

Тема 3. Обзор протоколов ТСР/IP

- Многоуровневая структура стека ТСР/IP
- Характеристика основных протоколов стека
- Соответствие модели OSI
- Стандарты ТСР/IP
- Сравнение ТСР/IP с другими стеками

Многоуровневая архитектура стека TCP/IP

Уровень I	Прикладной уровень
Уровень II	Основной (транспортный) уровень
Уровень III	Уровень межсетевого взаимодействия
Уровень IV	Уровень сетевых интерфейсов

Уровень I - высокоуровневые сервисы

Уровень II - прикладной:

прикладным уровнем: протоколы обеспечивающие надежность и связь с

Уровень III -

маршрутизации, протоколы разрешения адресов: протокол IP, протоколы

Уровень IV - RFC,

соответствующие определения метода инкапсуляции пакетов IP в кадры

Инкапсуляция

Пользовательские
данные

Appl
header

Пользовательские
данные

Сегмент

TCP
header

Appl
header

Пользовательские
данные

Пакет (дейтаграмма)

IP header

TCP
header

Appl
header

Пользовательские
данные

Кадр

Ethernet
header

IP header

TCP
header

Appl
header

Пользовательские
данные

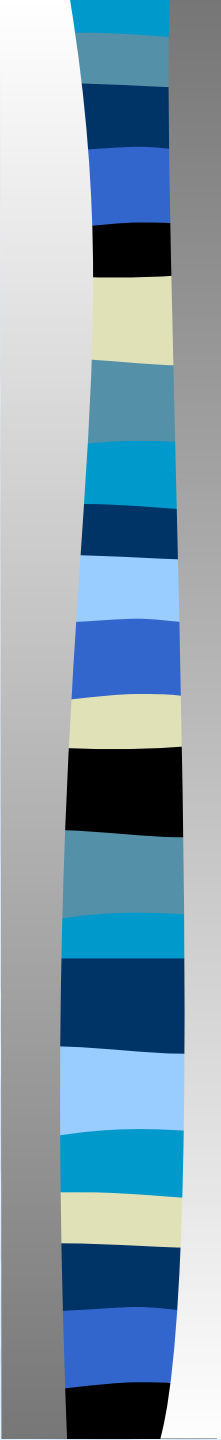
**Прикладной
уровень**

**Транспортный
уровень**

Сетевой уровень

**Уровень сетевых
интерфейсов**

В сеть Ethernet



Единицы передаваемых данных:

ПОТОК (<i>stream</i>)	Уровень I	Прикладной уровень (Application)
сегмент (<i>segment</i>) дейтаграмма (<i>datagram</i>)	Уровень II	Транспортный уровень (Transport)
пакет (<i>packet</i>) дейтаграмма (<i>datagram</i>)	Уровень III	Уровень межсетевого взаимодействия (Network)
кадр, фрейм (<i>frame</i>)	Уровень IV	Уровень сетевых интерфейсов (Link)

Терминология Internet: хост, шлюз, октет

Уровни OSI

Прикладной
(Application)

Представительный
(Presentation)

Сеансовый
(Session)

Транспортный
(Transport)

Сетевой
(Network)

Канальный
(Link)

Физический
(Physical)

Уровни стека TCP/IP

Прикладной
(Application)

FTP, telnet,
SNMP, SMTP,
HTTP, TFTP

Транспортный
(Transport)

TCP, UDP

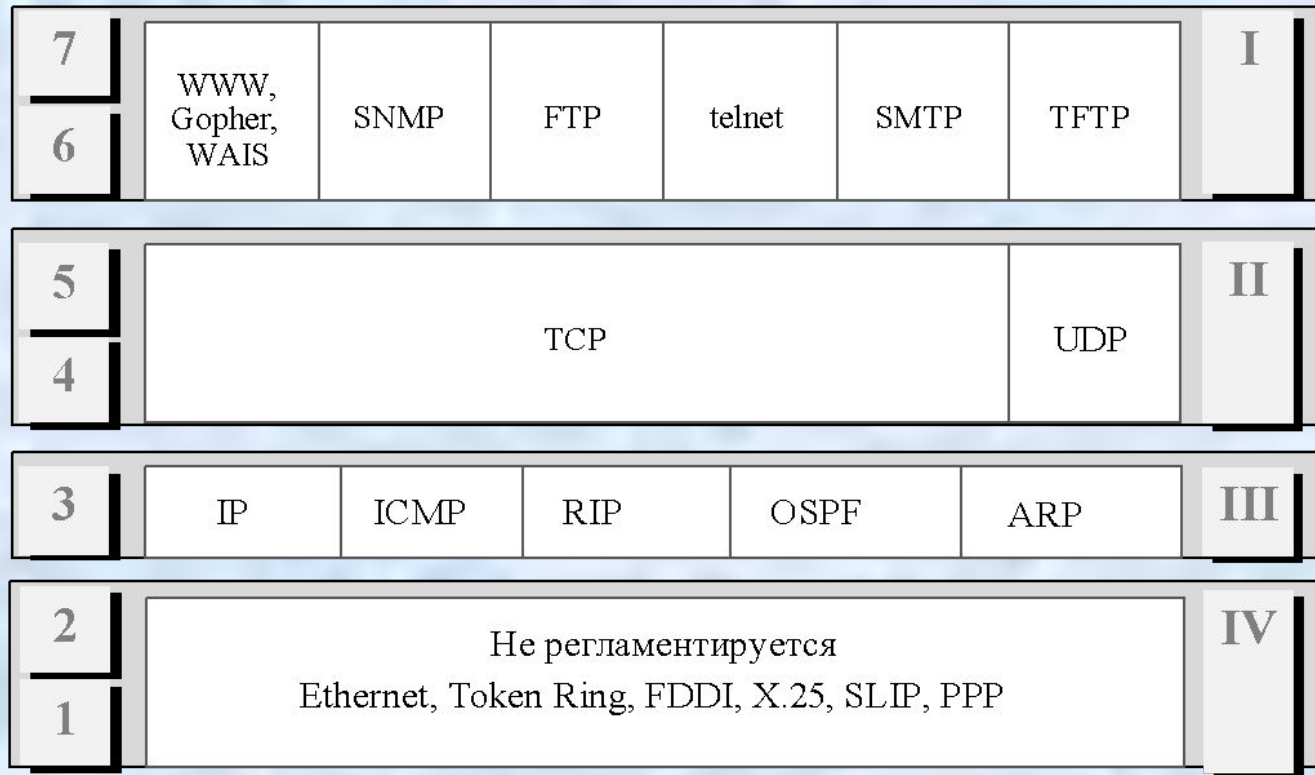
Сетевой
(Network)

IP, RIP, OSPF,
ICMP

Уровень сетевых
интерфейсов
(Network Interface)

