Тема 3. Обзор протоколов TCP/IP

- Многоуровневая структура стека TCP/IP
- Характеристика основных протоколов стека
- Соответствие модели OSI
- Стандарты TCP/IP
- Сравнение TCP/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 - прикладной: высокоуровневые сервисы

Уровень II - основной: протоколы обеспечивающие надежность и связь с прикладным уровнем

Уровень III - уровень межсетевого взаимодействия: протокол IP, протоколы маршрутизации, протоколы разрешения адресов

Уровень IV - RFC, определяющие метод инкапсуляции пакетов IP в кадры соответствующего протокола канального уровня

Инкапсуляция

Единицы передаваемых данных:

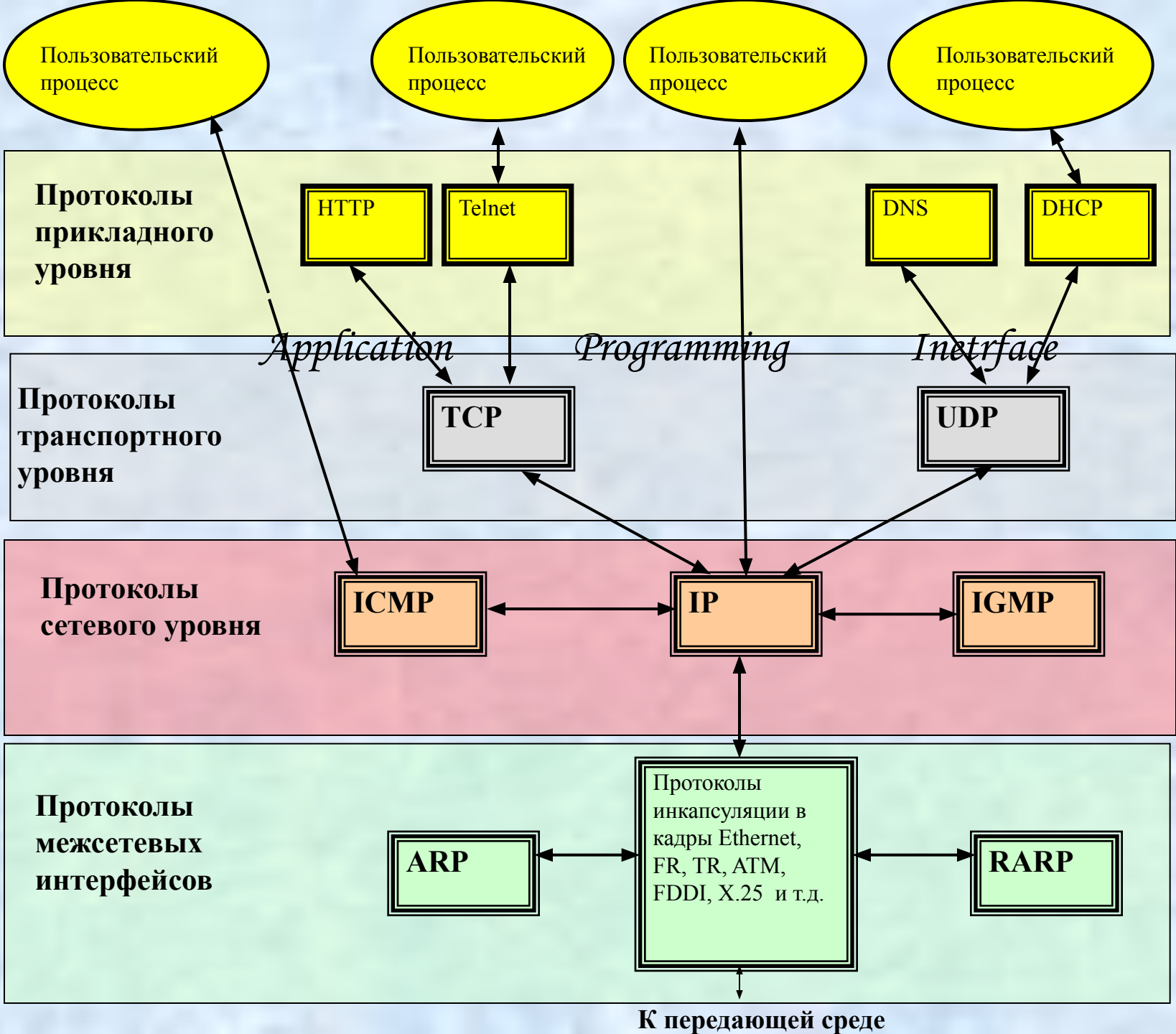
поток (*stream*)	Уровень I	Прикладной уровень (Application)
сегмент (*segment*) дейтаграмма (*datagram*)	Уровень II	Транспортный уровень (Transport)
пакет (*packet*) дейтаграмма (*datagram*)	Уровень III	Уровень межсетевого взаимодействия (Network)
кадр, фрейм (*frame*)	Уровень IV	Уровень сетевых интерфейсов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

