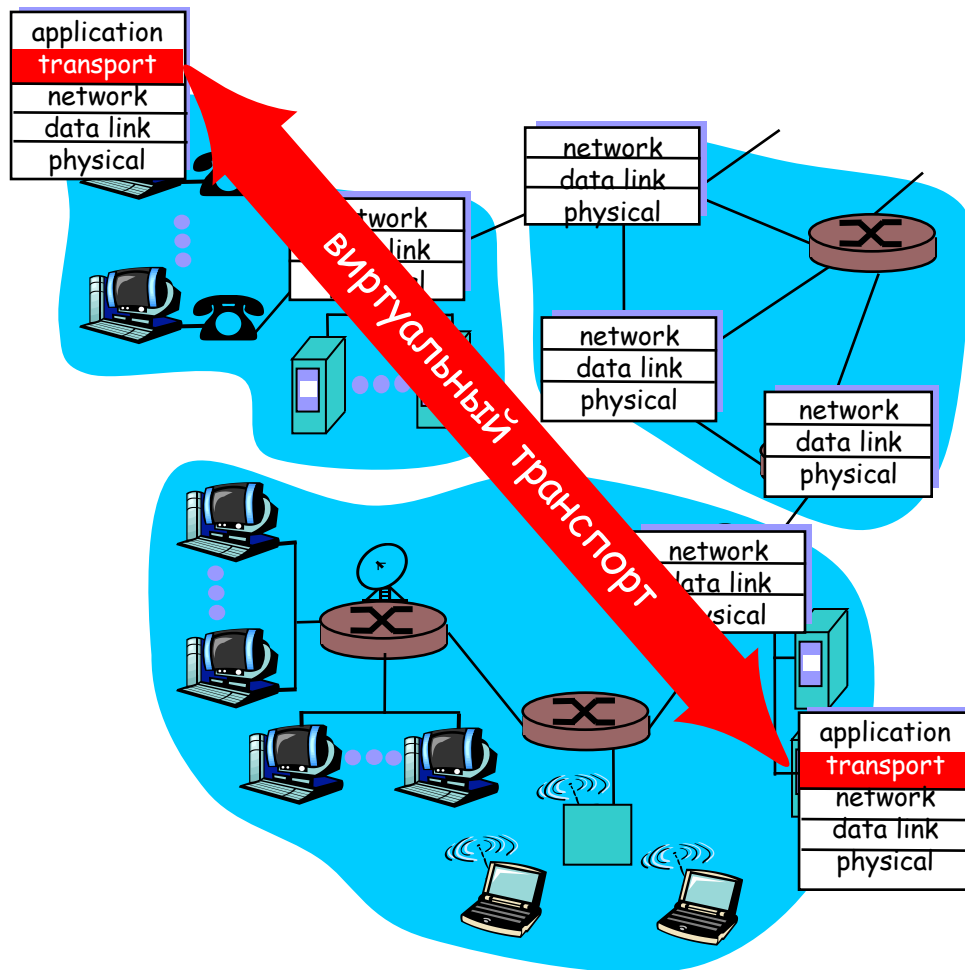


# Транспортный уровень



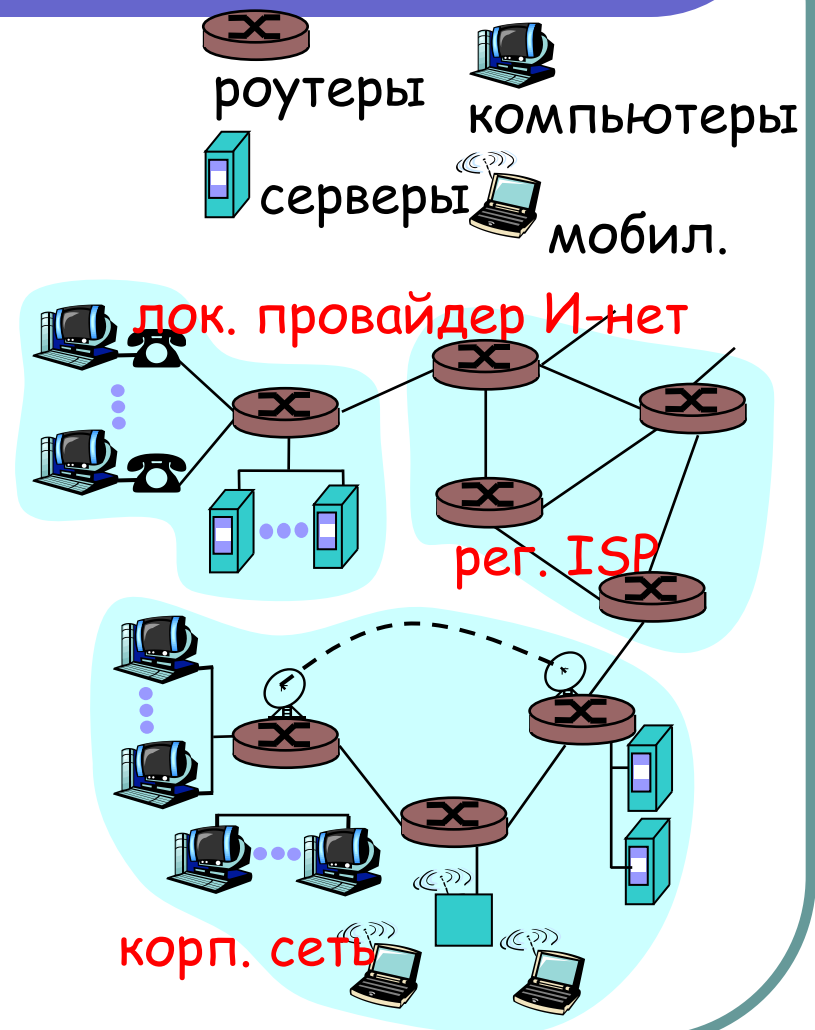
# Сетевой уровень - межсетевое взаимодействие

- Маршрутизация
  - Протоколы М
    - Алгоритмы М
      - статические
      - динамические
        - адаптивные Distance Vector Algorithm, Link State Algorithm
        - простые (лавинные, случайные)
    - распределенные (DVA)
    - централизованные (Next Hop Resolution Protocol)
  - дейтаграммные (datagram)
  - с виртуальными цепями (virtual circuits)

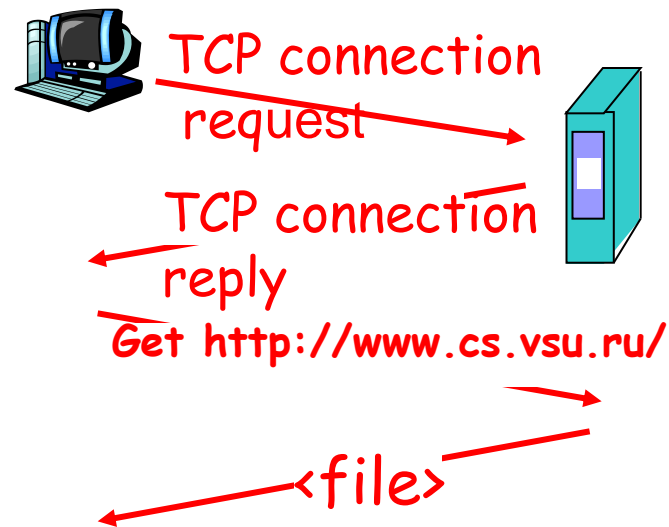
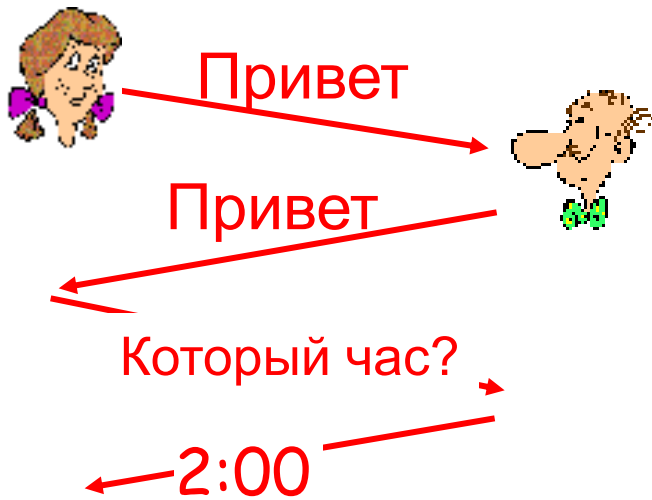
# Интернет - сеть сетей

- узлы (конечные системы)
- коммуникационные средства
- маршрутизаторы, роутеры (routers)

**Протокол** - правило, которое определяет формат, порядок передачи и приема сообщений элементами сети и действия выполняемые при приеме или передачи этих сообщений.



# Протоколы TCP/IP



Время

Время

A vertical blue arrow pointing downwards, labeled "Время" (Time) at the bottom, indicating the progression of time through the interactions.

# История Internet1

- 1961: Kleinrock – теория очередей, показал эффективность коммутации пакетов
- 1964: Военные сети с коммутацией пакетов
- 1967: Проект ARPAnet (Advanced Research Projects Agency)
- 1969: Первые узлы ARPAnet
- 1972:
  - Демонстрация ARPAnet
  - NCP (Network Control Protocol) – первый протокол точка-точка
  - Первое почтовое приложение
  - ARPAnet состоит из 15 узлов

# История Internet 1972-1980

- **1970:** спутниковая сеть ALOHAnet на Гавайях
- **1973:** Диссертация Metcalfe об Ethernet сетях
- **1974:** Cerf and Kahn – межсетевая архитектура
- **70-е:** корпоративные архитектуры: DECnet, SNA
- **1979:** ARPAnet состоит из 200 узлов

## Принципы межсетевого взаимодействия Cerf and Kahn:

- простота, автономность
- модель служб «best effort»
- маршрутизаторы без машины состояний
- децентрализованное управление

# История Internet 1980-1990

- **1983:** внедрение TCP/IP
- Разработка протокола для e-mail служб - SMTP
- Разработка DNS для разрешения имен
- **1985:** Разработка протокола FTP
- Новые сети: Csnet, BITnet, NSFnet, Minitel
- 100,000 узлов соединены в сетевую конфедерацию

# Коммерциализация 90-х

- начало 1990's: проект ARPAnet завершен
- 1995: проект NFSnet завершен
- начало 90-х: WWW
  - HTML, http: Berners-Lee
  - 1994: Mosaic, Netscape
  - поздние 90-е: коммерциализация WWW

## конец 90-х:

- около 50 млн. компьютеров в Internet
- около 100 million+ пользователей
- магистрали 1 Gbps
- начало проекта Internet2: сети vBNS, Abilene



# Статистика Интернет

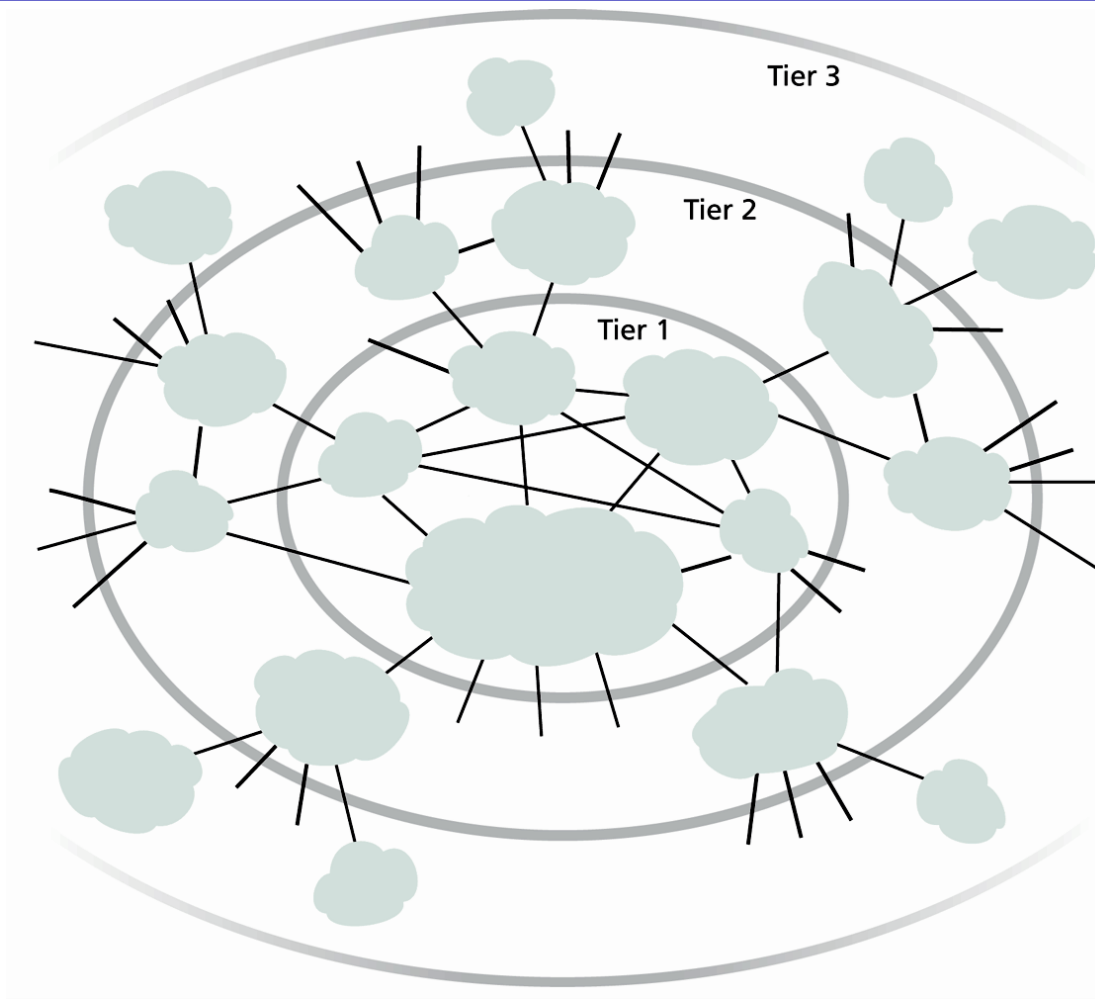
Работа в сети Интернет *из дома* (мировая статистика на август 2005 агентства [www.Nielsen-Netratings.com](http://www.Nielsen-Netratings.com) )