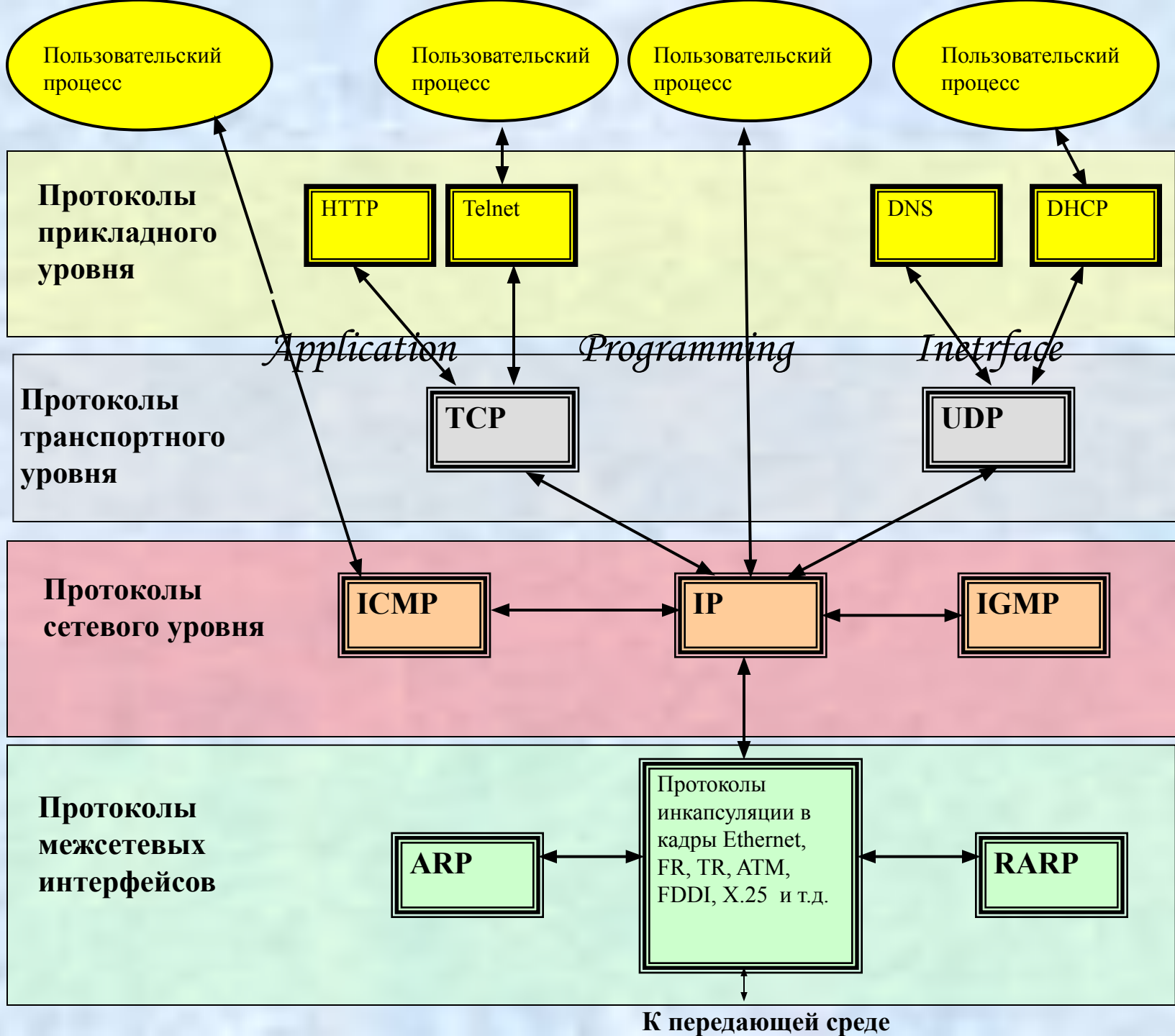
Не
регламентируется

Соответствие уровней TCP/IP модели OSI

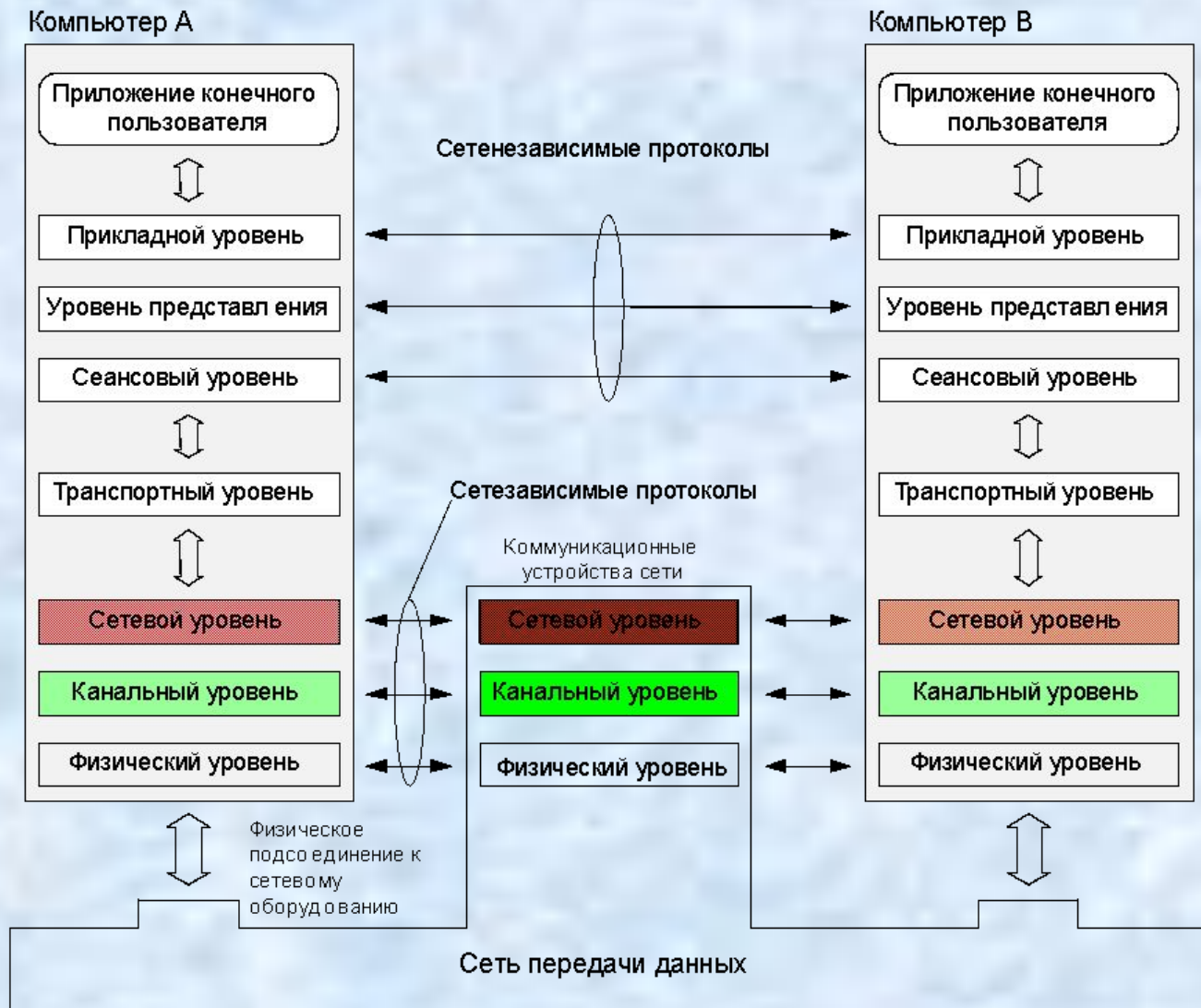


Уровни
модели
OSI

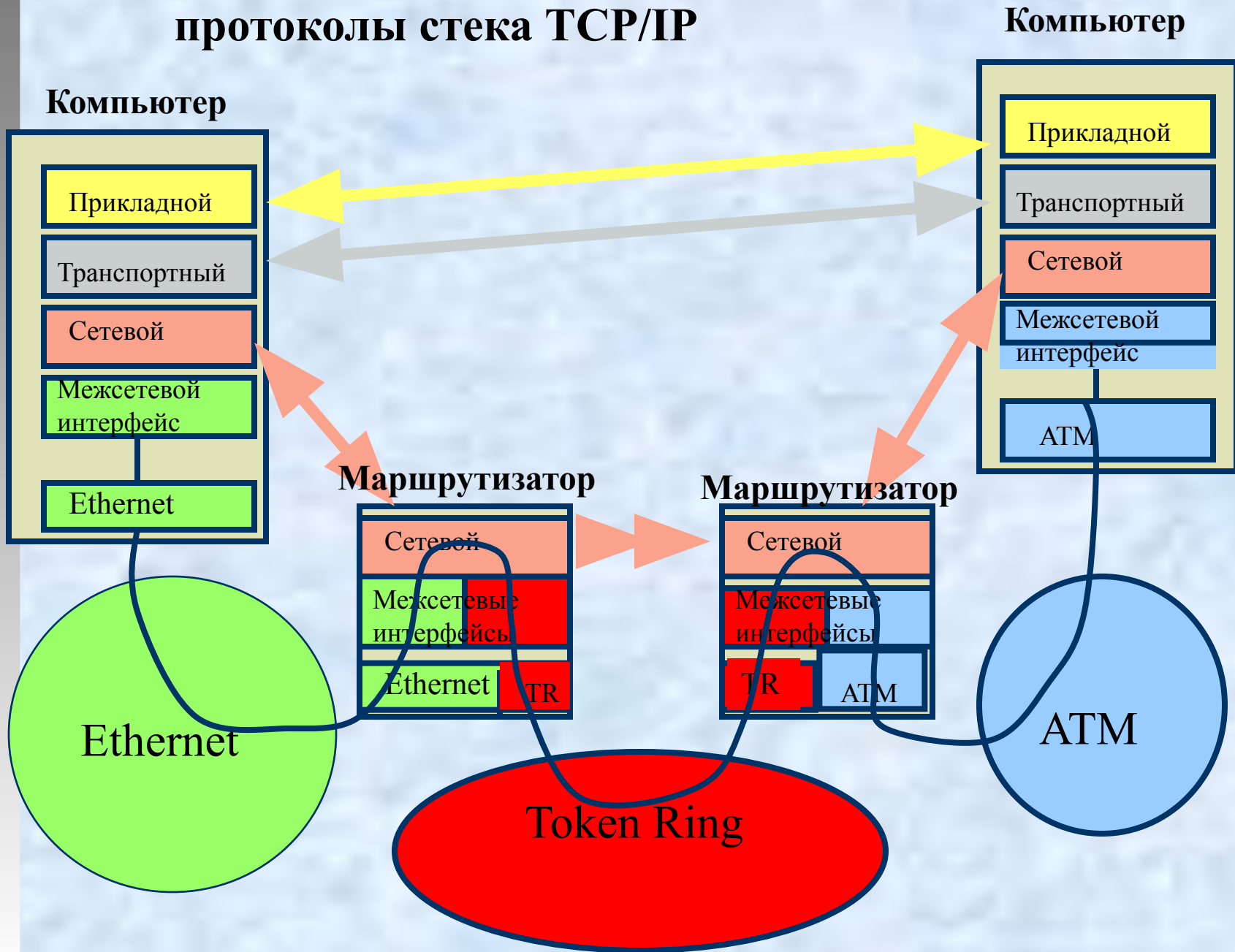
Уровни
стека
TCP/IP



Сетезависимые и сетезависимые уровни модели OSI



Сетезависимые и сетезависимые протоколы стека TCP/IP



Тема 3. Адресация и соглашения о именовании

- Типы адресов в IP-сетях
- Использование масок (протокол CIDR)
- Протоколы отображения (ARP, RARP, Proxy-ARP, DNS)
- Автоматизация назначения адресов (DHCP)