Терминология Internet: хост, шлюз, октет

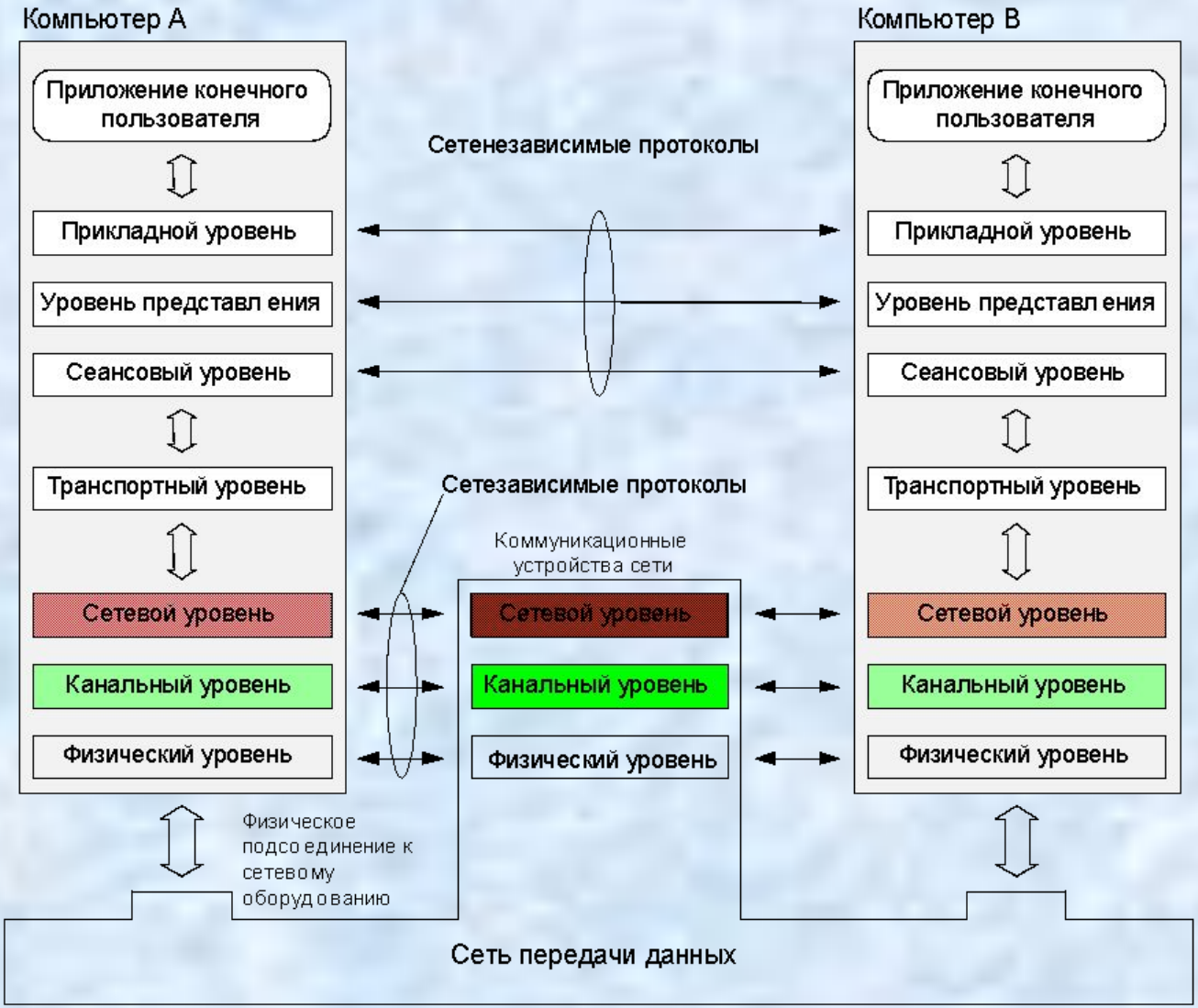
Уровни OSI	Уровни стека TCP/IP	
Прикладной (Application)	Прикладной (Application)	FTP, telnet, SNMP, SMTP, HTTP, TFTP
Представительный (Presentation)		
Сеансовый (Session)		
Транспортный (Transport)	Транспортный (Transport)	TCP, UDP
Сетевой (Network)	Сетевой (Network)	IP, RIP, OSPF, ICMP
Канальный (Link)	Уровень сетевых интерфейсов (Network Interface)	Не регламентируется
Физический (Physical)		

