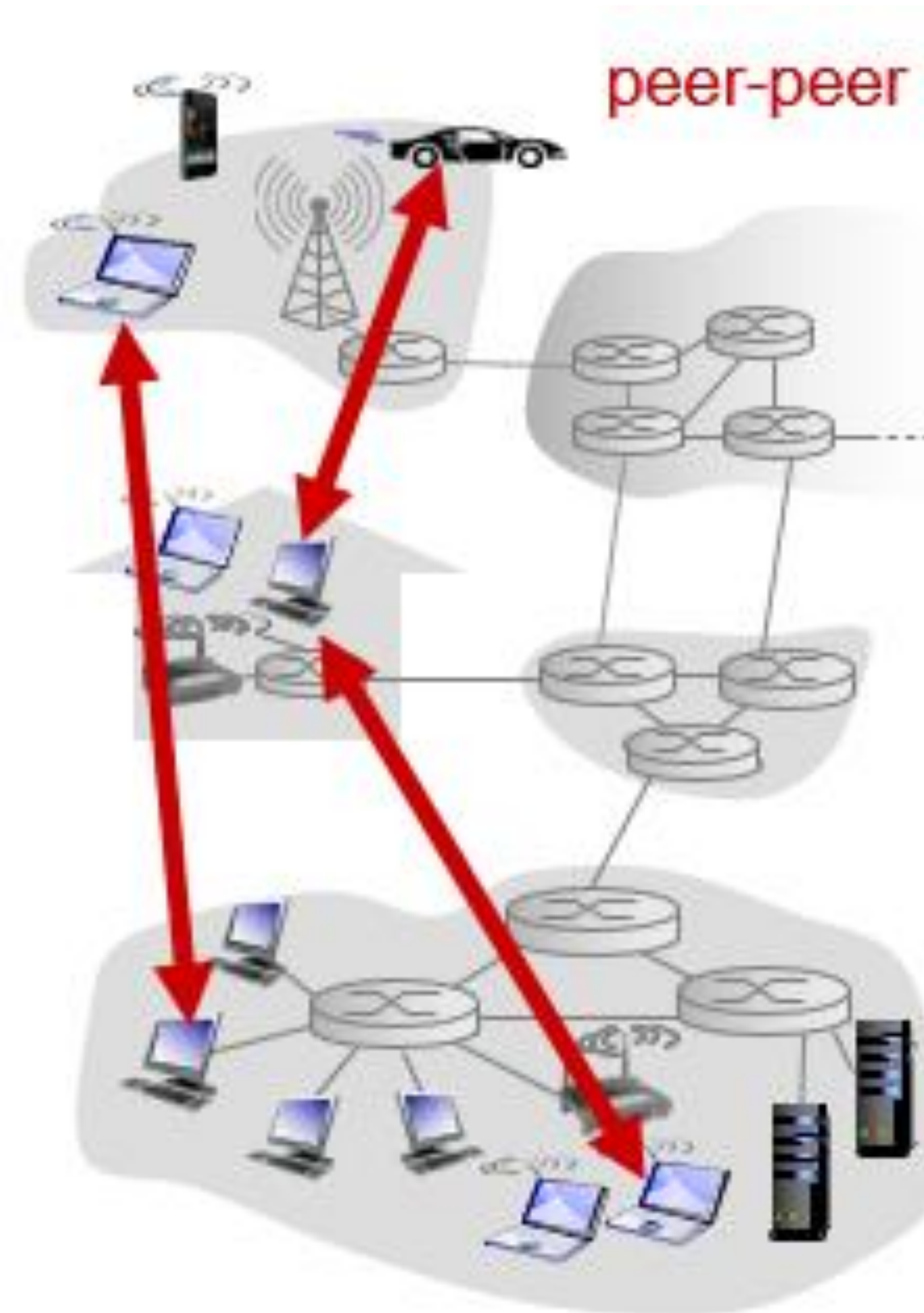
- всегда включенный хост
- постоянный IP-адрес
- центры обработки данных для масштабирования