Число сеансов в месяц	32
Число посещаемых доменов	66
Число просмотренных страниц	1,305
Число посещенных страниц за один сеанс	40
Потраченное время	26:52:30
Потраченное время за сеанс	0:51:11
Время просмотра одной страницы	0:00:42
Активная аудитория Интернет	303,031,094
Аудитория Интернет, всего	459,178,084

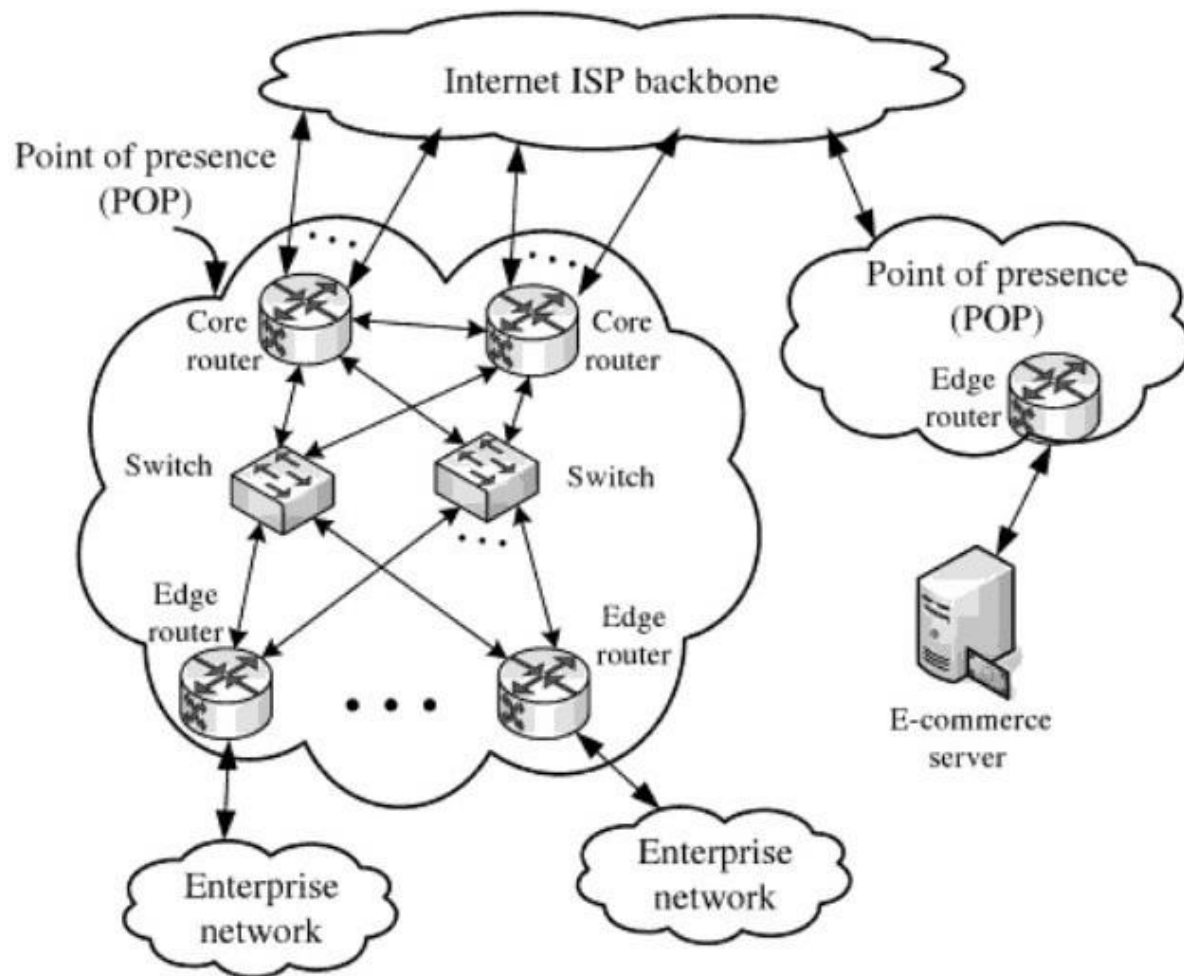
# Статистика Интернет (Morgan Stanley)

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
<b>Пользователей Internet (млн.)</b>	<b>147</b>	<b>229</b>	<b>341</b>	<b>485</b>	<b>609</b>	<b>751</b>	<b>872</b>	<b>976</b>
Сев. Америка	68	93	122	156	176	198	<b>221</b>	242
Европа	41	68	102	136	169	210	<b>249</b>	269
Азия/Тихий океан	13	30	56	100	141	187	<b>217</b>	246
Япония	11	17	28	42	53	64	<b>73</b>	82
остальной мир	10	13	18	27	38	51	<b>64</b>	79
Лат. Америка	5	8	15	24	32	41	<b>49</b>	58

# Провайдеры и магистрали Internet



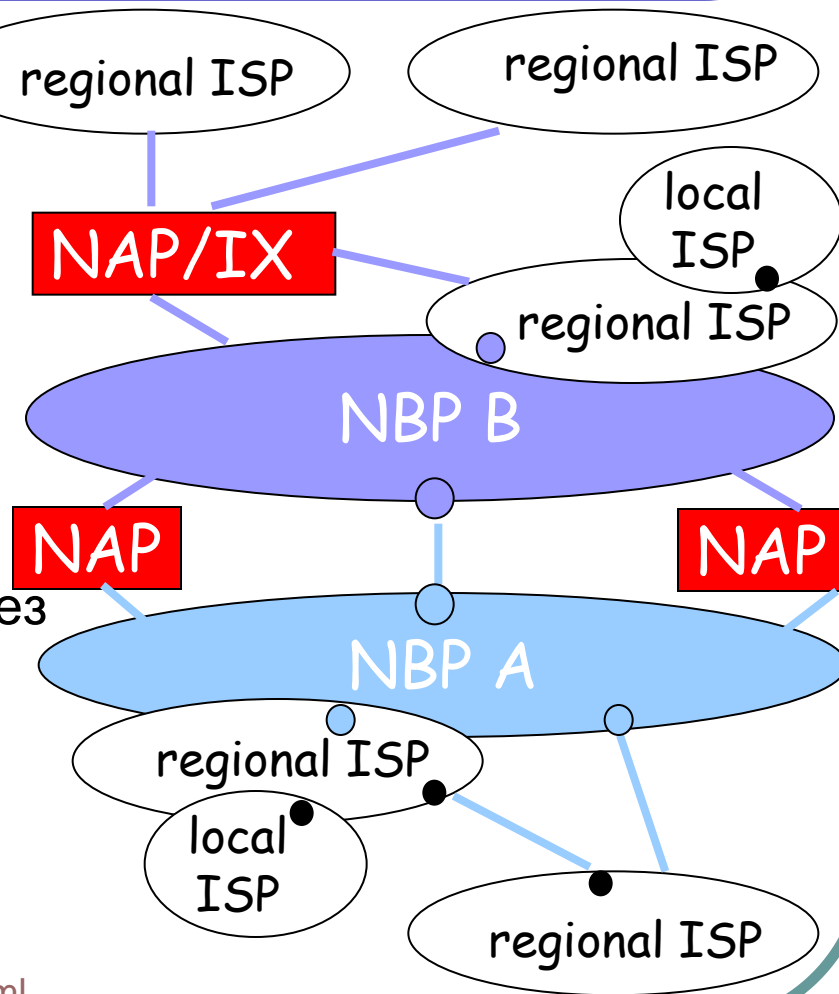
# Точки присутствия Point of Presence



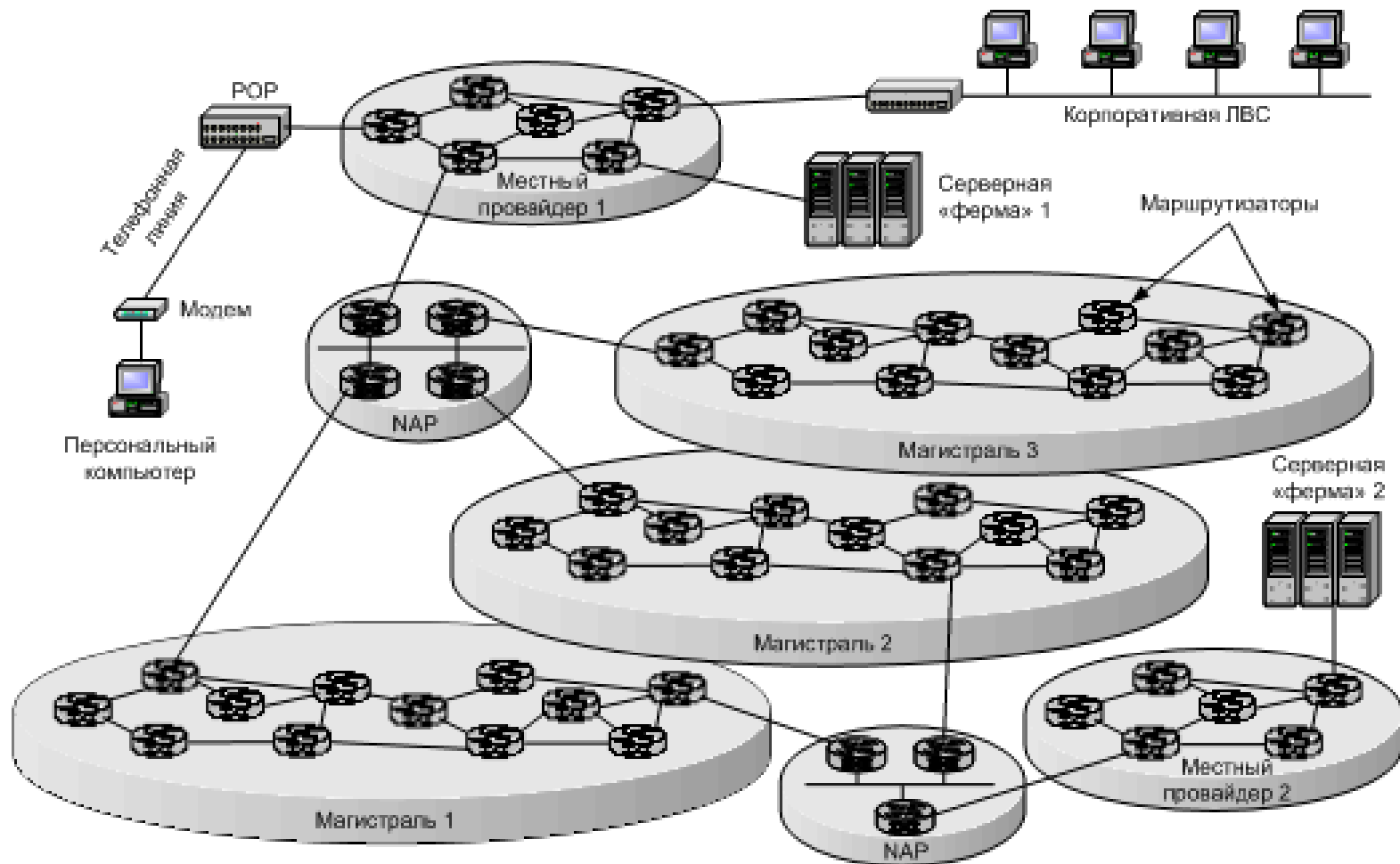
# Структура Internet с точки зрения предоставления доступа

- Иерархическая; сеть сетей
- Магистральные провайдеры - national/international backbone providers (NBP, CARRIERS), например, Sprint, AT&T, Telia, Verio, Cable&Wireless, PCCW(BtNAccess), RBNET ...
- NAP (Network Access Point) – точки доступа (совместного) в сеть.
- Подключения точка-точка через т.н. точки присутствия POP (points of presence)
- Региональные провайдеры Интернет (Internet Service Provider, ISP)
- Локальные ISP

[http://navigators.com/internet\\_architecture.html](http://navigators.com/internet_architecture.html)