Соответствие уровней TCP/IP модели OSI

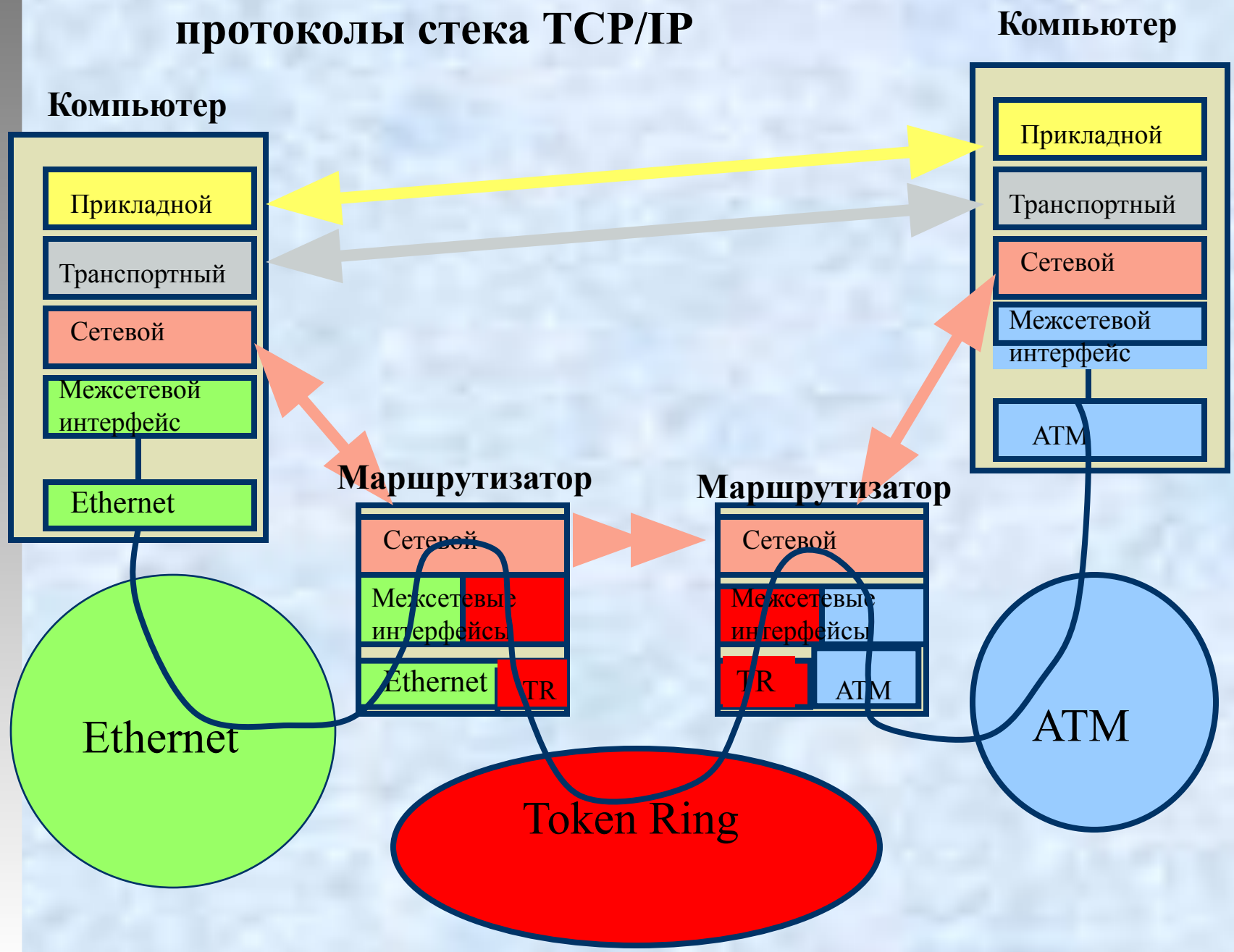
Уровни модели OSI								Уровни стека TCP/IP
7, 6	WWW, Gopher, WAIS	SNMP	FTP	telnet	SMTP	TFTP		I
5, 4	TCP					UDP		II
3	IP	ICMP	RIP	OSPF	ARP			III
2, 1	Не регламентируется Ethernet, Token Ring, FDDI, X.25, SLIP, PPP							IV


Пользовательский процесс
Пользовательский процесс
Пользовательский процесс
Пользовательский процесс
Протоколы прикладного уровня
HTTP
Telnet
DNS
DHCP
Application Programming Inetrface
Протоколы транспортного уровня
TCP
UDP
Протоколы сетевого уровня
ICMP
IP
IGMP
Протоколы межсетевых интерфейсов
ARP
Протоколы инкапсуляции в кадры Ethernet, FR, TR, ATM, FDDI, X.25 и т.д.
RARP
К передающей среде

Сетезависимые и сетенезависимые уровни модели OSI



Сетезависимые и сетенезависимые 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:

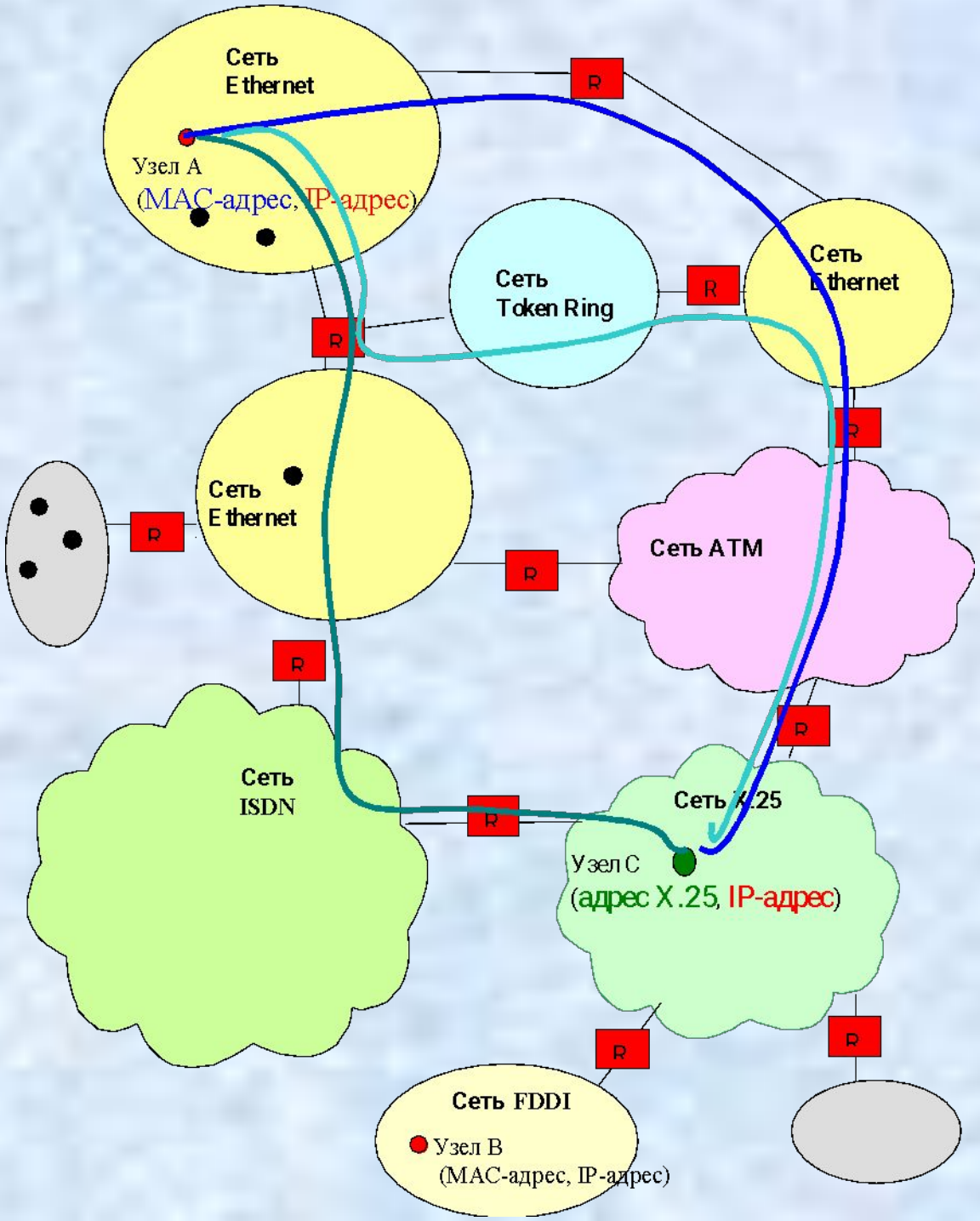
1) сетевых интерфейсов (сетевых адаптеров, портов маршрутизаторов)

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.citmgu.ru


Сеть
Ethernet
Узел А
(МАС-адрес, IP-адрес)
R
Сеть
Token Ring
Сеть
Ethernet
Сеть
Ethernet
Сеть ATM
Сеть
ISDN
Сеть X.25
Узел С
(адрес X.25, IP-адрес)
Сеть FDDI
Узел В
(МАС-адрес, IP-адрес)