Адреса:

- 1) сетевых интерфейсов (сетевых адаптеров, портов маршрутизаторов)

Коммутаторы, мосты и концентраторы прозрачны для IP-сети и поэтому их порты не имеют IP-адресов

- 2) приложений (пользовательских программ и системных средств)



Типы адресов интерфейсов

- **Аппаратный (физический, локальный) адрес**

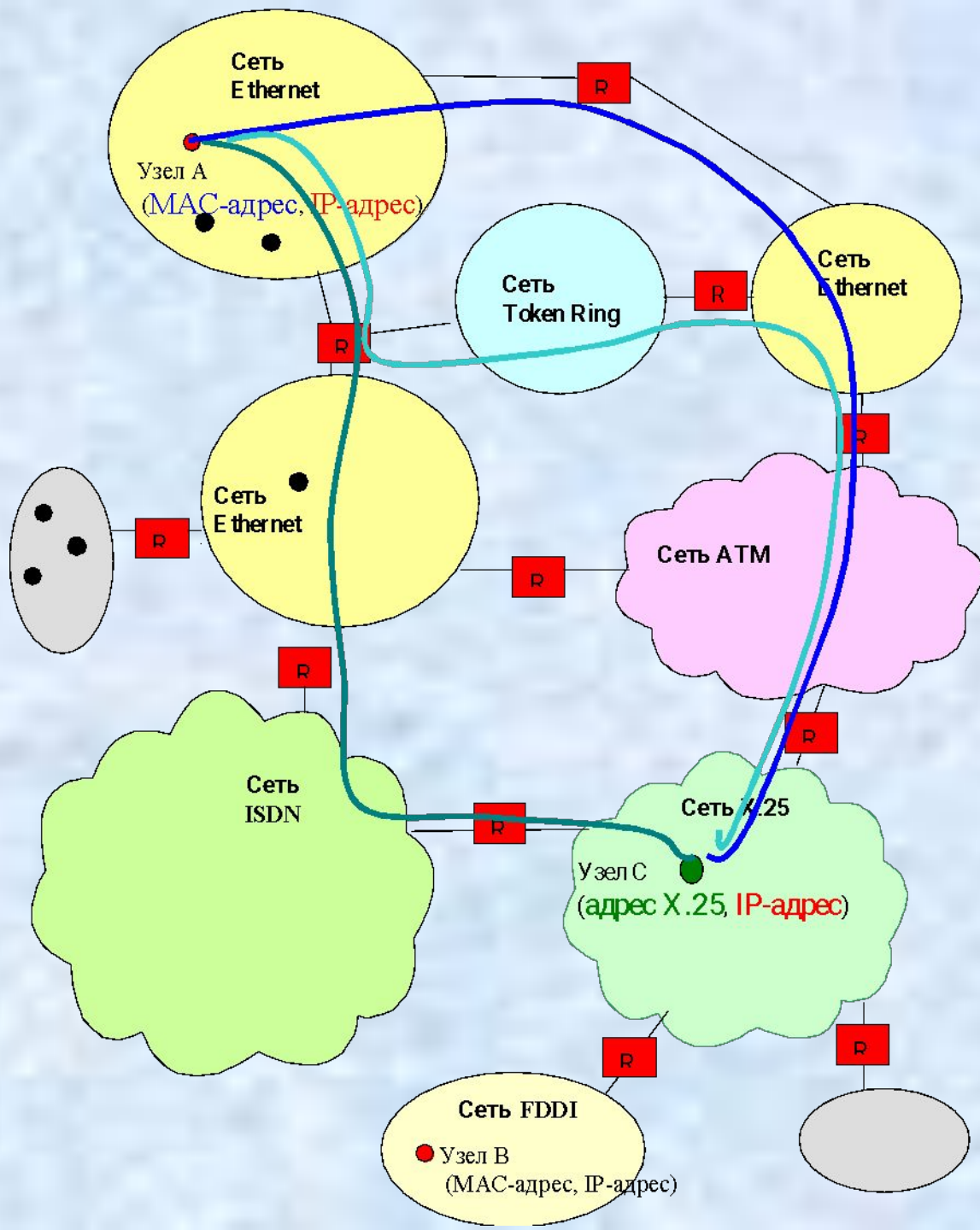
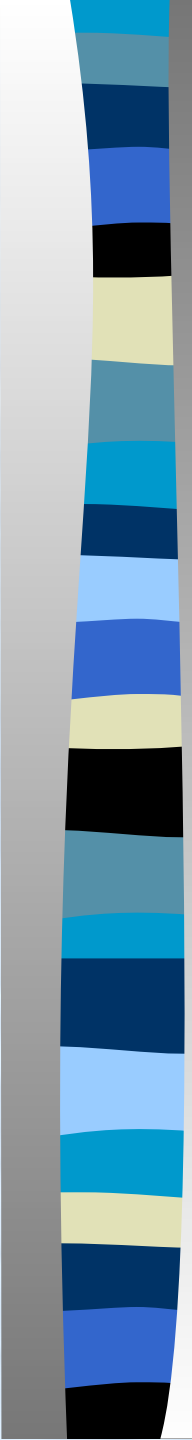
- определяется технологией подсети, однозначно определяет узел в пределах подсети
- Для большинства технологий **локальных сетей** - это MAC-адрес сетевого адаптера или порта маршрутизатора, например: 11-A0-17-3D-BC-01

- **IP-адрес**

- однозначно определяет узел в пределах составной сети
- состоит из двух частей: номера сети и номера узла
- имеет размер 4 байта, например, 109.26.17.100

- **Символьное DNS-имя**

- используется на прикладном уровне, например, в протоколах FTP или telnet
- состоит из нескольких частей: например, имени машины, имени организации, имени домена, например, www.citngu.ru



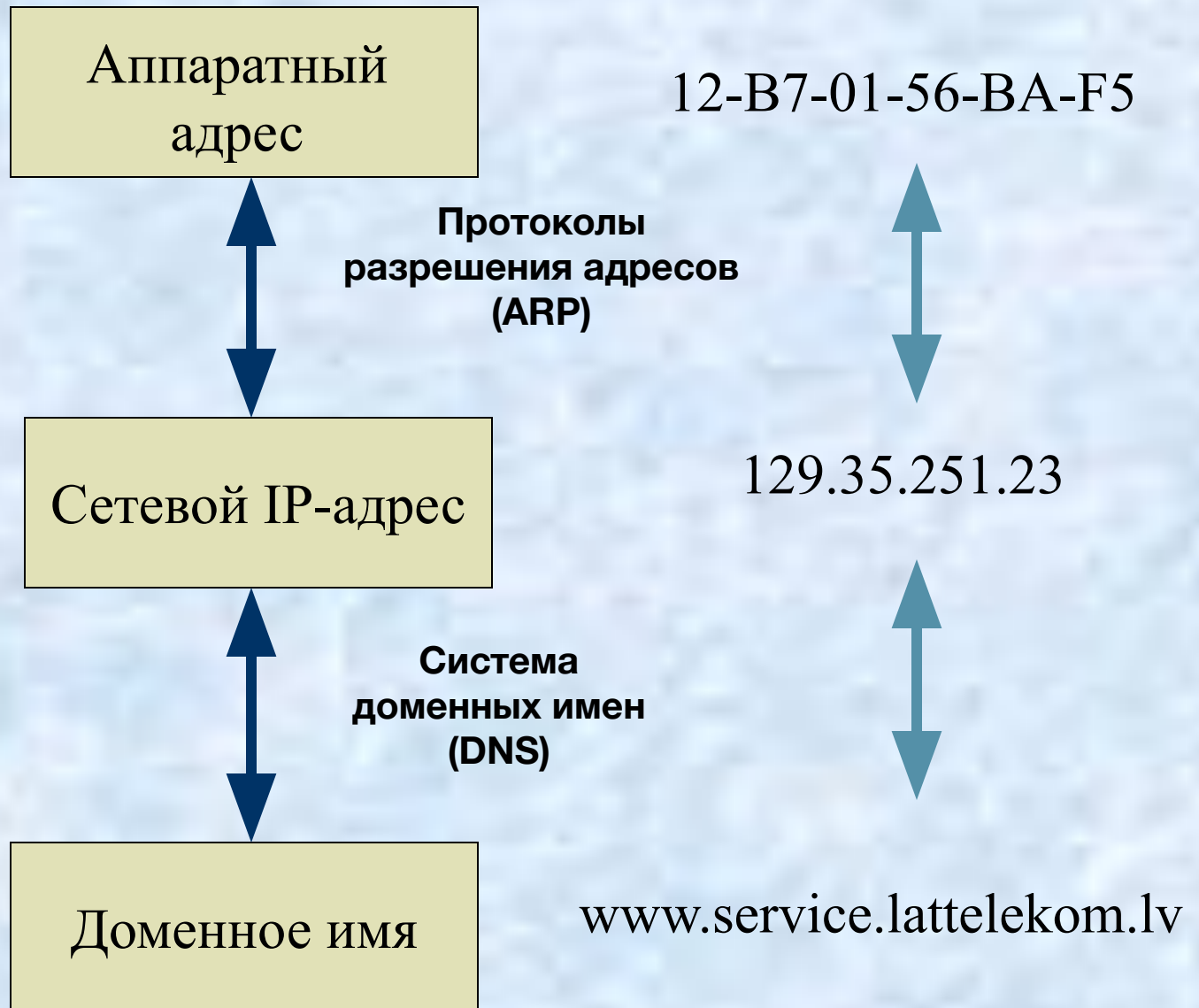
Назначение адресов

Аппаратные адреса	обычно встроены в аппаратуру
Сетевые IP-адреса	номер сети назначается централизованно, номер узла – администратором
DNS-имена	Имена доменов регистрируются централизованно, хосты получают имена от администраторов