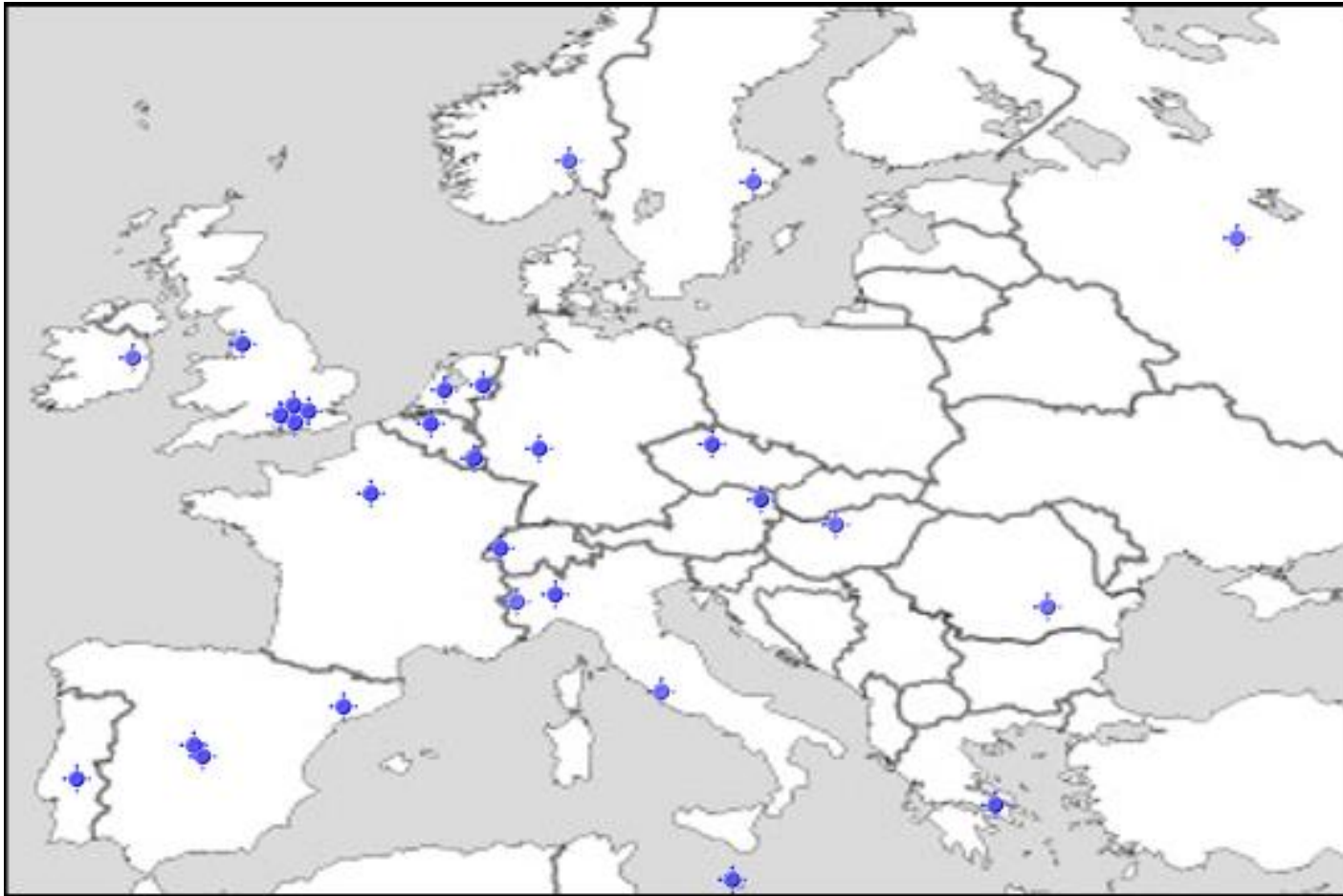
# Магистралы и местные провайдеры, соединения через NAP



# Региональные системы обмена трафиком в России

- Московский Internet Exchange (MSK-IX, М9, 1Гбит/с)
  - Московский Internet Exchange (MSK-IX) - это одна из систем обмена Интернет-трафиком, существующих в Европе. Проект начинался в 1995 году, когда московские Интернет провайдеры Демос, Релком, МГУ, НИИЯФ МГУ, FREEnet, Ассоциация RELARN, Роспринт пришли к соглашению о создании точки взаимного обмена IP-трафиком.
  - MSK-IX позволяет российским провайдерам обмениваться трафиком напрямую, оптимизируя маршруты его прохождения, что существенно сокращает как время передачи сетевых пакетов данных, так и загрузку дорогостоящих международных каналов связи.
  - Изначально, точкой обмена трафика была избрана международная телефонная станция ММТС-9 или М9, в которой все Интернет провайдеры имели точки присутствия, т.к. на М9 приходили все международные и междугородные каналы связи. Координация М9-IX была поручена Российскому НИИ развития общественных сетей (РосНИИРОС).
  - В настоящее время структура Московского Internet Exchange является распределенной и включает в себя 5 географически разнесенных точек доступа, соединенных волоконно-оптическим кабелем. В четырех точках ранее уже были установлены гигабитные коммутаторы Cisco Catalyst 4000 и 5500
  - <http://www.msk-ix.ru>
- СПб SPB-IX, Самара Samara-IX, Новосибирск NSK-IX, Екатеринбург ЕКТ-IX
- Подобные системы обмена IP-трафиком существуют в большинстве развитых стран мира. При этом в Европе, как правило, на одну страну приходится одна точка обмена трафиком. В России из-за географических масштабов положение иное: в стране действует несколько Internet Exchange. РосНИИРОС выполняет функции Координатора "Соглашения по созданию точки взаимного обмена IP-трафиком" не только в Москве (М9-IX), но и в Санкт-Петербурге (SPB-IX), Самаре (Samara-IX) и Новосибирске (NSK-IX).

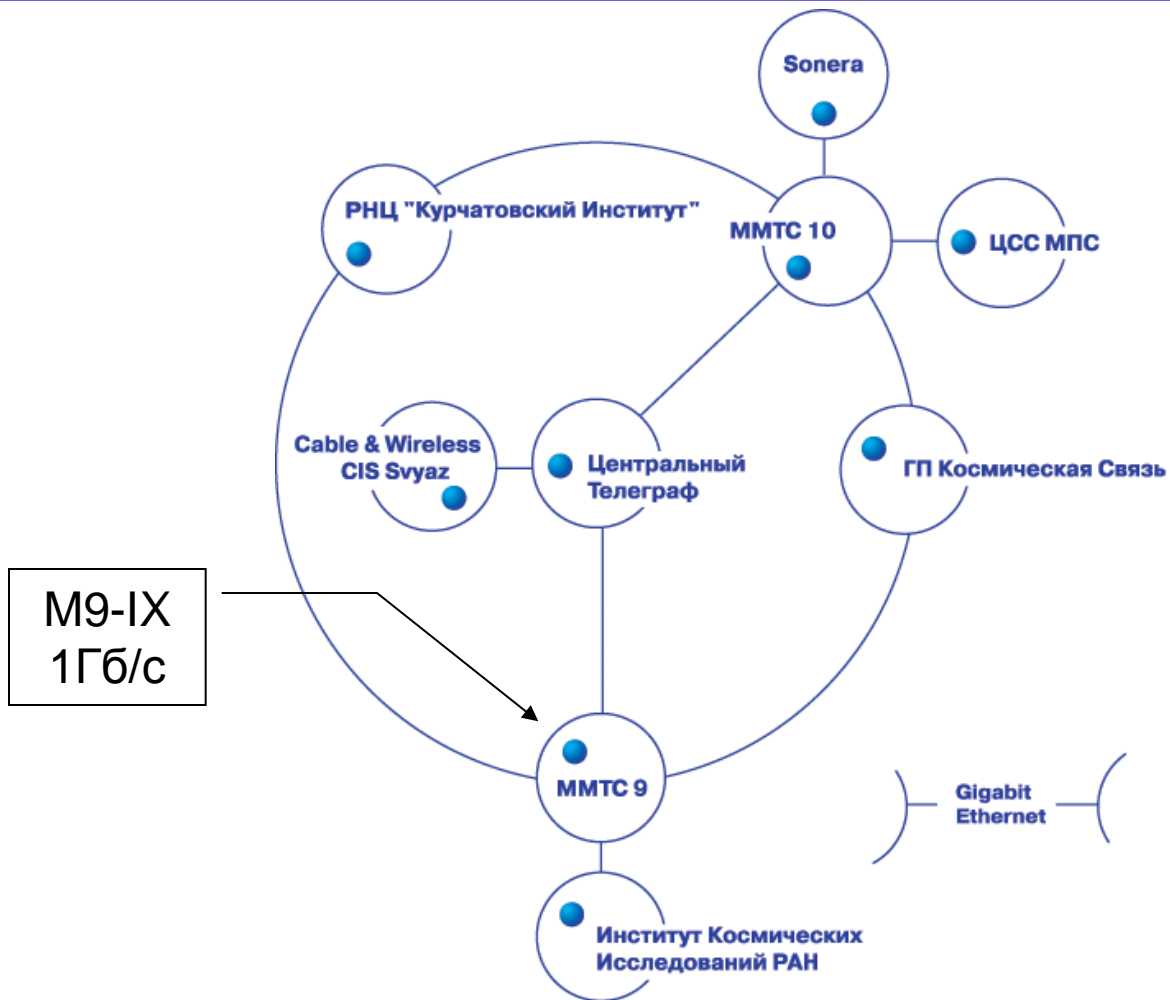
# Точки обмена трафиком в Европе (Euro-IX)



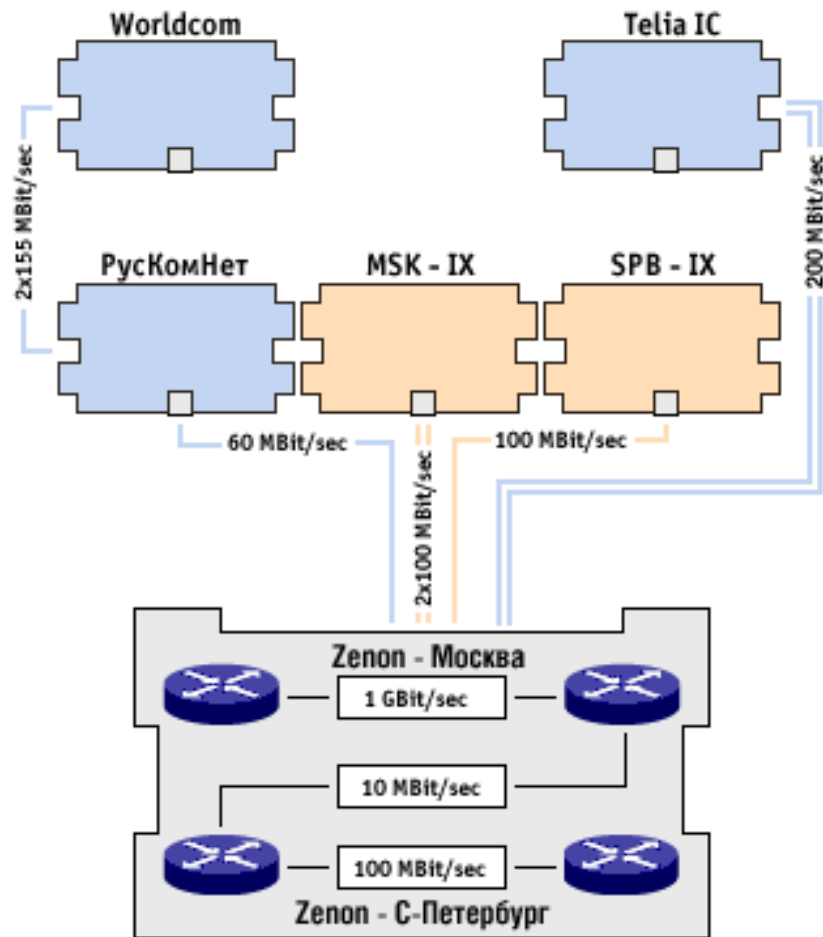
<http://www.euro-ix.net/isp/choosing/map/>



# Схема сети MSK-IX



# Пример схемы подключения провайдера с использованием IX



# Провайдеры опорных сетей, магистралей связи России

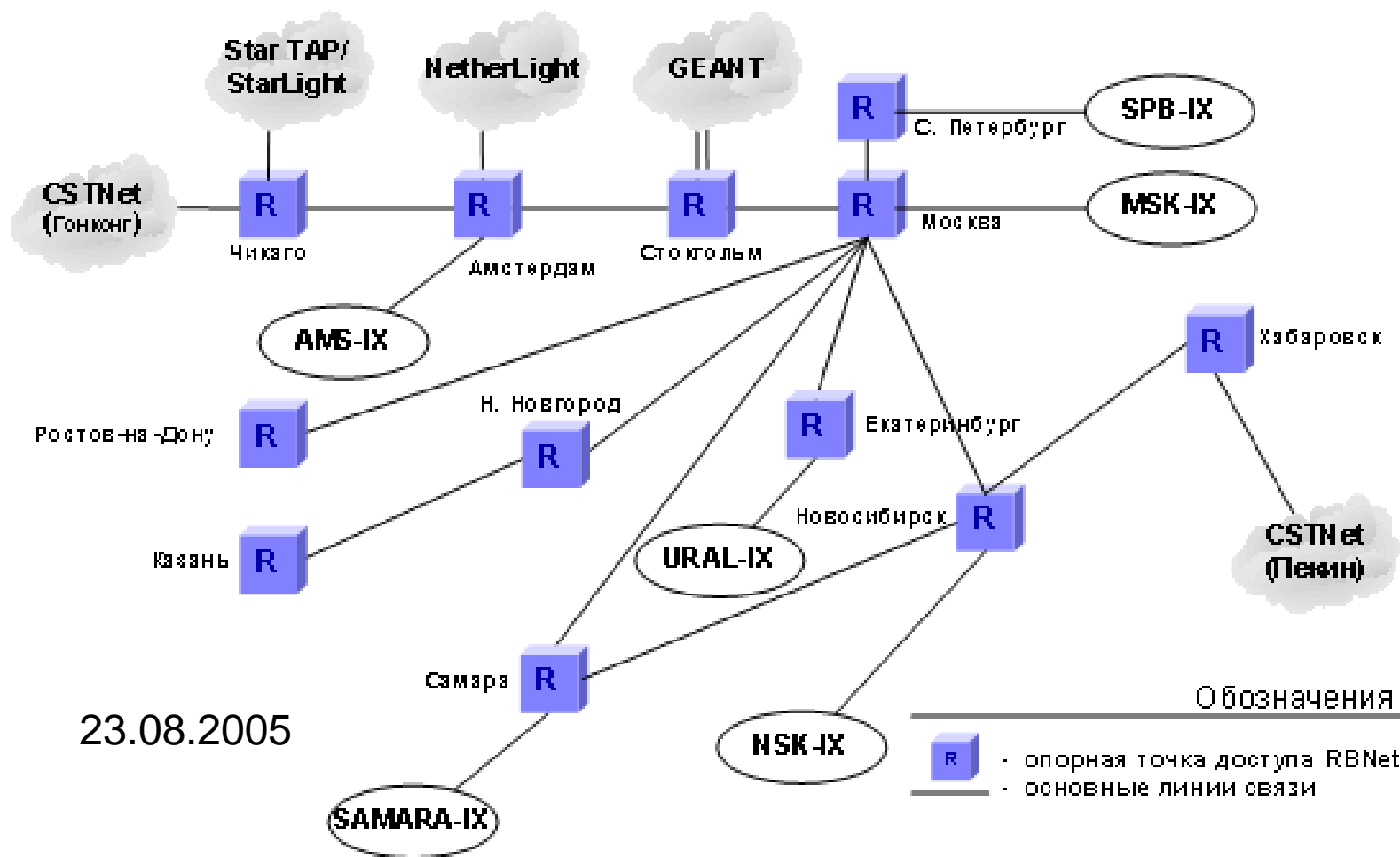
- Основные операторы магистральной цифровой связи:
  - Ростелеком - [www.rt.ru](http://www.rt.ru);
  - ТрансТелеКом - [www.transtk.ru/www/nsf/netmap.nsf/rus!open](http://www.transtk.ru/www/nsf/netmap.nsf/rus!open);
  - Синтерра - [www.synterra.ru/company/net/](http://www.synterra.ru/company/net/).
- История цифровых магистралей в России см.:  
<http://www.cs.vsu.ru/~kas/doc/inetmf/RussianBackbone.pdf>
- Проекты в сфере образования:
  - RNet (Russian Backbone Network) - опорная сеть для нужд науки и высшей школы
    - базируется на арендованных цифровых каналах различных операторов - Транстелеком, Раском, ГП "Космическая связь", Ростелеком и др.;
    - провайдер ВГУ.
  - RUNNet (Russian UNiversity Network) - федеральная университетская опорная сеть