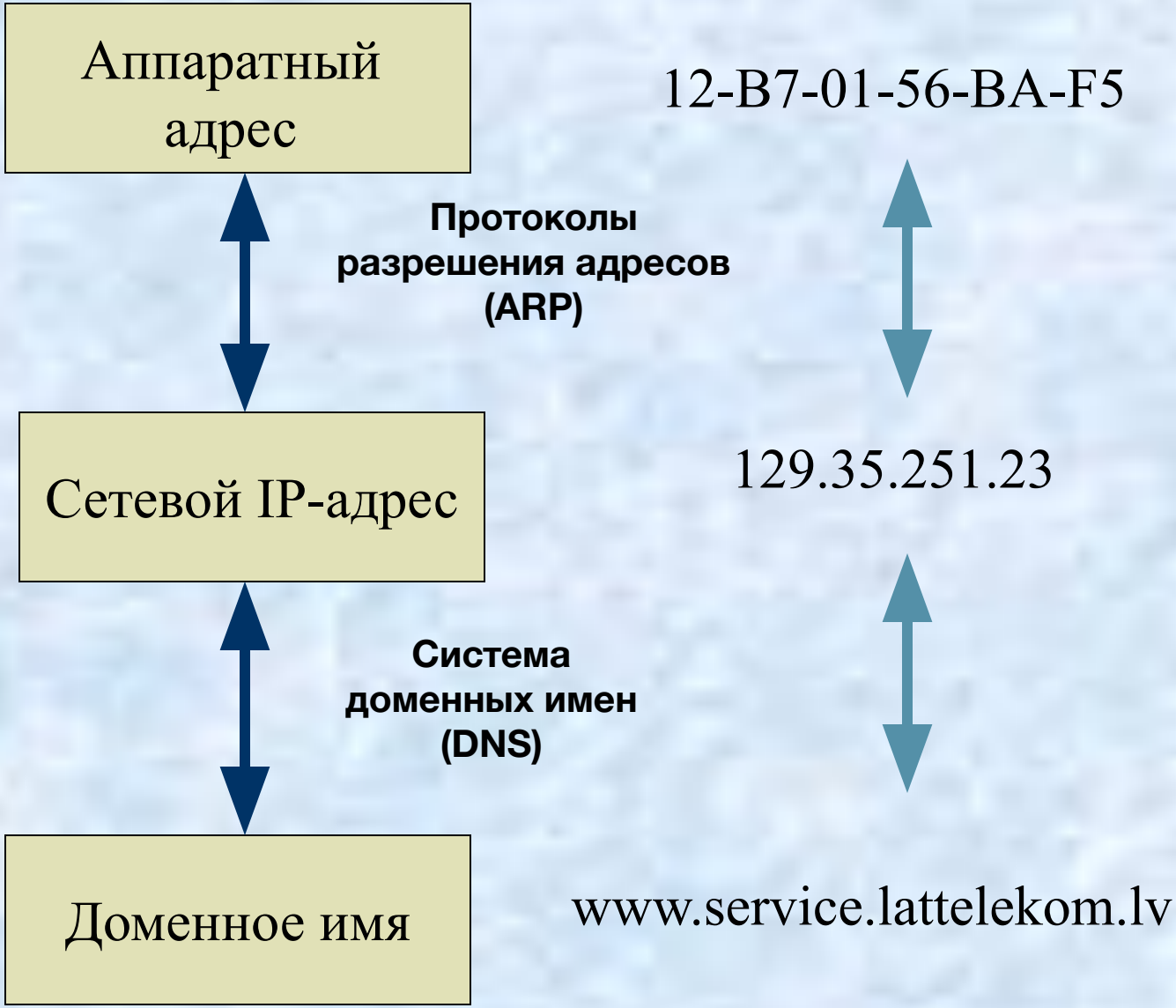
Назначение адресов

Аппаратные адреса	обычно встроены в аппаратуру
Сетевые IP-адреса	номер сети назначается централизовано, 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 ономных 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