Сети получают адреса независимо, например:

- Узлы www.nat.ru (195.23.14.234) и www1.nat.ru (15.25.35.123)
- Узлы 195.23.13.10 (Осло) и 195.23.14.11 (Лос-Анжелес)
- и узлы 195.23.15.2 и 195.23.16.3 (лаборатория МГУ)

Преобразование адресов





Распределение IP-адресов

Цент рализованная процедура получения адресов

- ♦ организация InterNIC, другие организации и крупные провайдеры
- ♦ в России РосНИИРОС
- ♦ дефицит IP-адресов

Произвольное (локальное)назначение для авт ономенных сет ей

Адреса, зарезервированные для локальных целей

- ♦ В классе А - 10.0.0.0.
- ♦ В классе В - 172.16.0.0 - 172.31.0.0
- ♦ В классе С - 192.168.0.0 -192.168.255.0



IP-адрес имеет длину 4 байта

Двоичная нотация

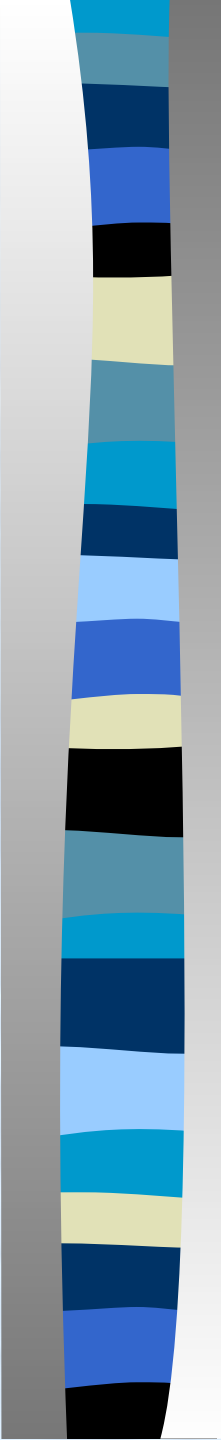
```
10000000 00001010 11111111 00011110
```

Шестнадцатеричная нотация

```
80.0A.FF.1E
```

Десятичная нотация

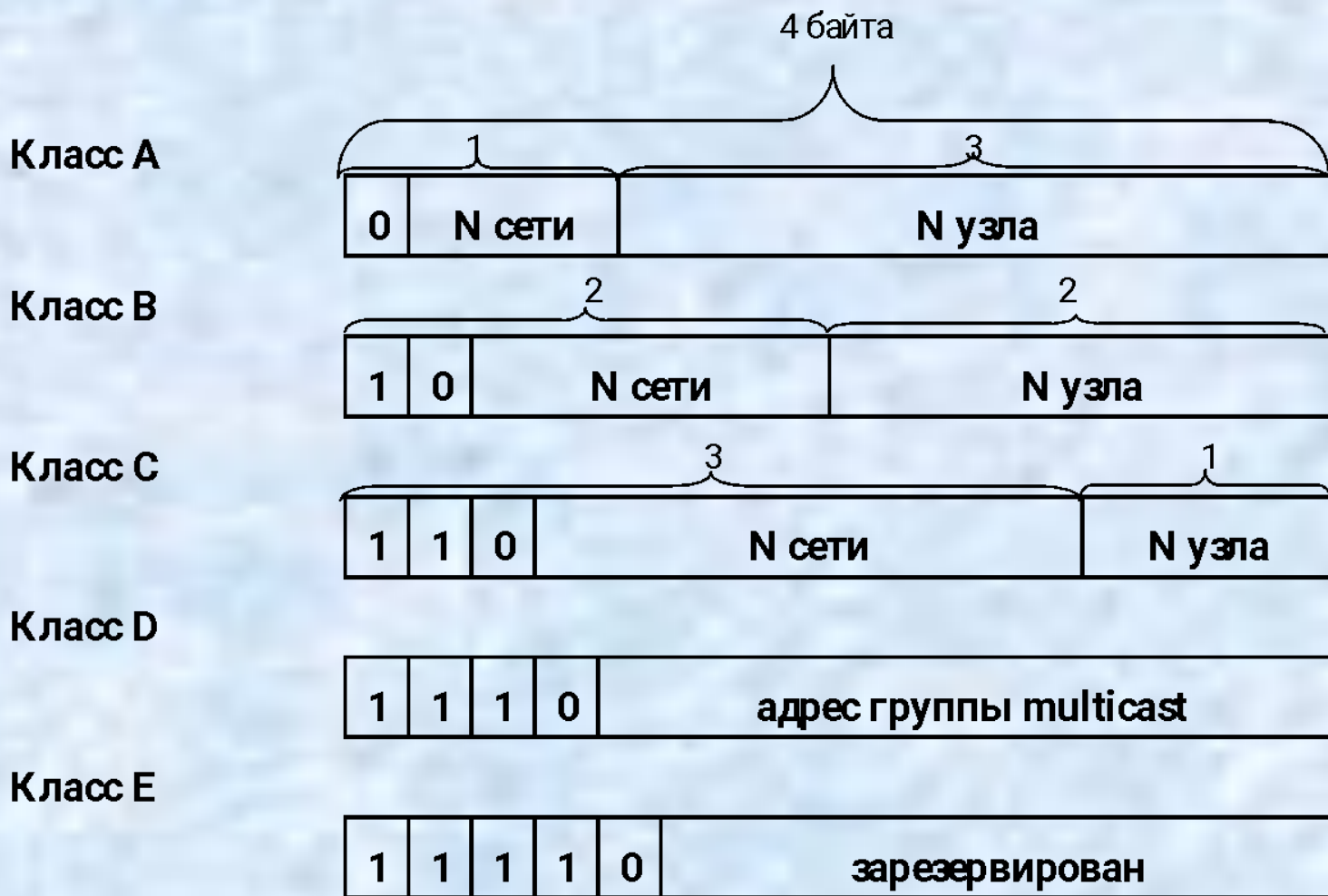
```
128.10.255.30
```



Типы IP-адресов:

- **Unicast** (адресует отдельный сетевой интерфейс)
- **Broadcast** (адресует все интерфейсы заданной подсети)
- **Multicast** (адресует группу интерфейсов, возможно принадлежащих разным подсетям)

Классы IP-адресов



Классы IP-адресов

Класс	Первые биты	Число узлов	Наименьший номер сети	Наибольший номер сети
A	0	3 байта	1.0.0.0 (0 - не используется)	126.0.0.0 (127 - зарезервирован)
B	10	2 байта	128.0.0.0	191.255.0.0
C	110	1 байт	192.0.0.0.	223.255.255.0
D	1110	multicast.	224.0.0.0	239.255.255.255
E	11110	зарезервирован	240.0.0.0	247.255.255.255

Соглашения о специальных адресах

«Этот»

0 0 0 0 0 0

адрес узла, который сгенерировал этот пакет

0 0 0 0 0	Номер узла
-----------------	------------

узел принадлежит той же самой сети, что и узел, который отправил пакет

«Любой»

1 1 1 1 1 1

ограниченное широковещательное сообщение (**limited broadcast**) - всем узлам, находящимся в той же сети, что и источник этого пакета

Номер сети	1111.....11
------------	-------------

пакет, имеющий такой адрес, рассылается всем узлам сети с заданным номером. Такая рассылка называется широковещательным сообщением (**broadcast**)

Использование масок

Маска - это число, двоичная запись которого содержит единицы в тех разрядах, которые должны интерпретироваться как номер сети

Маски для стандартных классов сетей:

A	255.0.0.0
B	255.255.0.0
C	255.255.255.0

Исходный IP-адрес:

10000001 00101100 10001101 00001111 (129.44.141.15)

Интерпретация на основе классов:

номер сети 129.44.0.0 номер узла 0.0.141.15
10000001 00101100 10001101 00001111

При наложении маски

11111111 11111111 11000000 00000000 (255.255.192.0)