# Схема каналов RbNet



AS 5568

# Схема узлов RBNET



# Схема каналов RUNNet

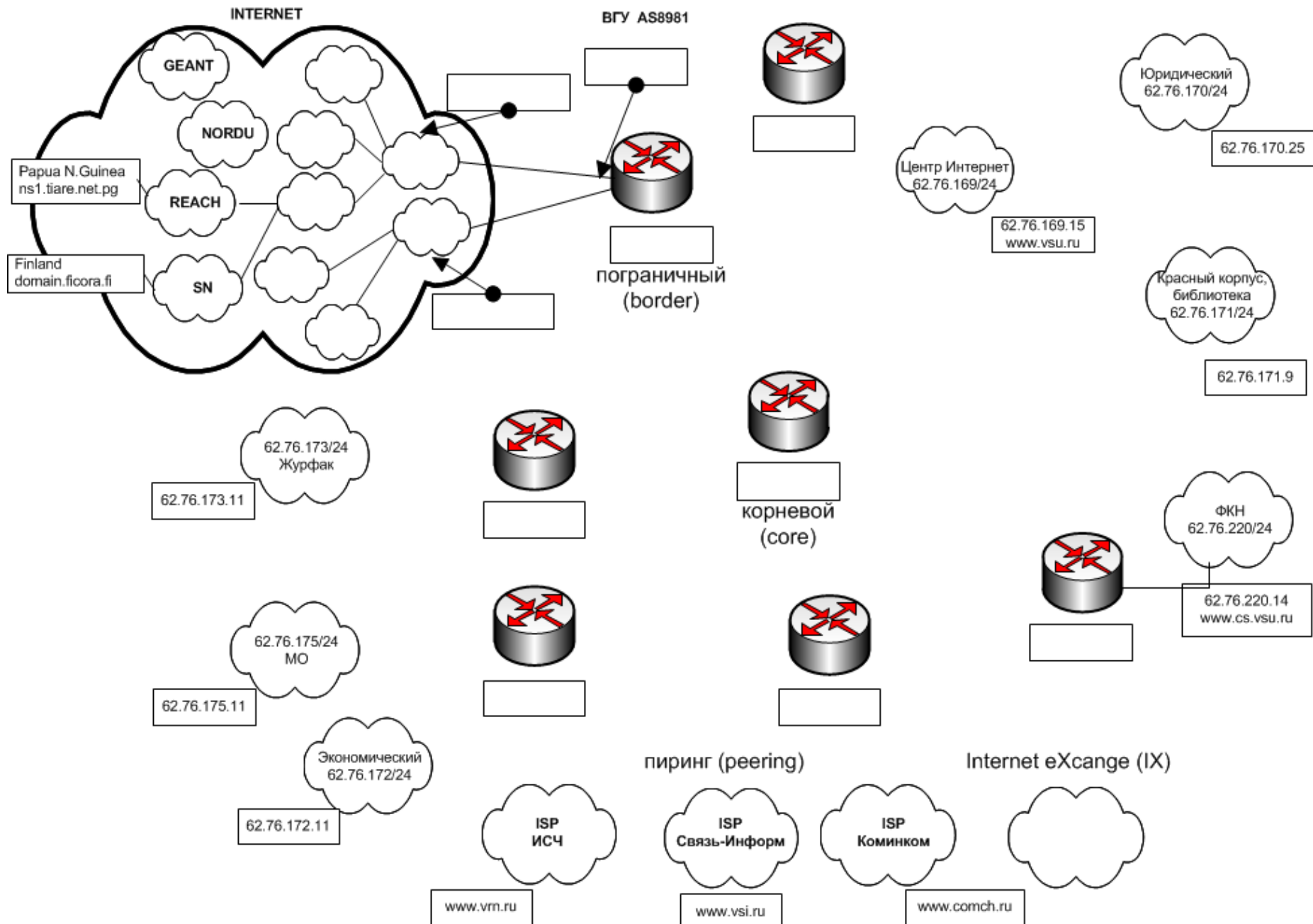


Пропускные способности основных каналов: международного - 622 Мбит/с. Санкт-Петербург - Москва - 1 Гбит/с на 2005 г. Для соединений внутри страны в основном используется С-диапазон.

# Кабельная система компании Sonera, в т.ч. «Сонера-Иван»



# Шаблон для лабораторного задания





# Классы IPv4 сетей

	IP адрес в двоичной системе счисления (в форматах big-endian и little-endian, для которого требуется конверсия)				IP адрес в десятичной записи
К л а с с	3 байт 7 .. 0	2 байт 15 .. 8	1 байт 23 .. 16	0 байт 31 .. 24	
	3 байт 31 .. 24	2 байт 23 .. 16	1 байт 15 .. 8	0 байт 7 .. 0	
A	0 адрес сети	адрес узла			1.x.x.x - 126.x.x.x
B	10 адрес сети		адрес узла		128.1.x.x - 191.254.x.x
C	110 адрес сети			адрес узла	192.1.1.x - 223.254.254.x
D	1110 адрес multicast группы				224.x.x.x - 239.x.x.x
E	11110 зарезервировано				240.x.x.x - 247.x.x.x

# Зарезервированные адреса

Адрес	Назначение
Адрес сети, состоящий из нулей	Интерпретируется как узел в "текущей сети", например, 0.0.0.15 – узел номер 15
Адрес, состоящий из единиц	Все узлы данной (локальной) сети – 255.255.255.255
Сеть 127	Обозначает локальный узел и используется, когда узел посылает пакеты самому себе без создания дополнительного трафика. Соответствует т.н. «петлевому интерфейсу». Например, 127.0.0.1, 127.1.2.3.
Адрес узла, состоящий из нулей	Интерпретируется как "текущая сеть", т.е. обозначает адрес данной IP сети.
Адрес узла, состоящий из единиц	Интерпретируется как "все узлы" определенной сети; например, адрес 10.255.255.255 описывает все узлы сети 10 (класс А).
Нулевой IP-адрес (все нули)	Используется для обозначения маршрута, выбранного по умолчанию. Интерпретируется, как все узлы и сети.
IP -адрес, состоящий из единиц (или 255.255.255.255)	Широковещательный адрес (адрес сообщений, направляемых всем узлам текущей сети).

Частные подпространства IP адресов (private subspaces): 10.X.X.X, 172.16-31.X.X, 192.168.X.X (см. RFC1918), 169.254.X.X (APIPA, link-local), см. все зарезервированные: [http://en.wikipedia.org/wiki/Reserved\\_IP\\_addresses](http://en.wikipedia.org/wiki/Reserved_IP_addresses)

# Бесклассовая маршрутизация CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

- Бесклассовая междоменная маршрутизация основывается на переменной длине маски подсети и решает проблемы (за счет supernetting):
  - Неэффективного использования адресного пространства IP (до CIDR 3%).
  - Увеличения количества записей в глобальных маршрутных таблицах роутеров магистрали Internet в связи с подключением новых сетей.

# IP подсети (subnetting)

1	0	идентификатор сети	идентификатор узла
---	---	--------------------	--------------------

1	0	идентификатор сети	ид. подсети	ид. узла
---	---	--------------------	-------------	----------

Маска подсети: 255.255.255.0. Логическое умножение (побитовое «И») маски на IP адрес дает адрес сети (постоянную часть адреса)

Пример: **подсеть** 172.16.1.0/255.255.255.0 или 172.16.1/24 (CIDR, BGP4 формат), хотя относится к классу В. Диапазон: 172.16.1.1-172.16.1.254

Пример: **суперсеть** 172.16.0.0/255.254.0.0 или 172.16.1/15 (CIDR, BGP4 формат), хотя относится к классу В. Диапазон: 172.16.0.1-172.17.255.254

# Классы IPv4 сетей

	IP адрес в двоичной системе счисления (в форматах big-endian и little-endian, для которого требуется конверсия)				IP адрес в десятичной записи
К л а с с	3 байт 7 .. 0	2 байт 15 .. 8	1 байт 23 .. 16	0 байт 31 .. 24	
	3 байт 31 .. 24	2 байт 23 .. 16	1 байт 15 .. 8	0 байт 7 .. 0	
A	0 адрес сети	адрес узла			1.x.x.x - 126.x.x.x
B	10 адрес сети		адрес узла		128.1.x.x - 191.254.x.x
C	110 адрес сети			адрес узла	192.1.1.x - 223.254.254.x
D	1110 адрес multicast группы				224.x.x.x - 239.x.x.x
E	11110 зарезервировано				240.x.x.x - 247.x.x.x

# Зарезервированные адреса

Адрес	Назначение
Адрес сети, состоящий из нулей	Интерпретируется как узел в "текущей сети", например, 0.0.0.15 – узел номер 15
Адрес, состоящий из единиц	Все узлы данной (локальной) сети – 255.255.255.255
Сеть 127	Обозначает локальный узел и используется, когда узел посылает пакеты самому себе без создания дополнительного трафика. Соответствует т.н. «петлевому интерфейсу». Например, 127.0.0.1, 127.1.2.3.
Адрес узла, состоящий из нулей	Интерпретируется как "текущая сеть", т.е. обозначает адрес данной IP сети.
Адрес узла, состоящий из единиц	Интерпретируется как "все узлы" определенной сети; например, адрес 10.255.255.255 описывает все узлы сети 10 (класс А).
Нулевой IP-адрес (все нули)	Используется для обозначения маршрута, выбранного по умолчанию. Интерпретируется, как все узлы и сети.
IP -адрес, состоящий из единиц (или 255.255.255.255)	Широковещательный адрес (адрес сообщений, направляемых всем узлам текущей сети).

Частные подпространства IP адресов (private subspaces): 10.X.X.X, 172.16-31.X.X, 192.168.X.X (см. RFC1918), 169.254.X.X (APIPA, link-local), см. все зарезервированные: [http://en.wikipedia.org/wiki/Reserved\\_IP\\_addresses](http://en.wikipedia.org/wiki/Reserved_IP_addresses)

# Бесклассовая маршрутизация CIDR (Classless Inter-Domain Routing)

- Бесклассовая междоменная маршрутизация основывается на переменной длине маски подсети и решает проблемы (за счет supernetting):
  - Неэффективного использования адресного пространства IP (до CIDR 3%).
  - Увеличения количества записей в глобальных маршрутных таблицах роутеров магистрали Internet в связи с подключением новых сетей.