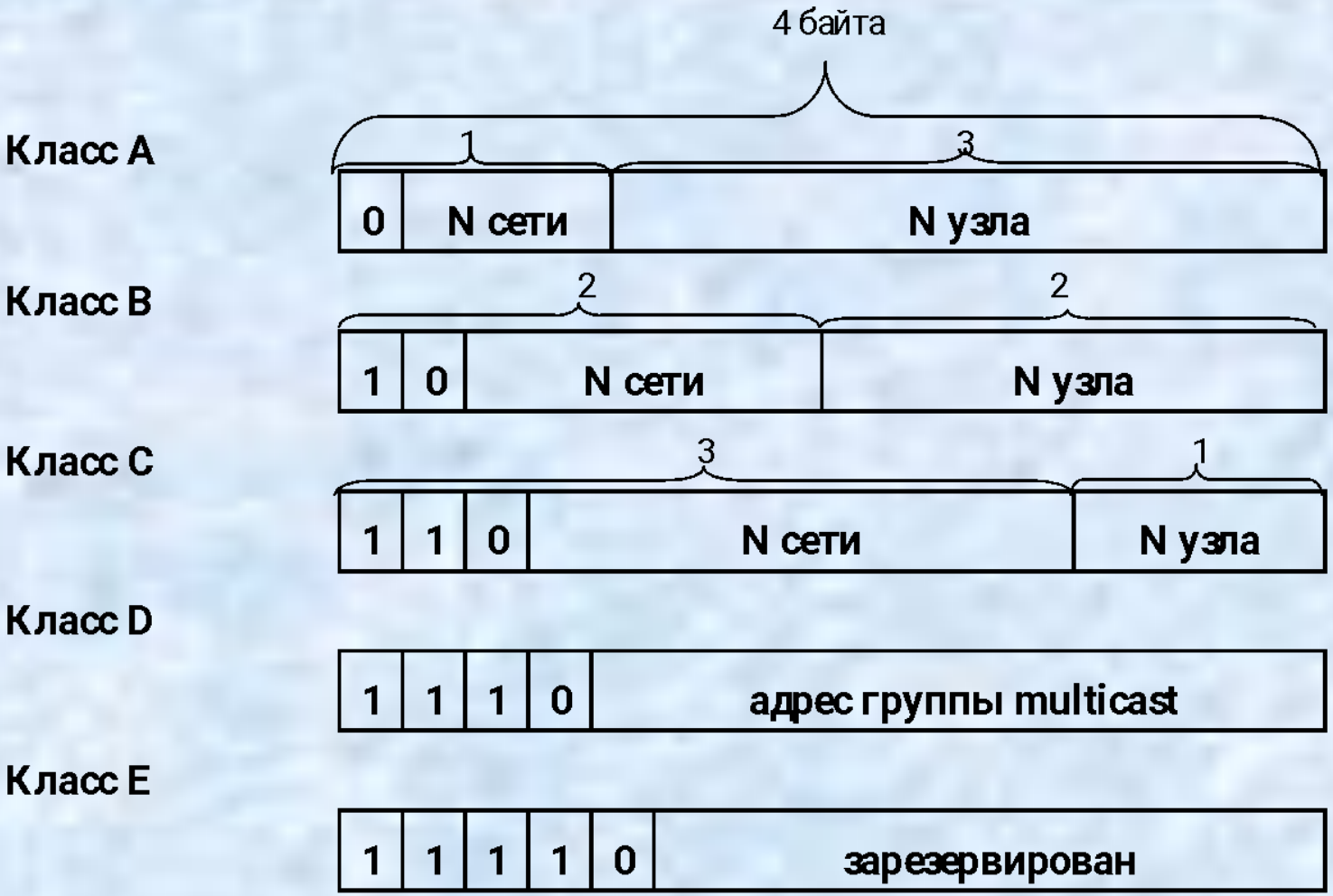
Десятичная нотация

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** **деление** *(subneting)*

Если маска **короче** **агрегирование** *(superneting)*

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 байт	2 байт	3 байт		4 байт	
Поле номера сети класса В (неизменяемое поле)		№ подсети	Поле адресов узлов (адресное пространство)		
129	44				
10000001	00101100	00	000000	00000000	Сеть 129.44.0.0 Маска 255.255.192.0
…	…	…	…	…	
10000001	00101100	00	111111	11111111	
10000001	00101100	01	000000	00000000	Сеть 129.44.64.0 Маска 255.255.192.0
…	…	…	…	…	
10000001	00101100	01	111111	11111111	
10000001	00101100	10	000000	00000000	Сеть 129.44.128.0.0 Маска 255.255.192.0
…	…	…	…	…	
10000001	00101100	10	111111	11111111	
10000001	00101100	11	000000	00000000	Сеть 129.44.192.0 Маска 255.255.192.0
…	…	…	…	…	
10000001	00101100	11	111111	11111111	

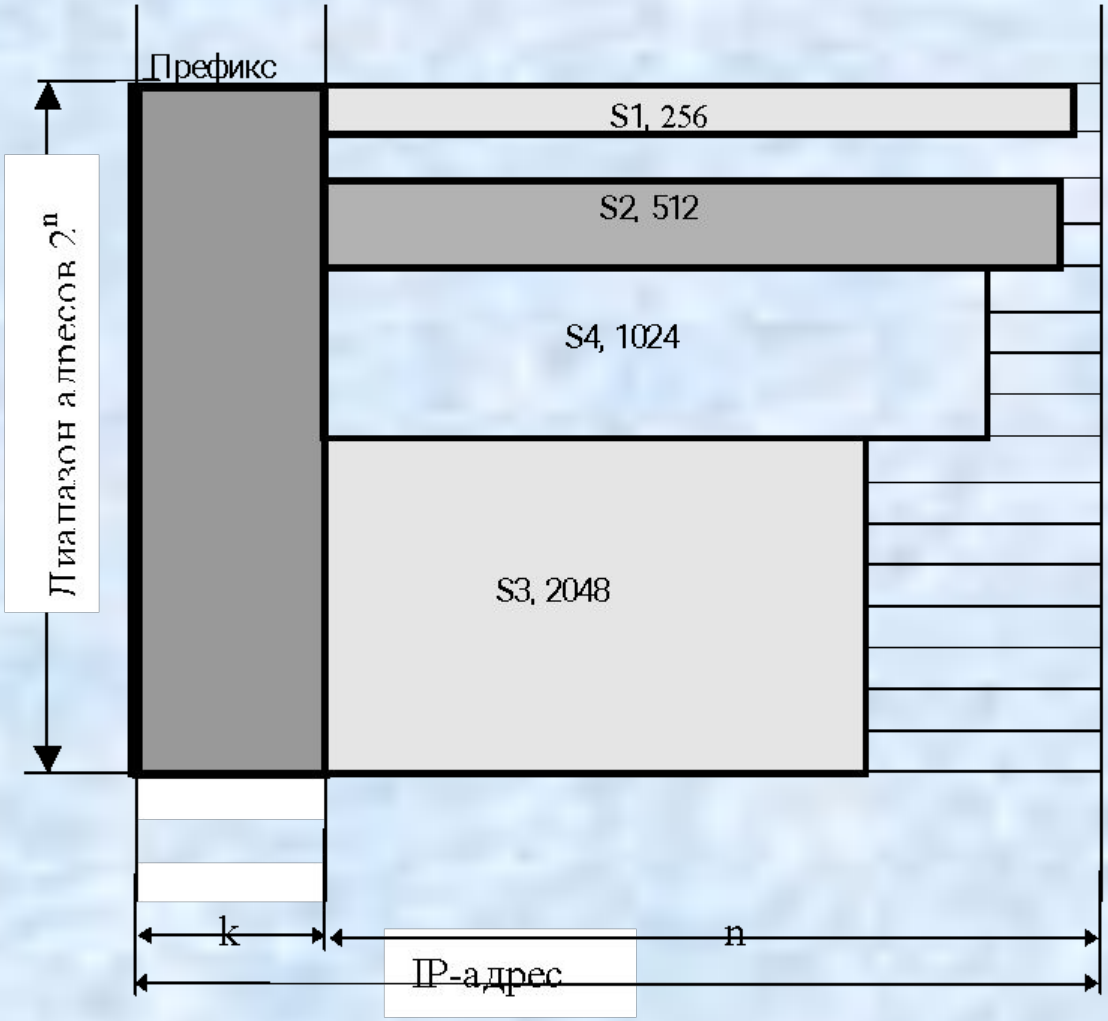
Технология бесклассовой междоменной маршрутизации *(Classless Inter-Domain Routing, CIDR)*