номер сети 129.44. 128.0 номер узла 0.0. 13.15

10000001 00101100 10001101 00001111

Если маска **длиннее**
Если маска **короче**

деление *(subnetting)*
агрегирование
(supernetting)

Деление сети на подсети

Маска - 255.255.192.0

11111111 11111111 11000000 00000000

Номер сети - 129.44.0.0

10000001 00101100 00000000 00000000,

После наложения маски

10000001 00101100 00 000000 00000000

Можно образовать 4 подсети:

129.44. 0.0 10000001 00101100 00000000 00000000

129.44. 64.0 10000001 00101100 01000000 00000000

129.44. 128.0 10000001 00101100 10000000 00000000

129.44. 192.0 10000001 00101100 11000000 00000000

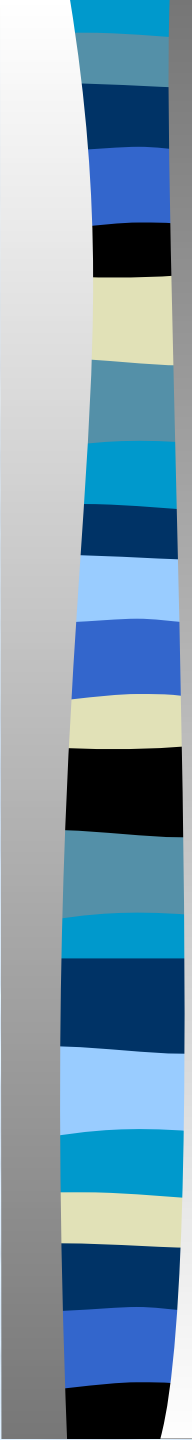
1	2	3	4
байт Поле номера сети класса В (неизменяемое поле) 129	байт Поле номера сети класса В (неизменяемое поле) 44	байт Поле по дс ет и	байт Поле адресов узлов (адресное пространство)
10000001	00101100	00	000000 00000000
...
10000001	00101100	00	111111 11111111
10000001	00101100	01	000000 00000000
...
10000001	00101100	01	111111 11111111
10000001	00101100	10	000000 00000000
...
10000001	00101100	10	111111 11111111
10000001	00101100	11	000000 00000000
...
10000001	00101100	11	111111 11111111

Сеть 129.44.0.0
Маска
255.255.192.0

Сеть 129.44.64.0
Маска
255.255.192.0

Сеть
129.44.128.0.0
Маска
255.255.192.0

Сеть 129.44.192.0
Маска
255.255.192.0



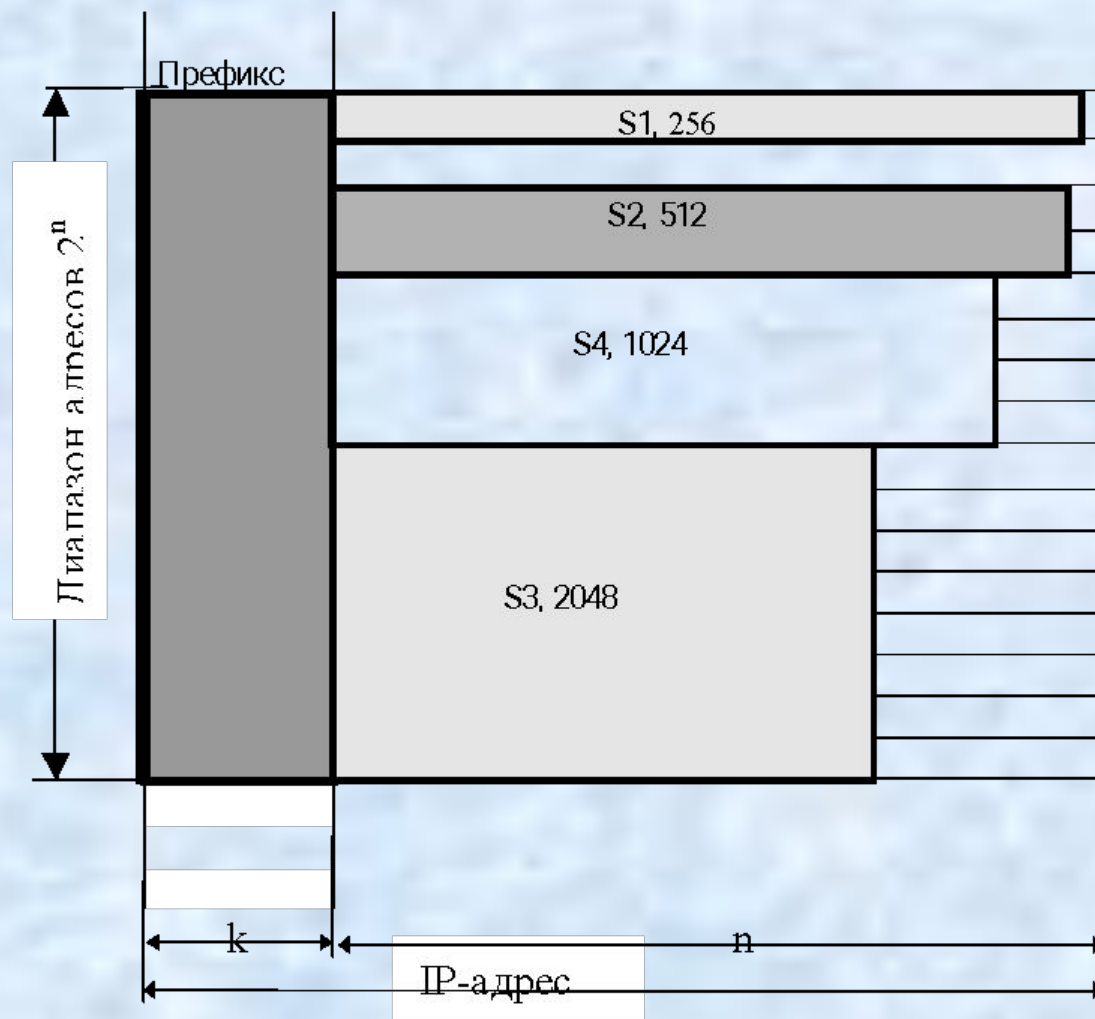
Технология бесклассовой междоменной маршрутизации (*Classless Inter-Domain Routing, CIDR*)

Основные задачи CIDR:

- Более экономное расходование адресного пространства за счет выделения пула адресов в точном соответствии с требованиями каждого клиента
- Уменьшение числа записей в таблицах маршрутизаторов, за счет объединения маршрутов.

Пример распределения адресов

Префикс - общая старшая часть адресов диапазона





Пример

Провайдер имеет:

Пул адресов 193.20.0.0–193.23.255.255

(1100 0001.0001 0100.0000 0000.0000 0000 —
1100 0001.0001 0111.1111 1111.1111 1111)

Префикс - 193.20 (1100 0001.0001 01)

Маска - 255.252.0.0.

Абоненту требуется 13 адресов

Определите значение маски и номер сети

Пример

Провайдер имеет:

Пул адресов 193.20.0.0–193.23.255.255

(1100 0001.0001 0100.0000 0000.0000 0000 —
1100 0001.0001 0111.1111 1111.1111 1111)

Префикс - 193.20 (1100 0001.0001 01)

Маска - 255.252.0.0.

Абоненту требуется 13 адресов

Возможные решения:

маска 255.255.255.240,

сети 193.20.30.0, 193.20.30.16, 193.21.204.48 и т.д.

Требования к выделяемой области:

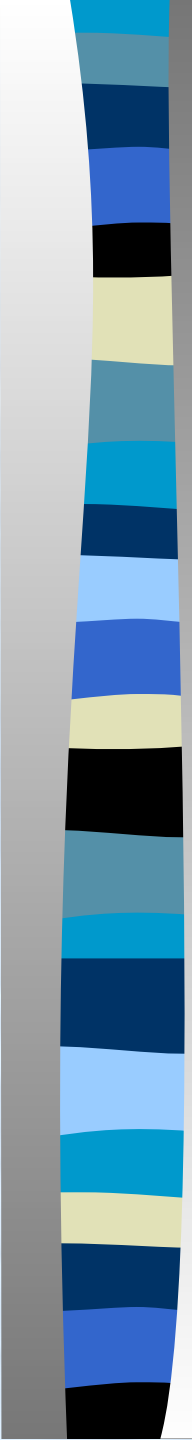
- размер должен быть кратен степени двойки
- начальный адрес выделяемого участка должен быть кратен требуемому количеству адресов

Автоматизация процесса назначения IP-адресов узлам сети

*Dynamic Host Configuration Protocol
(DHCP)*

RFC 1541

- автоматизация процедуры назначения IP-адресов и других конфигурационных параметров
- разделение IP-адресов во времени



Конфигурационные параметры, назначаемые по протоколу DHCP:

- IP-адрес
- Маска подсети
- IP-адрес маршрутизатора по умолчанию
- Список IP-адресов DNS-серверов

***Другие параметры, специфичные для ОС:
адреса серверов имен NetBIOS, имя домена и т.***

п.