# IP подсети (subnetting)

1	0	идентификатор сети	идентификатор узла
---	---	--------------------	--------------------

1	0	идентификатор сети	ид. подсети	ид. узла
---	---	--------------------	-------------	----------

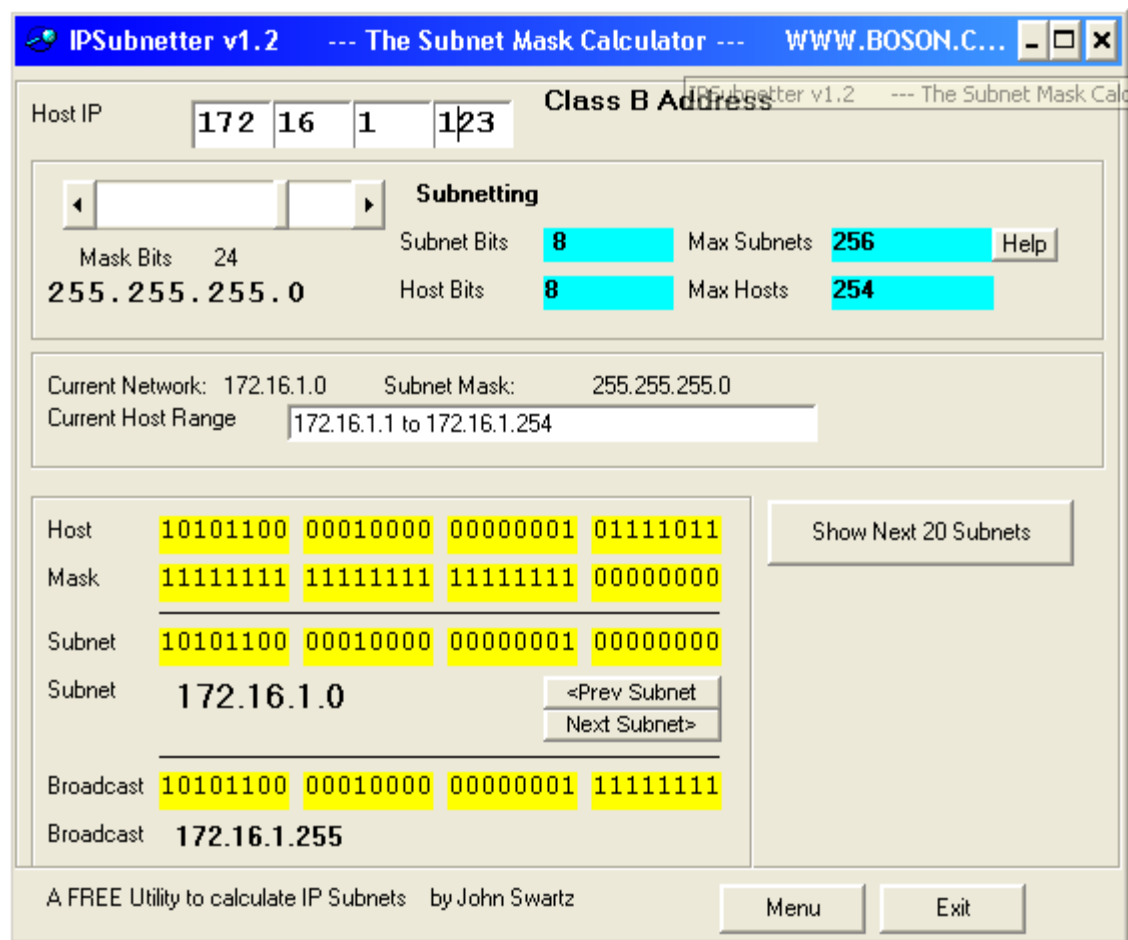
Маска подсети: 255.255.255.0. Логическое умножение (побитовое «И») маски на IP адрес дает адрес сети (постоянную часть адреса)

Пример: **подсеть** 172.16.1.0/255.255.255.0 или 172.16.1/24 (CIDR, BGP4 формат), хотя относится к классу В. Диапазон: 172.16.1.1-172.16.1.254

Пример: **суперсеть** 172.16.0.0/255.254.0.0 или 172.16.1/15 (CIDR, BGP4 формат), хотя относится к классу В. Диапазон: 172.16.0.1-172.17.255.254



# Калькулятор масок подсетей



# Структура пакета IPv4

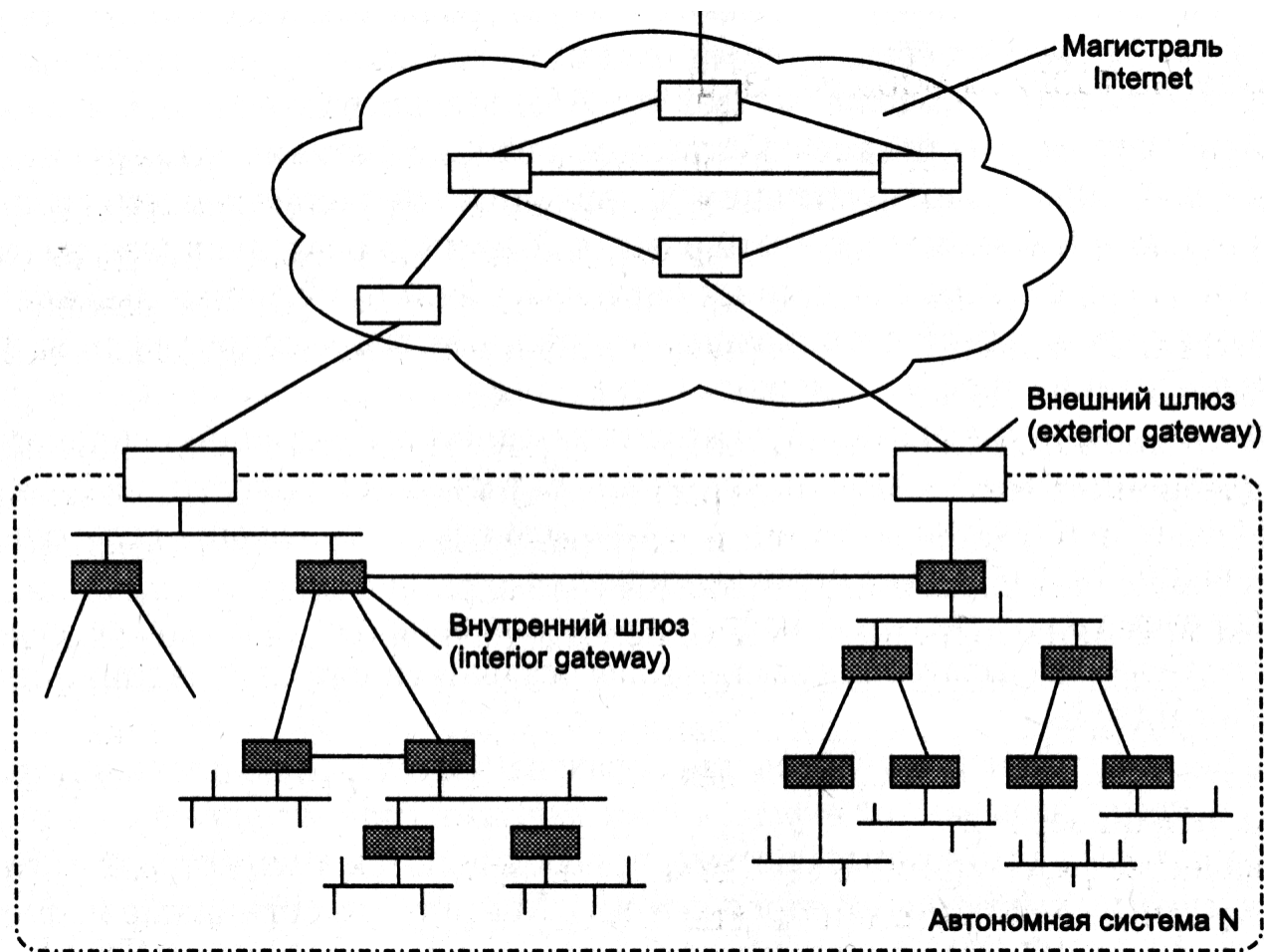
4 бита Номер версии	4 бита Длина заголовка	8 бит Тип сервиса				16 бит Общая длина					
		PR	D	T	R						
16 бит Идентификатор пакета						3 бита Флаги		13 бит Смещение фрагмента			
			D	M							
8 бит Время жизни		8 бит Протокол верхнего уровня				16 бит Контрольная сумма					
32 бита IP-адрес источника											
32 бита IP-адрес назначения											
Опции и выравнивание											

см. RFC 791

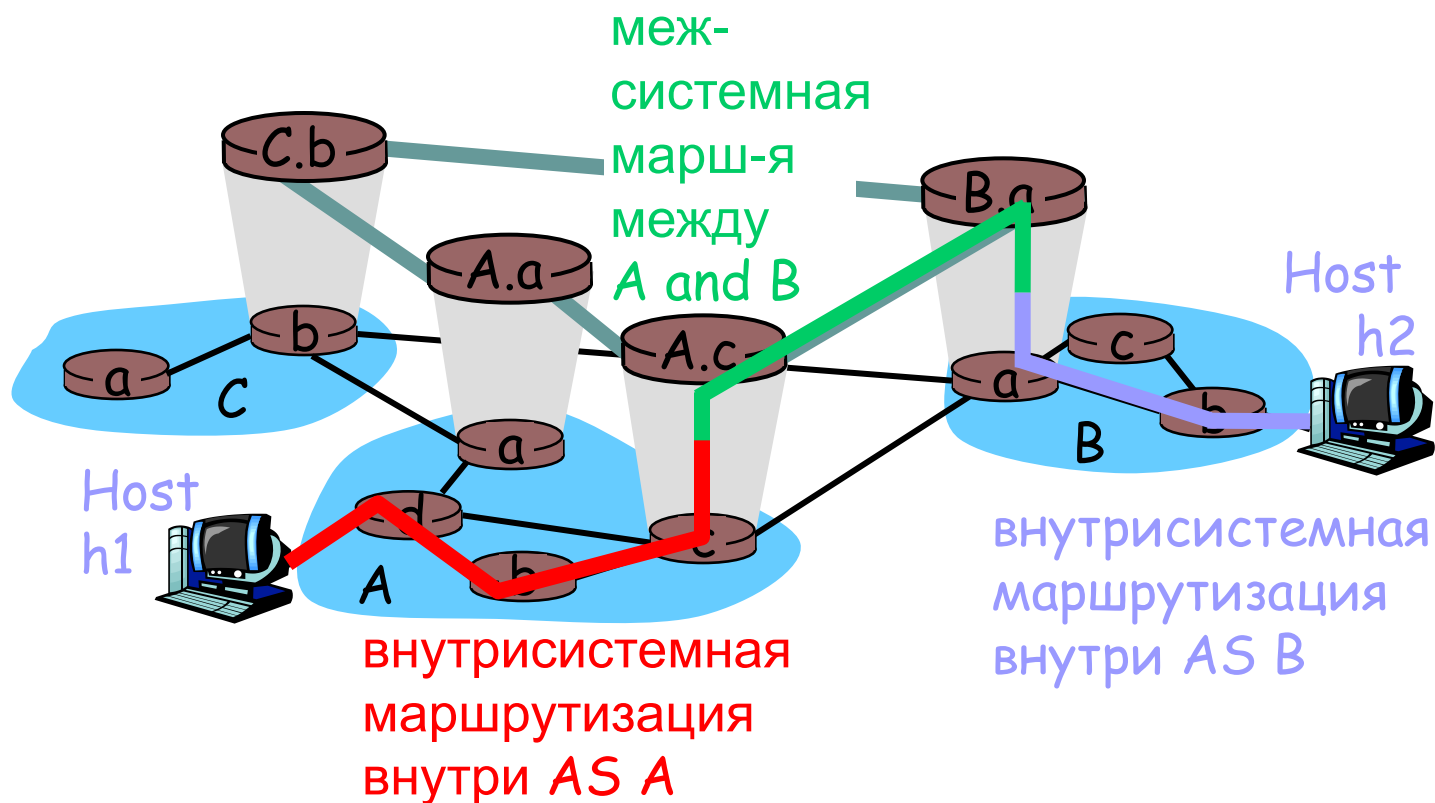
# IP маршрутизация



# Маршрутизация в Internet



# Автономные системы (AS, autonomous systems)



# Регистрация IP-адресов

- Адреса выделяются (это право делегировано IANA-ой) Региональными Интернет Регистраторам (англ. RIR): ripe, arin, afrinic, apnic, lacnic (все в .net)
- Локальный регистратор (LIR, 1700 евро/год), обычно являющийся крупным Интернет-оператором, нумеруется 16-битным номером ASN (с 2007 года принят 32-битный стандарт, на 2017 года количество AS приближается к 60000) и выдает адреса пользователям и менее крупным сервис-провайдерам.
- Виды AS: транзитная, тупиковая, IX, с множественными подключениями
- Public IPv4 адреса выделяются из адресных пространств:
  - PA (provider-aggregatable) - агрегируемые блоки, выделяются RIR непосредственно организации - «конечному пользователю»)
  - PI (provider-independent) - независимые от провайдера), выделяются RIR => LIR

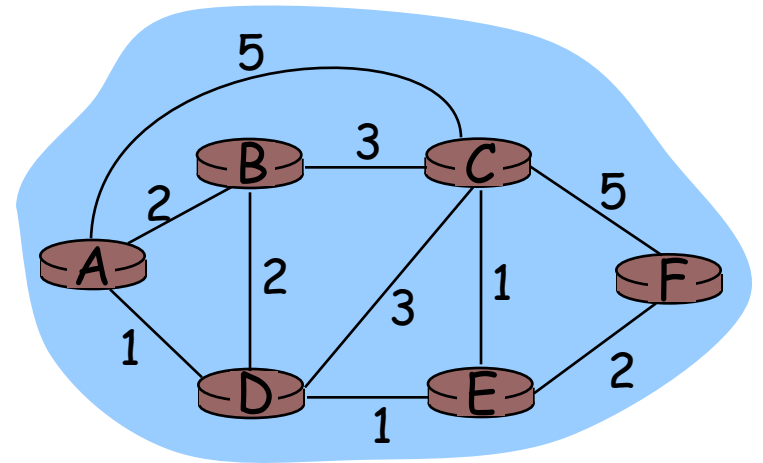
# Маршрутизация (routing)

## Протокол маршрутизации

**Цель:** определить «хороший» маршрут в сети между узлом-источником и приемником.

Методы задания маршрутизации:

- статическая (маршрутные таблицы задаются вручную)
- по-умолчанию (один маршрут для неизвестных сетей)
- динамическая, под управлением протокола маршрутизации:



# Протоколы маршрутизации

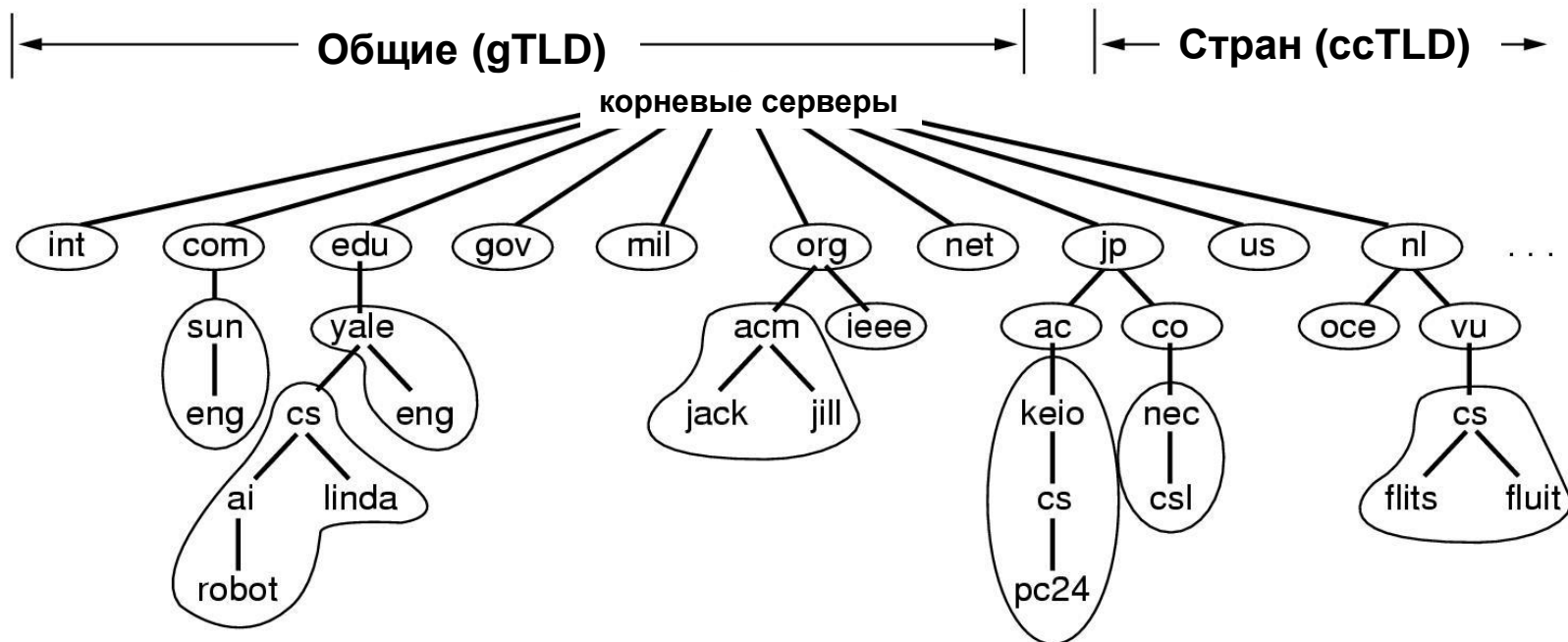
- IGP (Interior Gateway Protocols) - внутренние протоколы маршрутизации, распространяют маршрутную информацию внутри одной автономной системы. Примеры: RIP, OSPF, IGRP.
- RIP (Routing Information Protocol) - протокол передачи маршрутной информации, маршрутизаторы динамически создают маршрутные таблицы.
- OSPF (Open Shortest Path First) - протокол «Использовать кратчайший путь», является внутренним протоколом маршрутизации. Разработан после RIP, поддерживает маршрутизацию по нескольким путям, баланс их загрузки.
- EGP (Exterior Gateway Protocols) - внешние протоколы маршрутизации, распространяют маршрутную информацию между автономными системами. Примеры: EGP (Exterior Gateway Protocol, устарел), BGP.
- BGP (Border Gateway Protocol) - протокол граничных маршрутизаторов.



# ICMP: Internet Control Message Protocol

Тип	Код	Описание
<b>0</b>	<b>0</b>	<b><i>эхо ответ (ping)</i></b>
3	0	сеть недоступна
3	1	узел недоступен
3	2	протокол недоступен
3	3	порт недоступен
3	6	сеть неизвестна
3	7	узел неизвестен
4	0	подавление источника
8	0	эхо запрос (ping)
9	0	оповещение о маршруте
10	0	поиск маршрута
11	0	TTL закончилось
12	0	ошибка заголовка

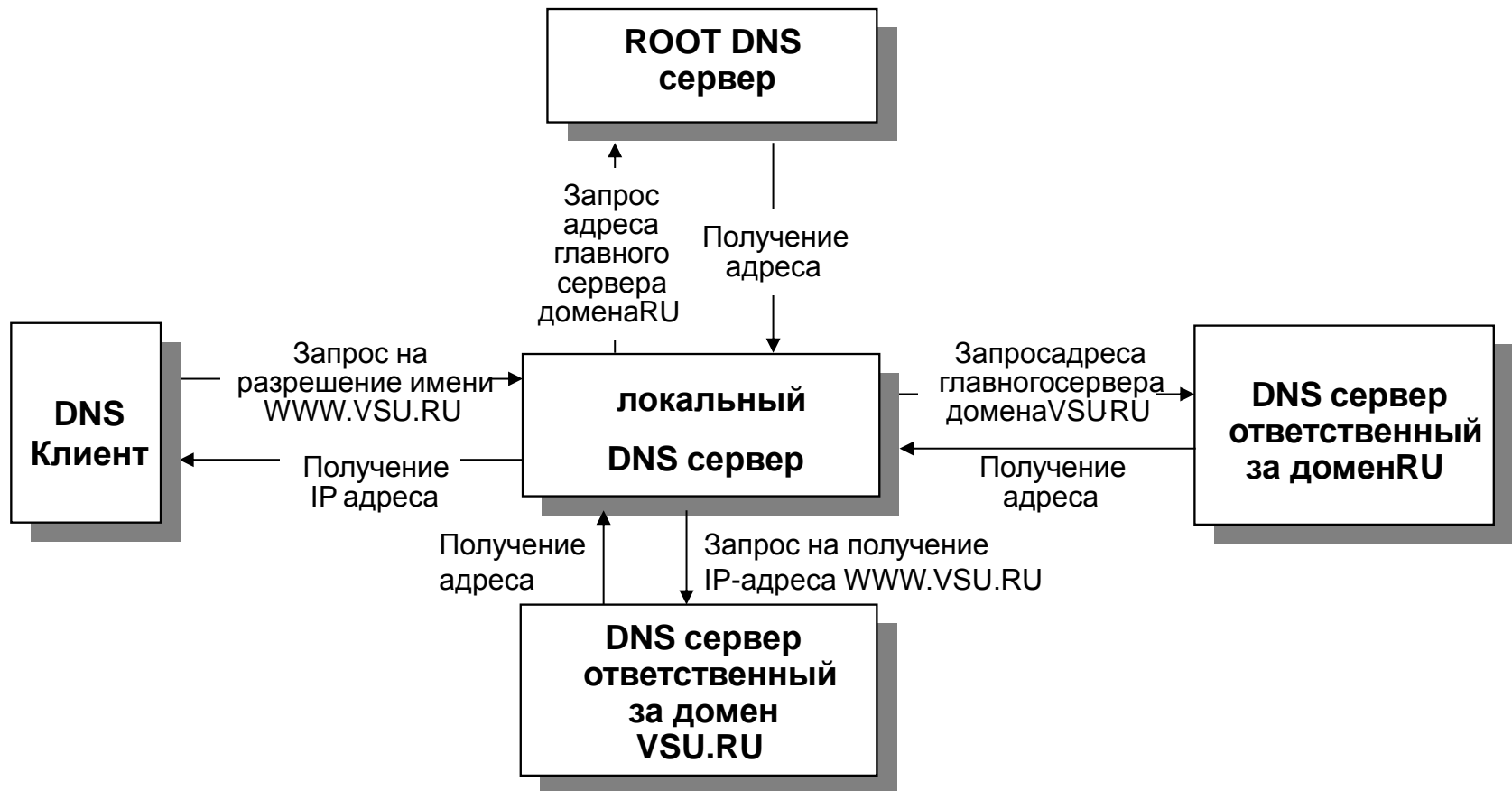
# Домены Интернет, DNS (domain name system) и серверы имен



<http://www.root-servers.org/>

<http://k.root-servers.org/>

# DNS. Итеративные, рекурсивные запросы.



# Записи о ресурсах (RR) DNS

- Система DNS управляется и координируется ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers). IANA – исполнительное подразделение ICANN. ICANN предоставляет информацию о DNS через веб-сайт InterNIC.
- Домены верхнего уровня: com, net, ru и т.п. должны соответствовать стандарту ISO3166 и управляются организацией, которой ICANN делегирует свои полномочия (для домена ru – РосНИИРОС, [www.ripn.ru](http://www.ripn.ru))
- RR – Resource Record
- Типы записей:
  - NS – запись о сервере имен;
  - A – адресная запись (IP); PTR – указатель на имя;
  - CNAME – псевдоним;
  - MX – почтовый сервер;
  - MB – имя почтового ящика;
  - HINFO – информация об узле.
- Специальный домен in-addr.arpa введен для определения имен по IP-адресам. Это исключает перебор серверов при обратном поиске.
- Имена в домене in-addr.arpa состоят из нескольких субполей, кроме постоянной части IN-ADDR.ARPA. Например, для IP-адреса 62.76.220.111 в домене 220.76.62.in-addr.arpa есть запись:
  - 62.76.220.111 PTR c1r382n11.cs.vsu.ru.

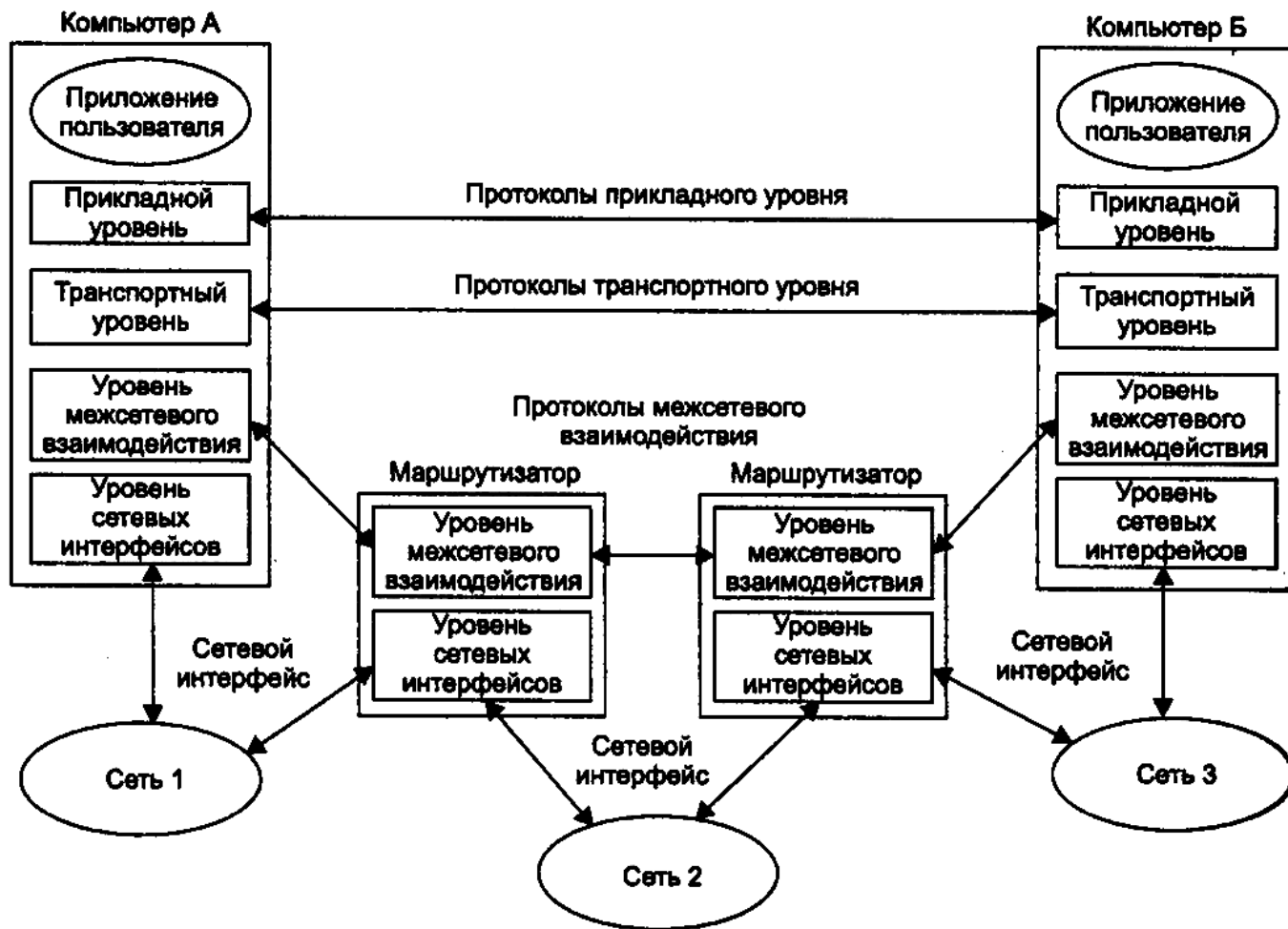
# Ответственные организации Интернет

- IAB (Internet Architecture Board) <http://www.iab.org/>
- IETF (Internet Engineering Task Force) <http://www.ietf.org/>
- IRTF (Internet Research Task Force) <http://www.irtf.org/>
  - ISOC (Internet Society, управление IE/RTF) <http://www.isoc.org/>
- ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers) <http://www.icann.org/>
- IANA (Internet Assigned Numbers Authority) <http://www.iana.org/>
- ARIN (American Registry for Internet Numbers) <http://www.arin.net/>
- RIPE (Réseaux IP Européens) сообщество сторон (в основном ISP), заинтересованных в поддержке и развитии инфраструктуры Интернет в Европе и за ее пределами. В частности, RIPE поддерживает базу данных IP адресов и номеров AS.
- Сетевой центр RIPE NCC (Network Coordination Centre) выполняет функции официального IP регистратора в Европе.
- Российские
  - Координационный центр национального домена сети Интернет, <http://www.cctld.ru/ru/>
  - РосНИИРОС, <http://www.ripn.net/>
  - Историческая справка о домене RU, [http://info.nic.ru/st/61/out\\_24.shtml](http://info.nic.ru/st/61/out_24.shtml)