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 имет:

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 имет:

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** (

2. DHCP- **offer** (IP-
конфигурационная информация)

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** (

4. Выбранный DHCP-сервер посылает сообщение **DHCP-acknowledgment** (
аренды), остальные серверы аннулируют свои предложения

5. DHCP-
"
обновить параметры аренды у DHCP-сервера компьютер пытается

DHCP-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

- независимость от формата локального адреса
- устойчивость к изменениям аппаратуры

Таблица соответствия создается **вручную**

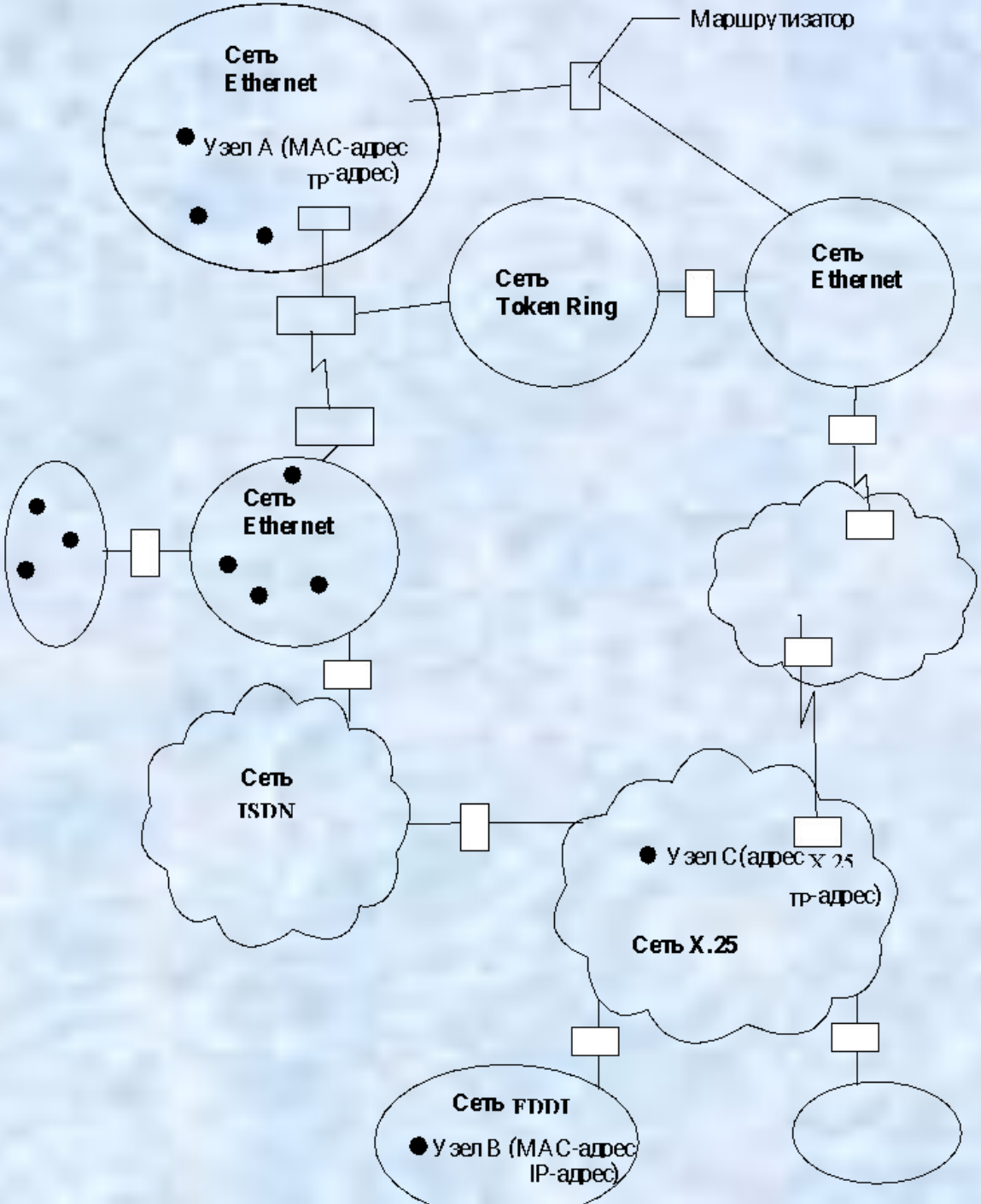
и хранится

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)


Маршрутизатор
Сеть
Ethernet
Узел А (МАС-адрес
IP-адрес)
Сеть
Token Ring
Сеть
Ethernet
Сеть
Ethernet
Сеть
ISDN
Узел С (адрес X.25
IP-адрес)
Сеть X.25
Сеть FDDI
Узел В (МАС-адрес
IP-адрес)