## CLIENTS:

- держит связь с сервером
- может быть подключен только периодически
- могут иметь динамические IP-адреса
- не общаются напрямую друг с другом



- нет постоянно включенного сервера
- произвольные конечные узлы взаимодействуют напрямую
- одноранговые узлы запрашивают услуги у других одноранговых узлов, предоставляют услуги взамен другим одноранговым узлам
  - *самомасштабируемость* — новые одноранговые узлы приносят новые сервисные возможности, а также новые требования к сервису
- одноранговые узлы периодически подключаются и меняют IP-адреса
  - комплексное управление



## Дополнительная литература по разделу 3

---

1. Видеокурс из 10 уроков: IP сети шаг за шагом.  
<https://proglib.io/p/ip-networks/> .
2. Основы компьютерных сетей. Тема №1. Основные сетевые термины и сетевые модели. <https://habr.com/ru/post/307252/>
3. Ф. Брукс. Мифический человеко-месяц или как создаются программные системы.  
[https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/8870/Frederick\\_Brooks.pdf](https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/8870/Frederick_Brooks.pdf)



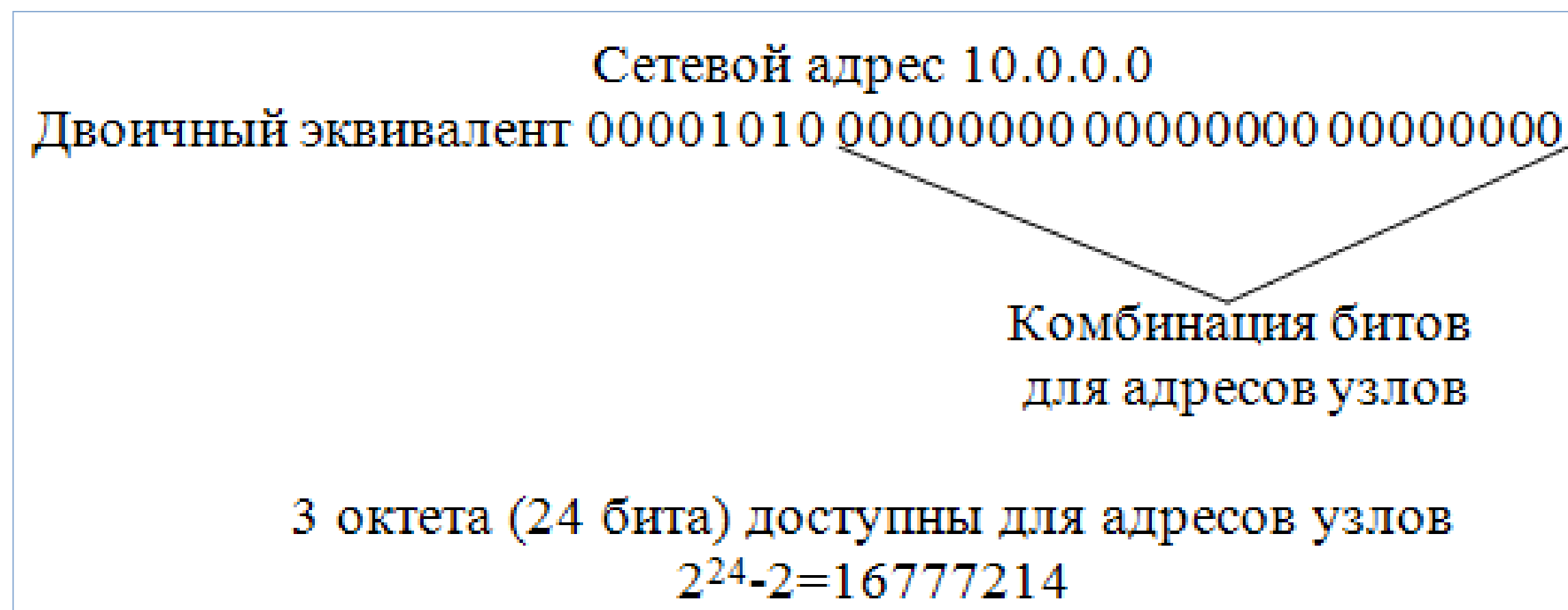
---

# **ДОП РАЗДЕЛ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ. РАСЧЕТЫ ПОДСЕТЕЙ**

Сети каждого класса (А, В и С), могут быть разделены на подсети.