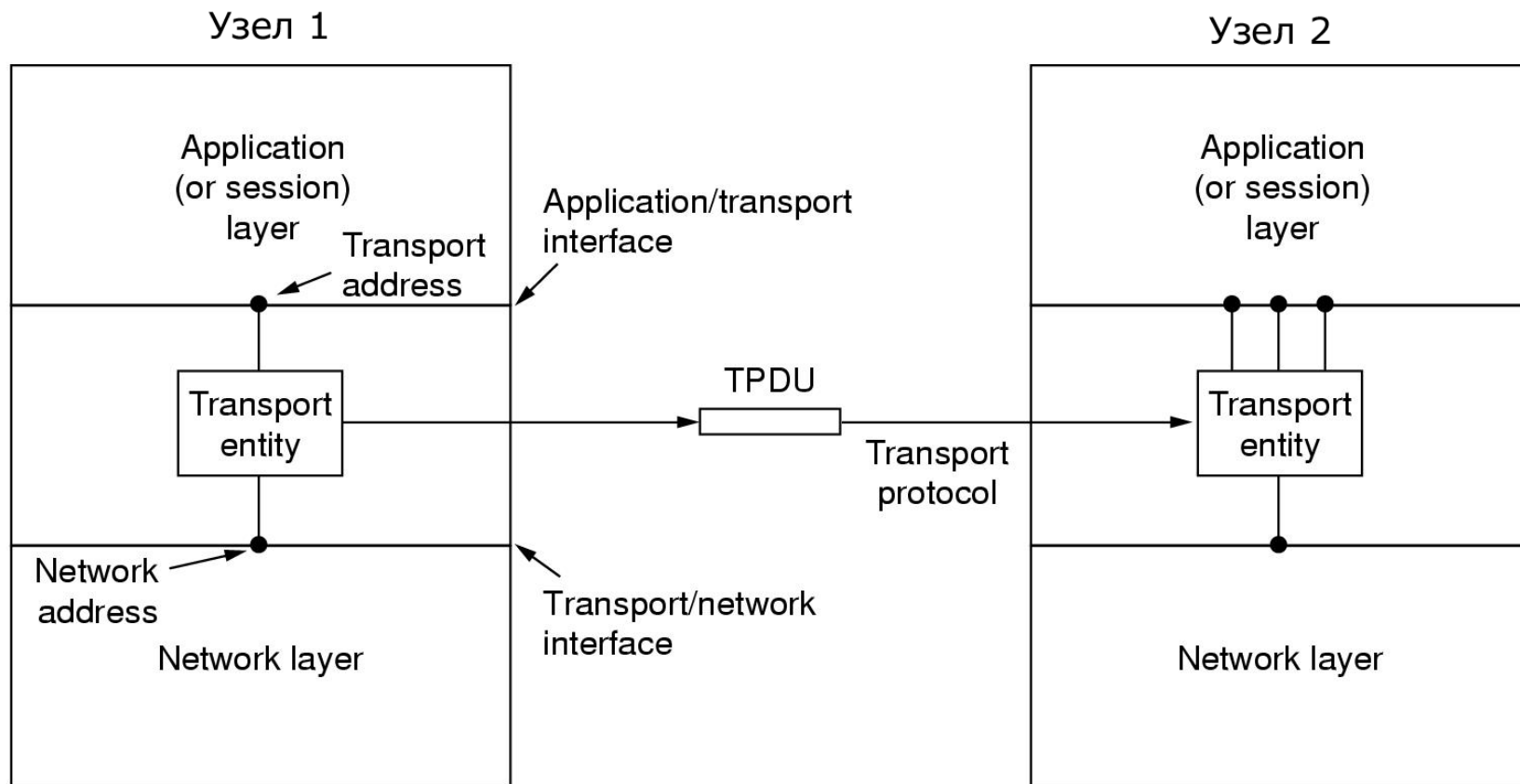
# Стандарты Интернет - Request for Comments, RFC

- RFC (запросы комментариев) сейчас рассматриваются как стандарты Интернета. Жизненный цикл стандарта выглядит следующим образом:
- Выносятся на всеобщее рассмотрение **Интернетовский черновик** (*Internet Draft*). Черновики не имеют официального статуса, и удаляются из базы через шесть месяцев после последнего изменения.
- Если черновик стандарта оказывается достаточно удачным и непротиворечивым, он получает статус **Предложенного стандарта** (*Proposed Standard*), и свой номер RFC. Наличие программной реализации стандарта желательно.
- Следующая стадия — **Черновой стандарт** (*Draft Standard*) означает, что предложенный стандарт принят сообществом, в частности, существуют две независимые по коду совместимые реализации разных команд разработчиков. В черновые стандарты ещё могут вноситься мелкие правки, но они считаются достаточно стабильными и рекомендуются для реализации.
- Высший уровень — **Стандарт Интернета** (*Internet Standard*). Это спецификации с большим успешным опытом применения и зрелой формулировкой. Параллельно с нумерацией RFC они имеют свою собственную нумерацию STD. Из более чем трёх тысяч RFC этого уровня достигли только несколько десятков.
- Многие старые RFC замещены более новыми версиями под новыми номерами, или вышли из употребления. Такие документы получают статус **Исторических** (*Historic*)
- Почти все стандарты разрабатываются под эгидой каких-либо научных или Интернет-организаций (например W3C, IETF, Интернет2).
- Запросы комментариев официально существуют только **на английском языке**. Строгих требований к оформлению и стилю нет.
- Источник: <http://ru.wikipedia.org/wiki/RFC>