Протокол разрешения адреса
Address Resolution Protocol, ARP (RFC826)
определяет локальный адрес по IP-адресу

Реверсивный протокол разрешения адреса
Reverse Address Resolution Protoco, 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, отслеживание тайм-аутов, проверка соответствия «запрос-ответ»

2. Реакция на ARP-запросы из сети:

- поиск в ARP-таблице
- формирование ARP-ответов на широковещательные запросы,
- 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

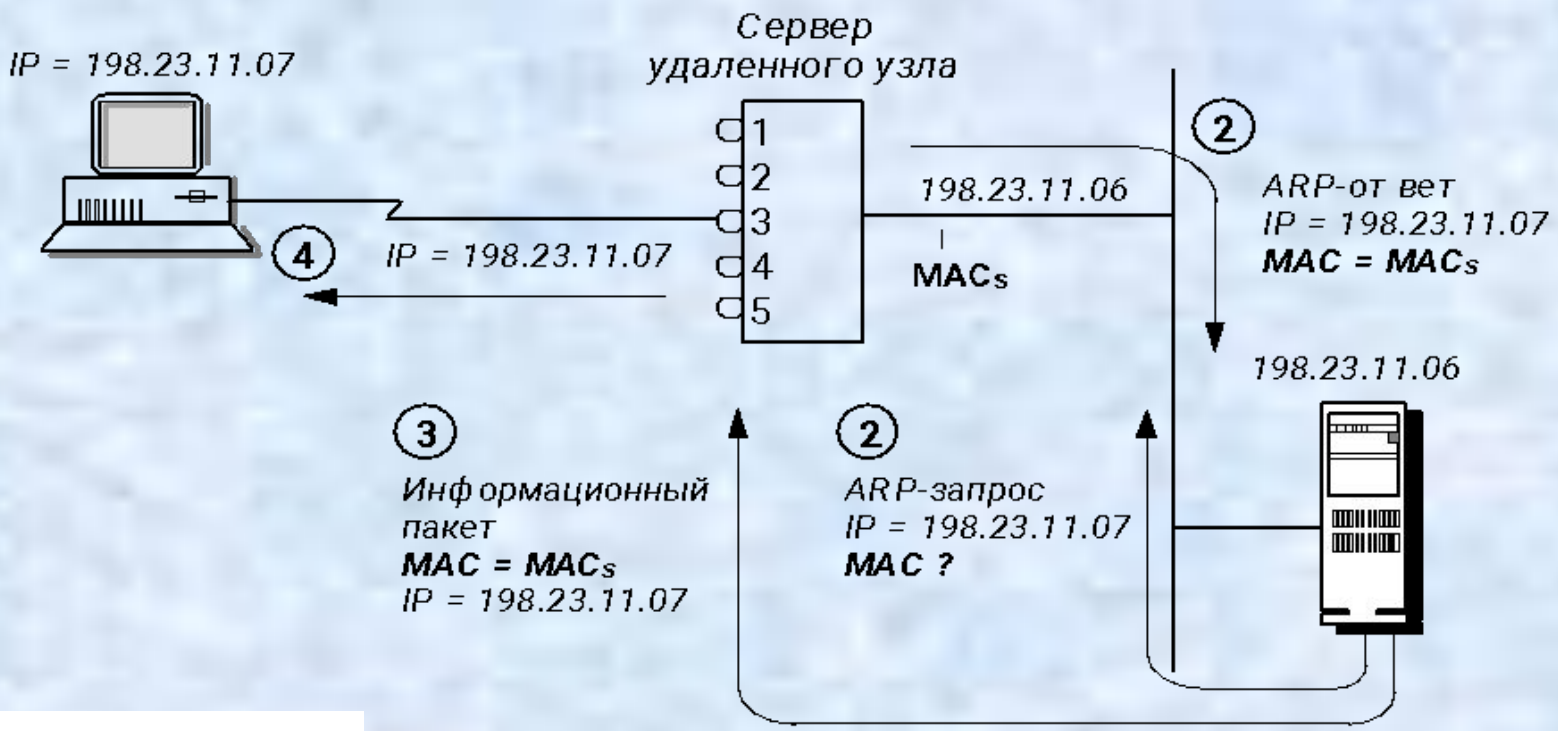
Interface: 172.16.48.190

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

Протокол Proxy-ARP



APR-таблица сервера удаленного узла

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

Вопросы и упражнения

1. Поясните использование термина "сеть" в следующих предложениях:

(a) Сеть нашего предприятия включает сеть Ethernet и сеть Token Ring

(b) Маршрутизатор — это устройство, которое соединяет сети.

(c) Для того, чтобы получить выход в Internet, необходимо получить у провайдера номер сети.

(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 линий 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 TCP/IP?

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: A, B, C, D или E.

(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.

Пусть IP-адрес некоторого узла подсети равен 198.65.12.67, а значение маски для этой подсети – 255.255.255.240.

Определите номер подсети.

Какое максимальное число узлов может быть в этой подсети?

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

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

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 С?