*Сеть IP необходимо разбивать на подсети в случае, если несколько отдельных сетей соединяются посредством маршрутизаторов. Такое разделение следует производить при условии, что у вас имеется крупная сеть с множеством узлов и существует опасность ее перегрузки.*

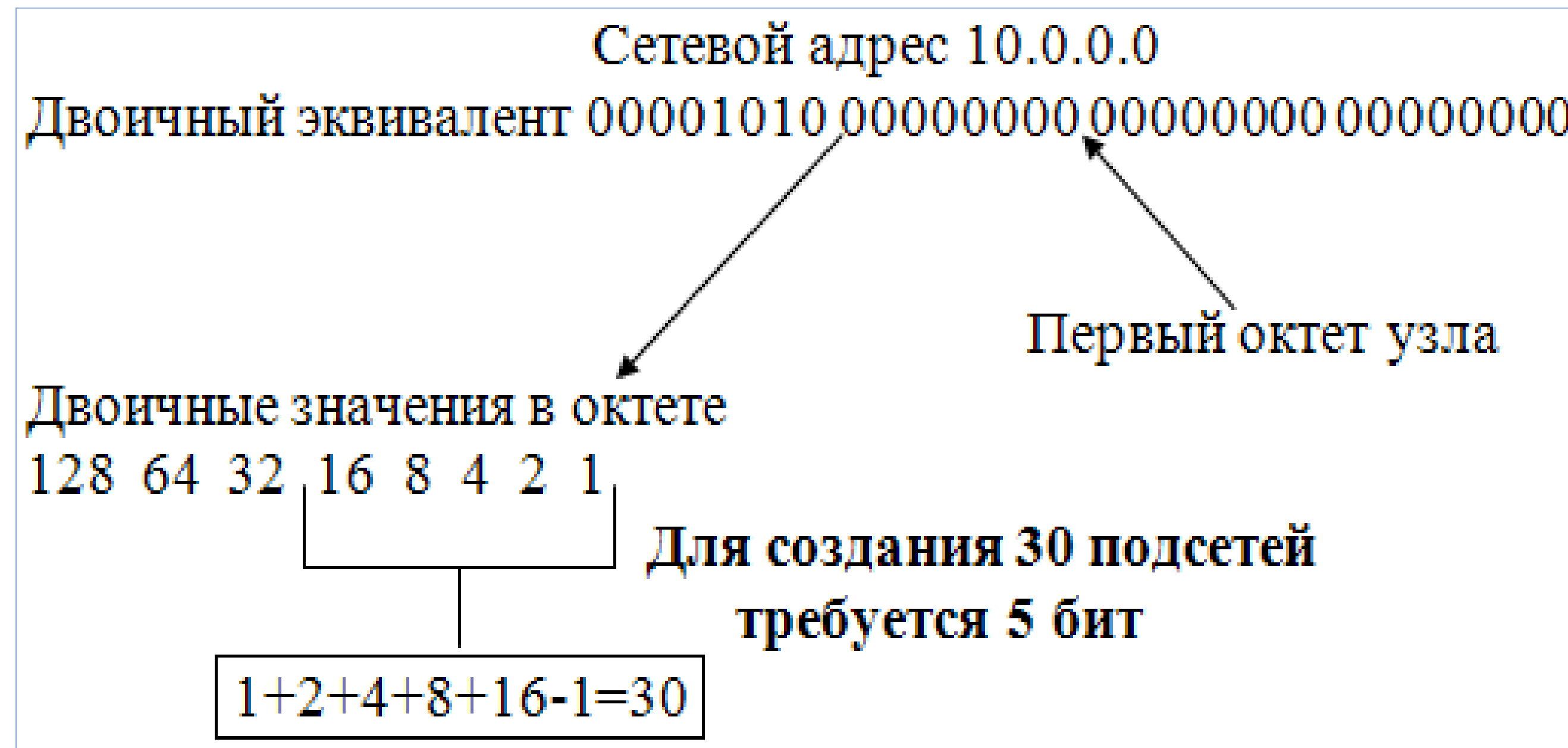
## Создание подсетей в сети класса А



# Формирование подсети

Для формирования подсети придется забрать некоторое количество битов из октетов определяющих адреса узлов, и пустить их на подсети.

*Расчет требуемого количества подсетей*



# Расчет диапазона IP-адресов в подсети

Диапазоны IP - адресов для первых 10 подсетей из 30		
Номер подсети	Начальный адрес	Конечный адрес
1	10.8.0.1	10.15.255.254
2	10.16.0.1	10.23.255.254
3	10.24.0.1	10.31.255.254
4	10.32.0.1	10.39.255.254
5	10.40.0.1	10.47.255.254
6	10.48.0.1	10.55.255.254
7	10.56.0.1	10.63.255.254
8	10.64.0.1	10.71.255.254
9	10.72.0.1	10.79.255.254
10	10.80.0.1	10.87.255.254

# Расчет доступных адресов узлов

Число возможных в подсети адресов узлов легко рассчитать, В сети класса А изначально для адресов узлов связи доступно 24 бита. На 30 подсетей из второго октета взято 5 бит. Это означает, что теперь для IP-адресов осталось 19 бит. Чтобы узнать, сколькими адресами узлов связи располагает подсеть, возведите число 2 в степень 19, а затем вычтите 2.

$$2^{19} - 2 = 524286$$

В результате для подсети получится 524286 адресов IP. Очевидно, что сеть класса А поддерживает огромное количество адресов узлов связи, поэтому ситуация, когда их окажется недостаточно для всех сетевых устройств, практически нереальна.

Однако при работе с сетями класса В и С число доступных адресов в каждой подсети придется тщательно просчитывать.