Недостатки ручного конфигурирования:

- Большой объем административной работы (перемещение из одной сети в другую)
- Высокая вероятность ошибки при назначении маски и адресов для узла, шлюза, сервера DNS (дублирование IP-адресов)

Типы процедур DHCP:

- Централизованная «ручная» процедура назначения адресов
- Автоматическое назначение статических адресов
- Автоматическое динамическое распределение адресов

DHCP – клиент-серверная служба

1. DHCP-

широковещательное сообщение **discover** (broadcast)

2. DHCP-

конфигурационная информация)

offer (IP-адрес)

3. DHCP-

- ♦ переходит в состояние "выбор" и собирает конфигурационные предложения от DHCP-серверов
- ♦ выбирает одно из предложений и переходит в состояние "запрос"
- ♦ отправляет широковещательное сообщение **request** (broadcast)

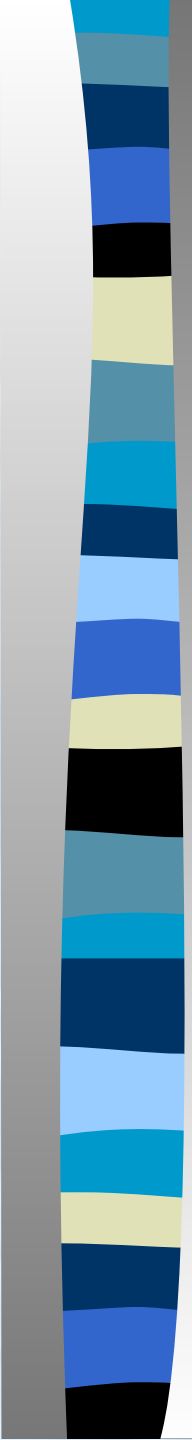
4. Выбранный DHCP-сервер посылает сообщение **DHCP-acknowledgment** (unicast)

(аренды), остальные серверы аннулируют свои предложения

5. DHCP-

"

обновить параметры аренды у DHCP-сервера. Когда компьютер пытается



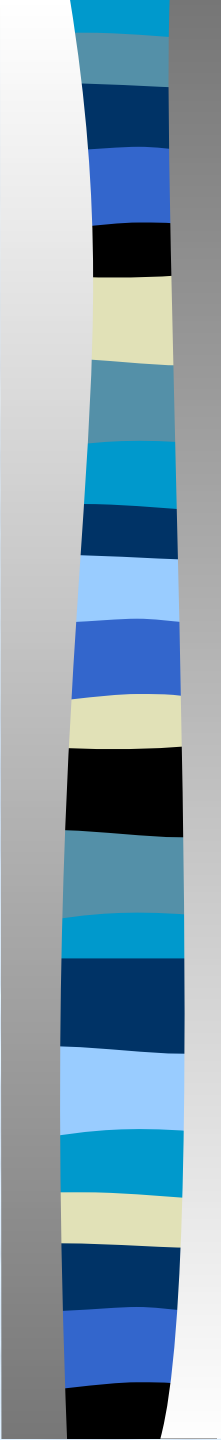
ДНСР-сервер

- **имеет статический адрес**
- **находится в одной подсети с клиентами (если маршрутизаторы не поддерживают RFC 1542)**
- **определен пул адресов и временные параметры аренды**



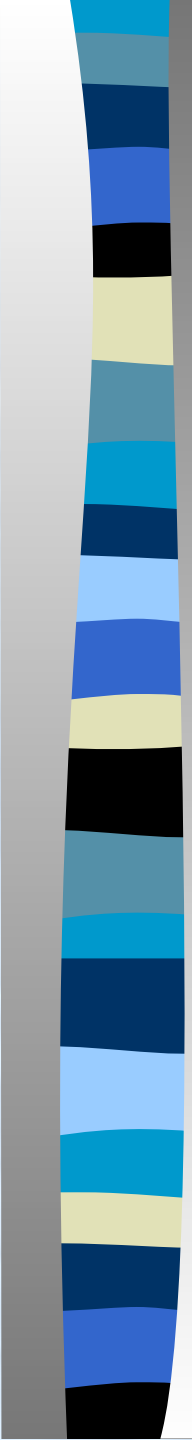
Проблемы DHCP

- ◆ снижение надежности системы
- ◆ согласование информационной адресной базы в службах DHCP и DNS (Dynamic DNS)
- ◆ управление сетью по протоколу SNMP
- ◆ конфигурирование фильтров маршрутизаторов по IP-



Способы назначения IP-адреса удаленному узлу

1. Жесткое присвоение клиенту IP-адреса на этапе конфигурирования стека TCP/IP. Недостатки:
 - ◆ самостоятельное конфигурирование стека TCP/IP может создать сложности для неподготовленного пользователя
 - ◆ неверное назначение IP-адреса может приводить к неверной работе центральной сети
2. Выделение в сервере удаленного доступа диапазона адресов, которые по очереди присваиваются подключающимся к сети клиентам
3. Получение для удаленных клиентов IP-адресов в аренду у сервера DHCP, если такой имеется в локальной сети - адреса удаленных пользователей автоматически согласуются с адресами узлов сети
4. По протоколу Proxy-ARP



Отображение физических адресов на IP-адреса

Необходимо при продвижении пакетов по составной сети

IP-адрес узла **не связан** с его локальным адресом
и не зависит от формата локального адреса

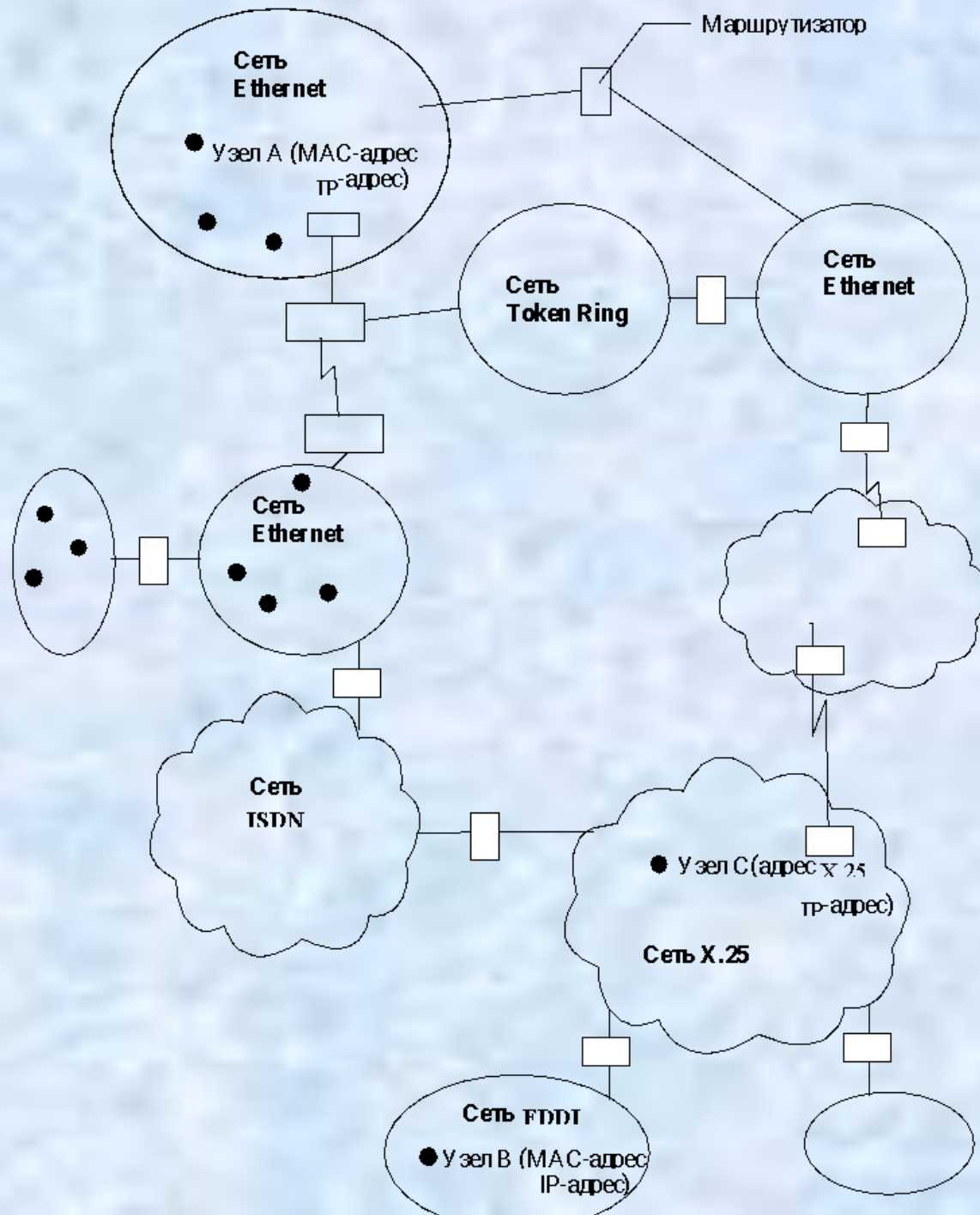
- ♦ устойчивость к изменениям аппаратуры

Таблица соответствия создается **вручную** и хранится

1. в каждом узле

- полная таблица (локальное разрешение адресов)
- только запись о собственных адресах (широковещательные запросы)
- часть таблицы (кэширование результатов запросов)

2. на сервере (
адресные запросы)





Протокол разрешения адреса

Address Resolution Protocol, ARP (RFC826)

определяет локальный адрес по IP-адресу

Реверсивный протокол разрешения адреса

Reverse Address Resolution Protocol, RARP (RFC 923)

определяет IP-адрес по известному локальному адресу

ARP и RARP используются маршрутизаторами и конечными узлами на каждом сетевом интерфейсе

Два подхода

- 1) в сетях, поддерживающих широковещание (LAN),**
- 2) в сетях, не поддерживающих широковещание (WAN)**



WAN

- **выделяется специальный маршрутизатор** - ARP-сервер,
 - сервер ведет ARP-таблицу для всех узлов
 - всем узлам и маршрутизаторам вручную задается IP-адрес и локальный адрес выделенного маршрутизатора
 - каждый узел и маршрутизатор регистрирует свои адреса в выделенном маршрутизаторе
- для разрешения адресов каждый узел обращается к ARP-серверу

Формат пакета протокола ARP

0		8	16	31
Тип сети		Тип протокола		
Длина локального адреса	Длина сетевого адреса	Операция		
Локальный адрес отправителя (байты 0 - 3)				
Локальный адрес отправителя (байты 4 - 5)		IP- (
IP- (Искомый локальный адрес (
Искомый локальный адрес (байты 2-5)				
Искомый IP-адрес (байты 0 - 3)				

ARP- таблица (ARP-кэш)

IP-	MAC-адрес	Тип записи
194.85.135.75	008048EB7E60	Динамический
194.85.135.70	08005A21A722	Динамический
194.85.60.21	008048EB7567	Статический

Статические записи

создаются вручную с помощью утилиты arp
не имеют срока устаревания

Динамические записи

создаются модулем протокола ARP
должны периодически (минуты) обновляться

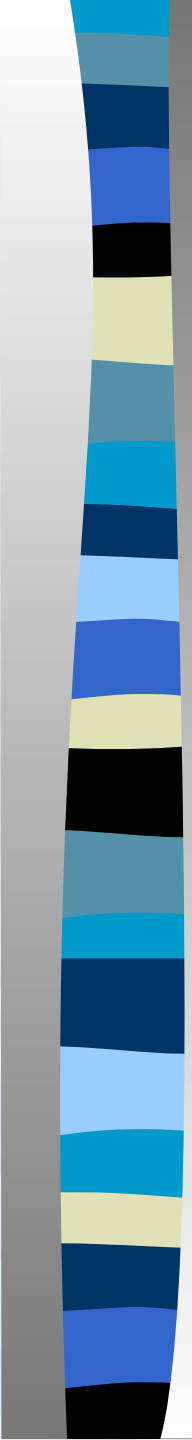


Схема работы протокола ARP

1. модуль IP обращается к модулю ARP с запросом на разрешение адреса
2. происходит поиск в ARP-таблице указанного IP-адреса.
3. если нужный адрес в ARP-таблице отсутствует, то исходящий IP-пакет ставится в очередь
4. протокол ARP формирует ARP-запрос

ARP- запрос

Тип сети	1 (0x1)
Тип протокола	2048 (0x800)
Длина локального адреса	6 (0x6)
Длина сетевого адреса:	4 (0x4)
Опция:	1 (0x1)
Локальный адрес отправителя	008048EB7E60
Сетевой адрес отправителя	194.85.135.75
Локальный (искомый) адрес получателя	000000000000
Сетевой адрес получателя	194.85.135.65

- 
5. ARP-запрос вкладывается в кадр протокола канального уровня, и рассылается широковещательно
 6. все узлы локальной сети получают ARP-запрос и сравнивают указанный там IP-адрес с собственным
 7. если в сети нет машины с искомым IP-адресом, то ARP-ответа не будет
 8. в случае совпадения узел формирует ARP-ответ:

ARP- ОТВЕТ

Тип сети	1 (0x1)
Тип протокола	2048 (0x800)
Длина локального адреса	6 (0x6)
Длина сетевого адреса:	4 (0x4)
Опция:	2 (0x2)
Локальный адрес отправителя	00E0F77F1920
Сетевой адрес отправителя	194.85.135.65
Локальный (искомый) адрес получателя	008048EB7E60
Сетевой адрес получателя	194.85.135.75

Обновленная ARP-таблица (ARP-кэш)

IP-	MAC-адрес	Тип записи
194.85.135.75	008048EB7E60	Динамический
194.85.135.70	08005A21A722	Динамический
194.85.60.21	008048EB7567	Статический
194.85.135.65	00E0F77F1920	

Динамический

Две части ARP:

1.

Решение «собственных» проблем:

- поиск в ARP-таблице
- формирование запроса, отказ от дублирования запросов
- ведение очередей пакетов
- обработка ARP-ответа
- проверка соответствия «запрос-ответ» тайм-аутов, отслеживание

2.

ARP-

Реакция на запросы из сети:

- поиск в ARP-таблице
- формирование ARP-запросов, ответов на широковещательные
- пополнение и обновление собственного кэша

Утилита arp

C:\>arp -a

Interface: 172.16.112.123

Internet Address	Physical Address	Type
172.16.112.1	00-00-0c-1a-eb-c5	dynamic
172.16.112.124	00-dd-01-07-57-15	dynamic

Interface: 172.16.113.190

Internet Address	Physical Address	Type
172.16.113.138	00-20-af-1d-2b-91	dynamic

C:\>arp -s 172.16.90.32 00-60-8c-0e-6c-6a 172.16.48.190

C:\>arp -a

Interface: 172.16.112.123

Internet Address	Physical Address	Type
172.16.112.1	00-00-0c-1a-eb-c5	dynamic
172.16.112.124	00-dd-01-07-57-15	dynamic

Interface: 172.16.48.190

Internet Address	Physical Address	Type
172.16.80.138	00-20-af-1d-2b-91	dynamic
172.16.90.32	00-60-8c-0e-6c-6a	static



Протокол обратного разрешения адресов RARP(Reverse Address Resolution Protocol) RFC 903

- используется бездисковыми рабочими станциями
- поиск IP-адреса по MAC-адресу
- один или несколько серверов RARP
- тот же формат
- исходная машина принимает ответы от всех серверов RARP
- RARP-клиент и RARP-сервер взаимодействуют в пределах одной физической сети
- запросы RARP могут потеряться, проблема тайм-аута
 - ◆ повторение RARP-запросов до получения ответа,
 - ◆ сообщение о неисправности после нескольких спешных попыток безу

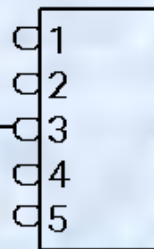
IP = 198.23.11.07



4

IP = 198.23.11.07

Сервер
удаленного узла



198.23.11.06

MACs

2

ARP-от вет
IP = 198.23.11.07
MAC = MACs

198.23.11.06



3

Информационный
пакет
MAC = MACs
IP = 198.23.11.07

2

ARP-запрос
IP = 198.23.11.07
MAC ?

Протокол Proxy-ARP

ARP-таблица сервера
удаленного узла

№ порта	IP-адрес
1	...
2	...
3	198.23.11.07
4	...



Вопросы и упражнения



1.

Предложите использование термина "сеть" в следующих предложениях:

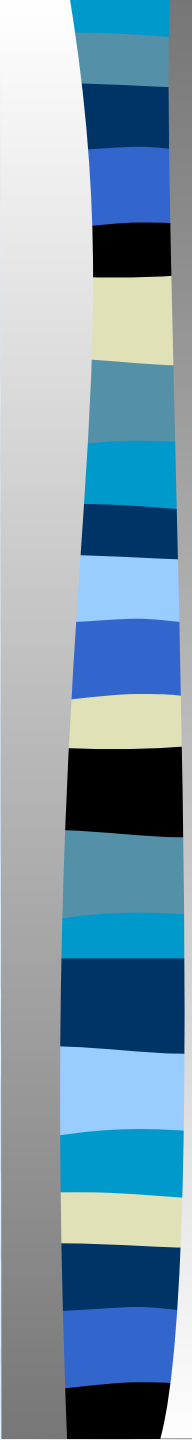
- (a) Сеть _____ сеть Ethernet _____ сеть Token Ring нашего предприятия включает _____ и _____
- (b) Маршрутизатор — это устройство, которое соединяет сети.
- (c) Для того, _____ Internet, провайдера _____ чтобы получить выход в _____ необходимо получить у _____
- (d) В последнее время IP-сети становятся все более распространенными.
- (e) Гетерогенность корпоративной сети _____ приводит к тому, что на первый план часто выходит проблема согласования сетей, _____



2.