- Почему конечный адрес каждой подсети завершается цифрами 254? Вспомните, что часть адреса IP, соответствующая адресу узла (в данном случае третий и четвертый октеты), не должна состоять только из единиц (то есть иметь десятичное представление 255). Поэтому в третьем октете допустимы только единицы (255), но четвертый октет в десятичной форме может иметь максимальное значение 254.
- При делении сети на подсети количество адресов IP, доступных в качестве адресов узлов, уменьшается. Например, сеть класса А (без разбиения на подсети) поддерживает 16777214 узлов связи. На при создании в ней 30 подсетей, в каждой из которых окажется 524286 доступных адресов IP, получится  $524286 \times 30 = 15728580$  адресов. Следовательно, при делении на подсети потерялось 1048634 адресов узлов.

# Разбиение на подсети IP-адресов класса А

Требуемое количество подсетей	Число битов для ID подсети	Маска подсети	Число хостов в подсети
1-2	1	255.128.0.0, или/9	8 388 606
3-4	2	255.192.0.0, или/10	4 194 302
5-8	3	255.224.0.0, или/11	2 097 150
9-16	4	255.240.0.0, или/12	1 048 574
17-32	5	255.248.0.0, или/13	524 286
33-64	6	255.252.0.0, или /14	262 142
65-128	7	255.254.0.0, или/15	131 070
129-256	8	255.255.0.0, или/16	65 534
257-512	9	255.255.128.0, или/17	32 766
513-1024	10	255.255.192.0, или/18	16 382
1 025-2 048	11	255.255.224.0, или /19	8190
2 049-4 096	12	255.255.240.0, или /20	4 094
4 097-8 192	13	255.255.248.0, или/21	2 046
8 193-16 384	14	255.255.252.0, или /22	1022
16 385-32 768	15	255.255.254.0, или /23	510
32 769-65 536	16	255.255.255.0, или /24	254
65 537-131072	17	255.255.255.128, или/25	126
131 073-262 144	18	255.255.255.192, или/26	62
262 145-524 288	19	255.255.255.224, или /27	30
524 289-1048 576	20	255.255.255,240, или /28	14
1 048 577-2 097 152	21	255.255.255.248, или /29	6
2 097 153-4 194 304	22	255.255.255.252, или /30	2