Какие из следующих утверждений верны :

- (a) "Разделение каналов связи приводит к повышению пропускной способности канала"
- (b) "Конфигурация физических связей может совпадать с конфигурацией логических связей"
- (c) "Главной задачей службы разрешения имен является проверка сетевых имен и адресов на допустимость"
- (d) "Протоколы без установления соединений называются также дейтаграммными протоколами"

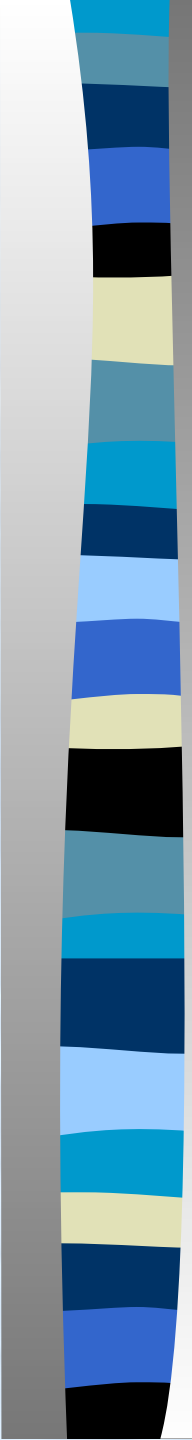


3. Определите функциональное назначение основных типов коммуникационного оборудования —

- повторителей,
- концентраторов,
- мостов,
- коммутаторов,
- маршрутизаторов.



6. В чем проявляется избыточность TDM-технологии?



7. Какой способ коммутации более эффективен:
коммутация каналов или коммутация пакетов?



8. Объясните разницу между тремя понятиями:

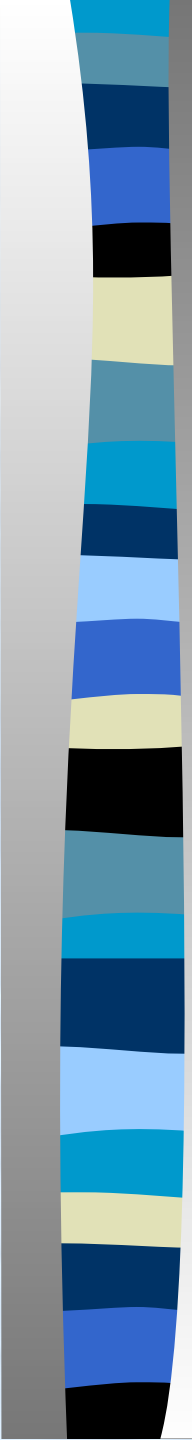
- **логическими соединениями**, основаны некоторые протоколы, на которых
- **виртуальными каналами** коммутацией пакетов, в сетях с
- **составными каналами** каналов. в сетях с коммутацией



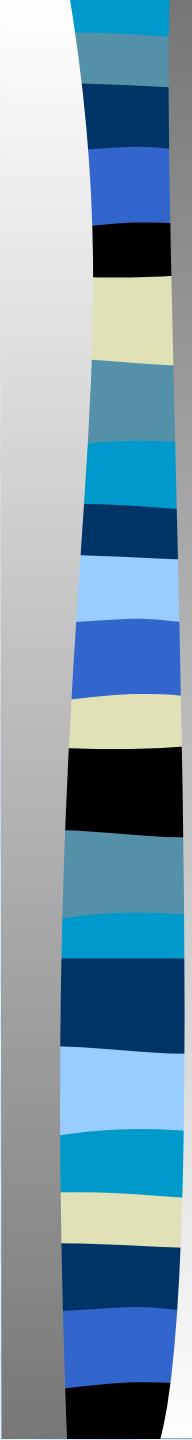
9. Сколько уровней имеет стек протоколов ТСР/Р?

Каковы их функции?

Какие особенности этого стека обуславливают его лидирующее положение в мире сетевых технологий?



10. Какие протоколы стека TCP/IP относятся к уровню Internet (уровню межсетевого взаимодействия)?



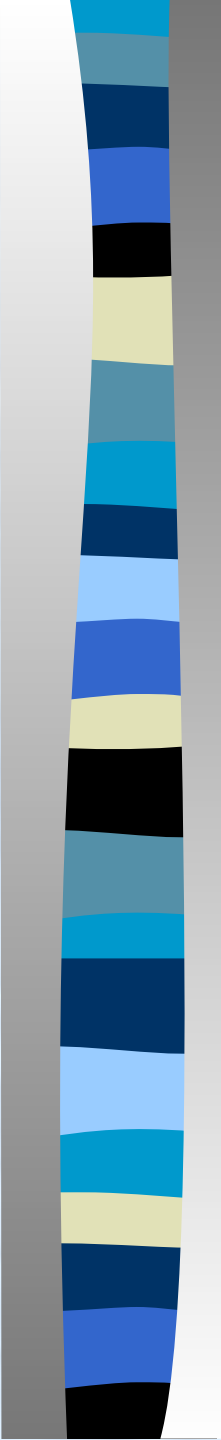
11. В составных сетях используются три вида адресов: символьные, сетевые и локальные. Вопрос: какие из приведенных ниже адресов могли бы являться локальными, а какие нет?

- (A) 6-ти байтовый MAC-адрес (например, 12-B3-3B-51-A2-10)
- (B) IP-адрес (например, 195.34.45.56)
- (C) 12-ти байтовый адрес IPX (например, 13.34.B4.0A.C5.10.11.32.54.C5.3B.01)
- (D) адрес VPI/VCI сети ATM



12. Какие из следующих утверждений верны всегда?

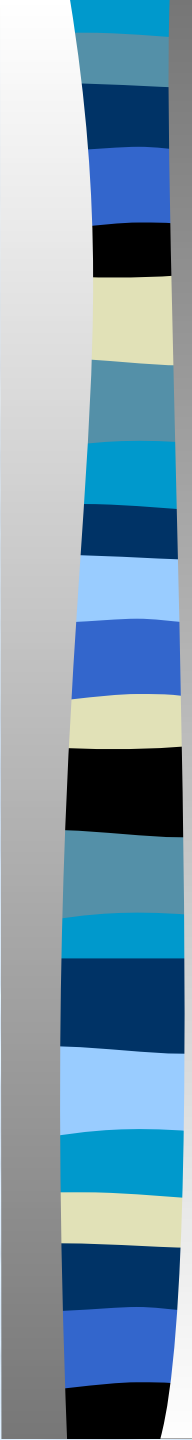
- (A) Все порты моста/коммутатора имеют MAC-адреса
- (B) Каждый мост/коммутатор всегда имеет сетевой адрес
- (C) Порты моста/коммутатора имеют сетевые адреса
- (D) Каждый маршрутизатор имеет сетевой адрес
- (E) Каждый порт маршрутизатора имеет MAC-адрес
- (F) Каждый порт маршрутизатора имеет сетевой адрес
- (G) Маршрутизатор всегда имеет, по крайней мере, 2 физических интерфейса.
- (H) Физический интерфейс может иметь несколько MAC-и IP-адресов



13. Какую долю всего множества IP-адресов составляют адреса класса А?

Класса В?

Класса С?



14. Какие из ниже приведенных адресов не могут быть использованы в качестве IP-адреса конечного узла? Для синтаксически правильных адресов определите их класс: А, В, С, D или Е.

(A) 127.0.0.1

(E) 10.234.17.25

(I) 193.256.1.16

(B) 201.13.123.245

(F) 154.12.255.255

(J) 194.87.45.0

(C) 226.4.37.105

(G) 13.13.13.13

(K) 195.34.116.255

(D) 103.24.254.0

(H) 204.0.3.1

(L) 161.23.45.305

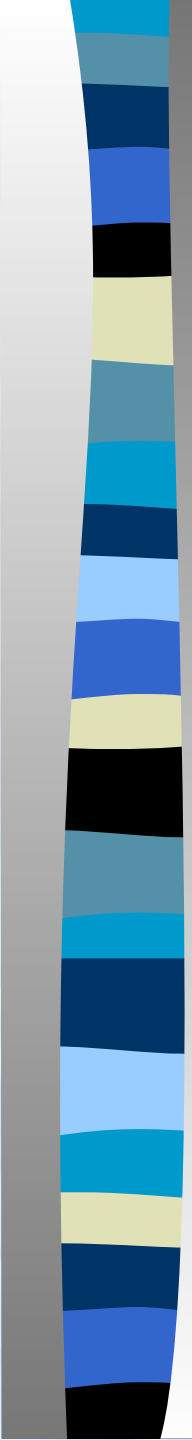


15.

198.65.12.67, адрес некоторого узла подсети равен
а значение маски для этой подс

Определите номер подсети.

Какое максимальное число узлов может быть в этой подсети?



16. провайдер Internet имеет сеть класса В. Для своих собственных целей он использует 255 адресов узлов.

Определите максимально возможное число абонентов этого провайдера, если размеры требуемых для них сетей соответствуют классу С?

Какая маска должна быть установлена на маршрутизаторе провайдера, соединяющем его сеть с сетями абонентов?



17.

Какое максимальное количество подсетей теоретически возможно организовать, если в вашем распоряжении имеется сеть класса C?