# Подсети для сети класса В

Диапазоны адресов для сети класса В

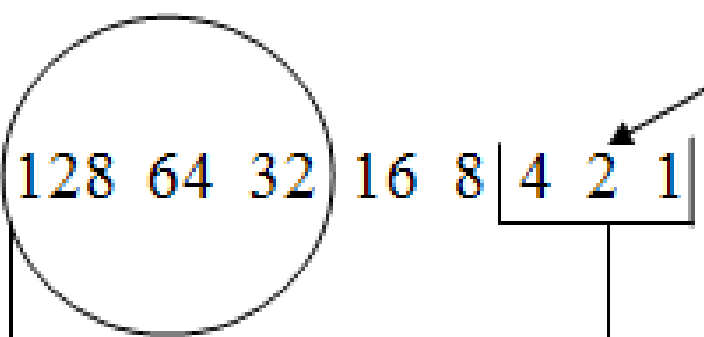
Номер подсети	Начальный адрес	Конечный адрес
1	180.10.32.1	180.10.63.254
2	180.10.64.1	180.10.95.254
3	180.10.96.1	180.10.127.254
4	180.10.128.1	180.10.159.254
5	180.10.160.1	180.10.191.254
6	180.10.192.1	180.10.223.254

Расчет маски подсети для сети В

Базовая маска подсети **255.255.0.0**

Сетевой адрес **180.10.0.0**

Двоичный эквивалент 10110100.00001010.00000000.00000000



Первый октет узла

Для создания 6 подсетей  
требуется 3 бита

$1+2+4-1=6$

Добавляем биты  
высших разрядов,  
чтобы создать новую  
маску подсети  
 $128+64+32=224$

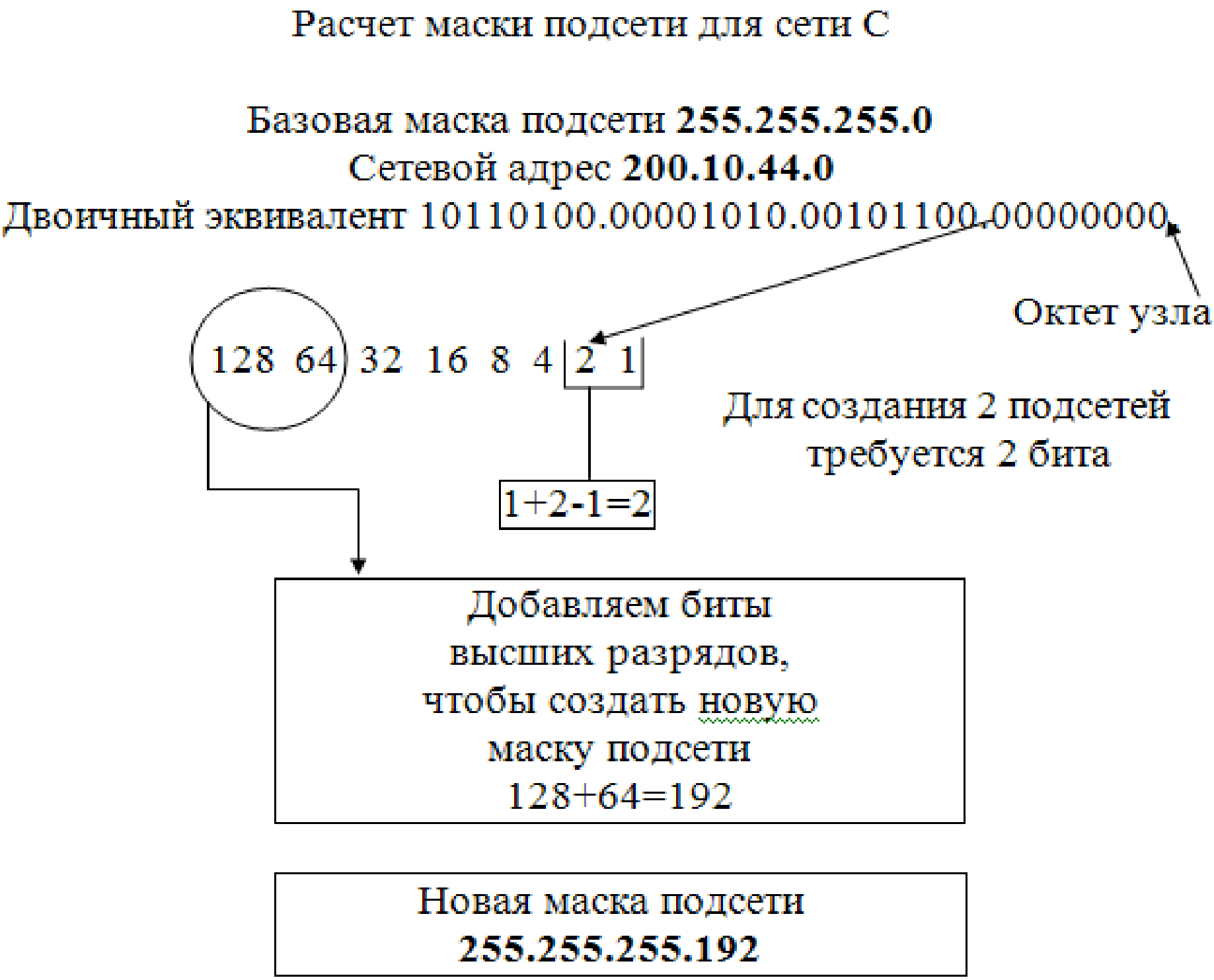
Новая маска подсети **255.255.224.0**

# Разбиение на подсети при использовании IP-адресов класса В

Требуемое количество подсетей	Число битов для ID подсети	Маска подсети	Число хостов в подсети
1-2	1	255.255.128.0, или /17	32 766
3-4	2	255.255.192.0, или /18	16 382
5-8	3	255.255.224.0, или /19	8 190
9-16	4	255.255.240.0, или /20	4 094
17-32	5	255.255.248.0, или /21	2 046
33-64	6	255.255.252.0, или /22	1022
65-128	7	255.255.254.0, или /23	510
129-256	8	255.255.255.0, или /24	254
257-512	9	255.255.255.128, или /25	126
513-1 024	10	255.255.255.192, или /26	62
1025-2 048	11	255.255.255.224, или /27	30
2 049-4 096	12	255.255.255.240, или /28	14
4 097-8 192	13	255.255.255.248, или /29	6
8 193-16 384	14	255.255.255.252, или /30	2



# Расчет диапазонов адресов и маски подсети для сети класса C



Номер подсети	Адрес подсети	Начальный адрес	Конечный адрес	Широковщательный адрес
1	200.10.44.64	200.10.44.65	200.10.44.126	200.10.44.127
2	200.10.44.128	200.10.44.129	200.10.44.190	200.10.44.191

# Разбиение на подсети при использовании IP-адресов класса С

---

Требуемое количество подсетей	Число битов для ID подсети	Маска подсети	Число хостов в подсети
1-2	1	255.255.255.128, или /25	126
3-4	2	255.255.255.192, или /26	62
5-8	3	255.255.255.224, или /27	30
9-16	4	255.255.255.240, или /28	14
17-32	5	255.255.255.248, или /29	6
33-64	6	255.255.255.252, или /30	2