# Уровневая модель TCP/IP

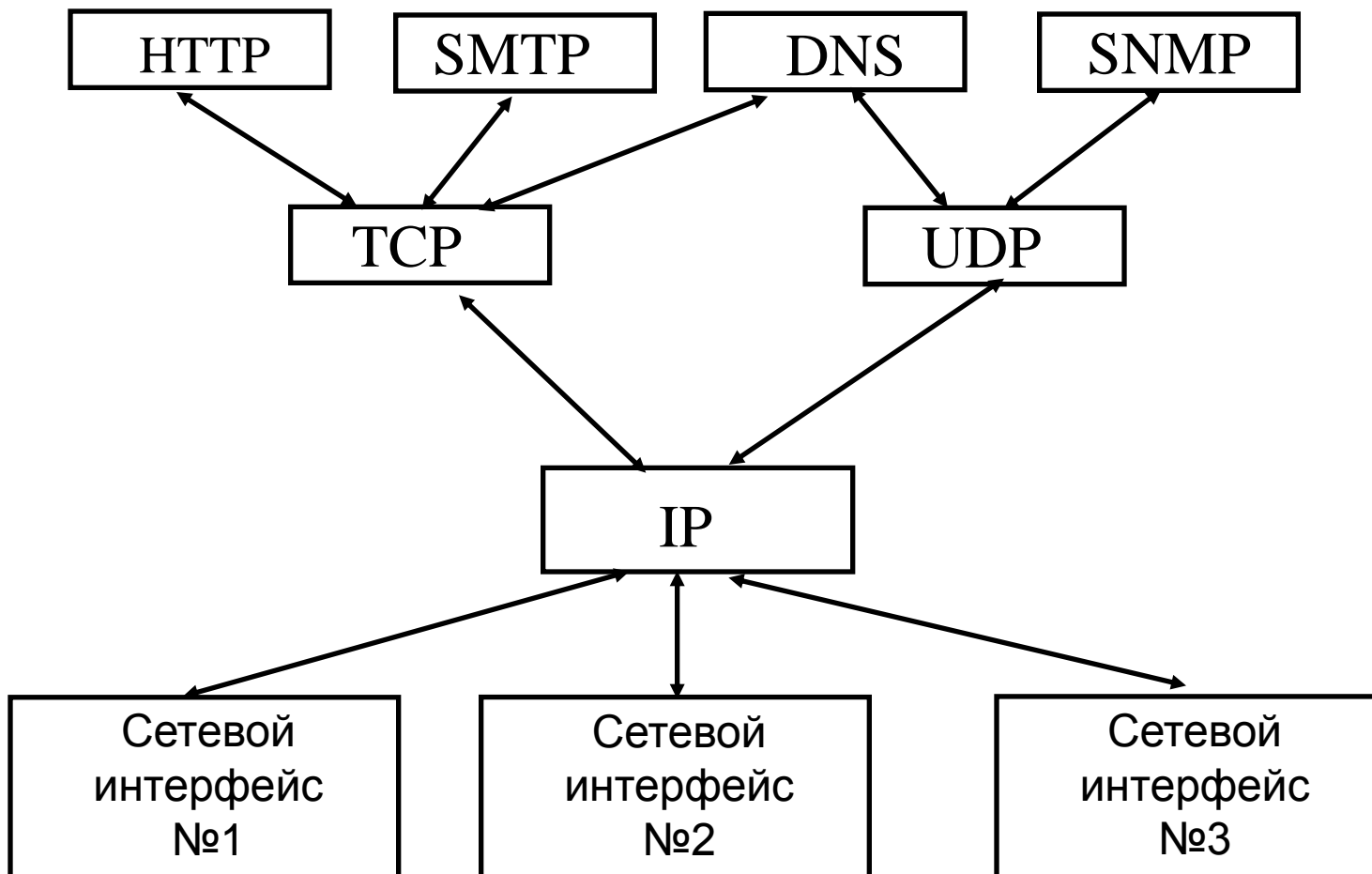


# Уровневый протокол



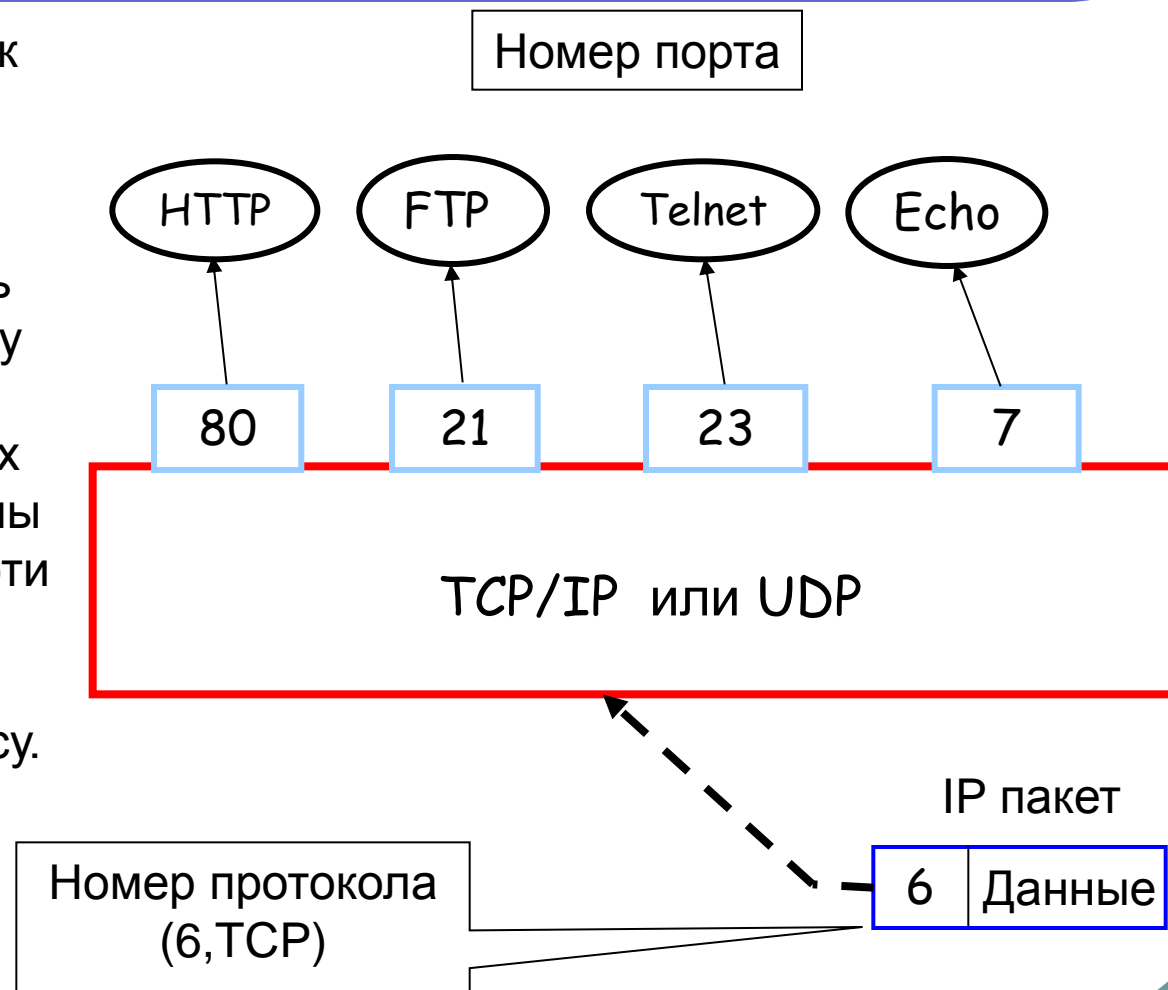


# TCP/IP стек

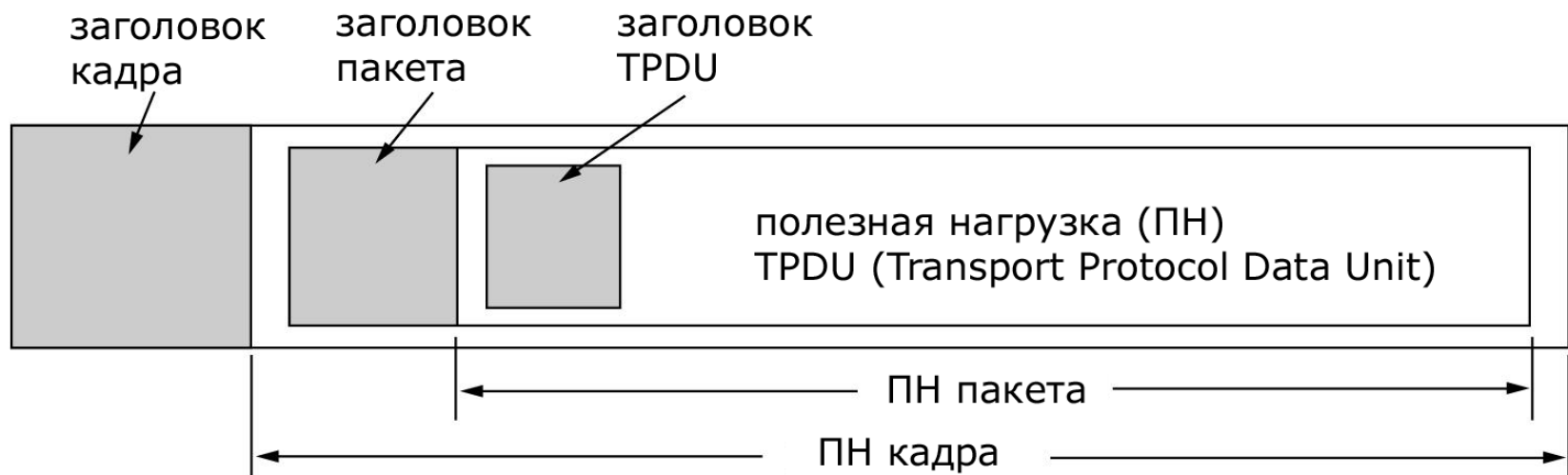


# Точки доступа SAP в TCP/IP стеке

Анализируя заголовок своего пакета, полученного от межсетевого уровня, транспортный модуль определяет по номеру порта получателя, какому из прикладных процессов направлены данные, и передает эти данные соответствующему прикладному процессу.



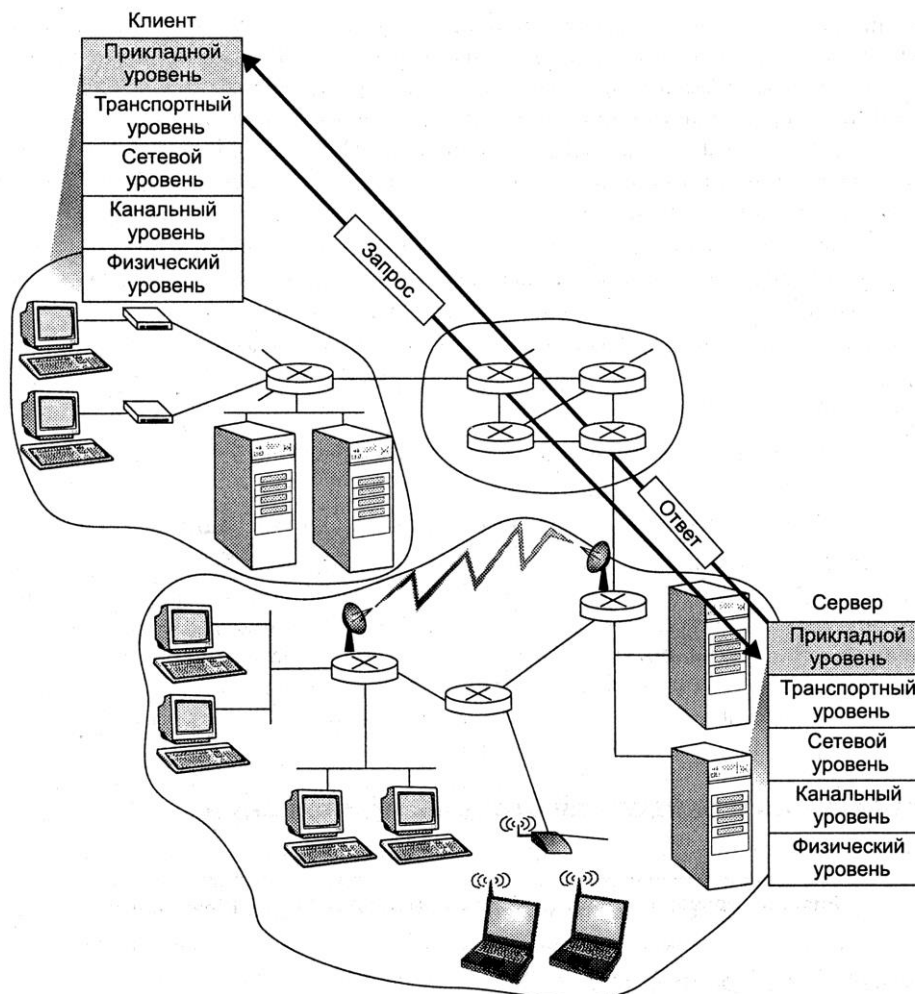
# Вложенность PDU (Protocol Data Units)



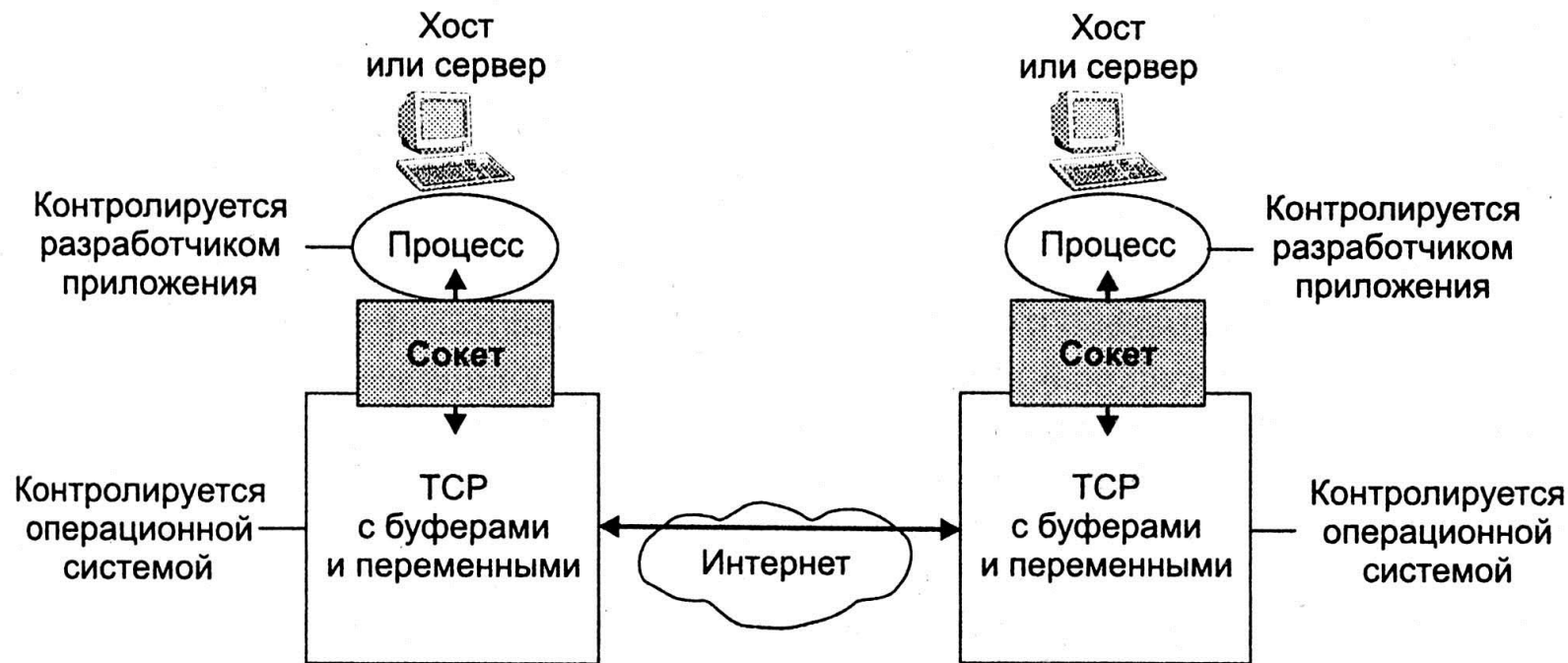
# Уровень приложений, службы Интернет

- Уровень приложений использует сервис транспортного уровня для решения проблем:
  - потери данных (пример передачи файлов и видео)
  - гарантии пропускной способности (пример передачи речи и файлов)
  - задержки при передаче (пример e-mail и файлов)
- Типичные приложения Интернет построены на основе модели «клиент-сервер»
  - клиент посылает команду, запрашивает сервис
  - сервер выполняет команду, возвращая результат

# Взаимодействие клиента и сервера



# Процессы приложения, сокеты и протокол транспортного уровня



Сокет - конечная точка сетевых коммуникаций

-имеет тип и ассоциированный с ним процесс.

- существуют внутри коммуникационных доменов: *UNIX, Internet*

# Транспортный уровень Интернет

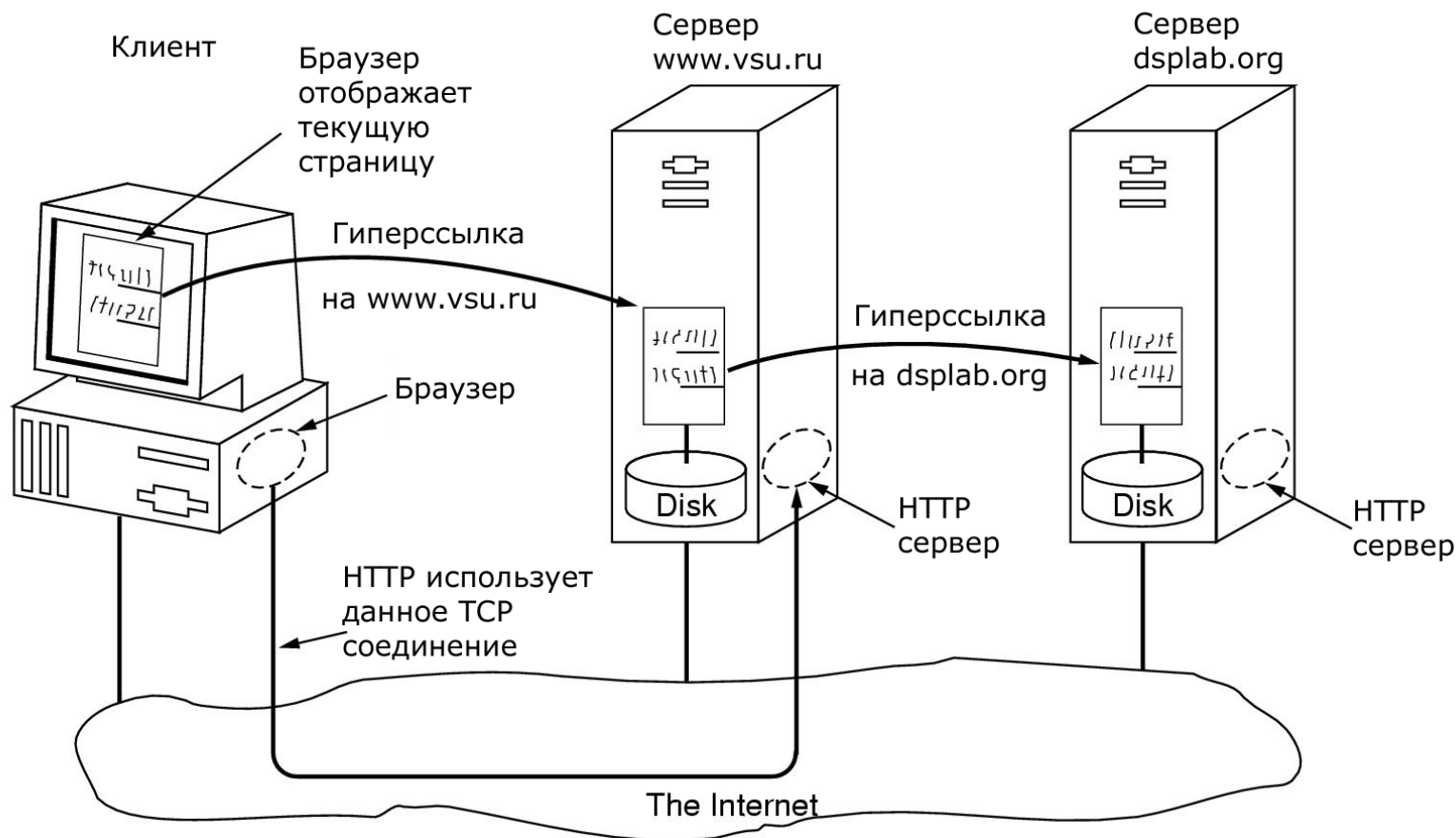
- Услуги, предоставляемые транспортным уровнем Интернет
- TCP – Transmission Control Protocol
  - протокол с установлением соединения
  - надежный транспорт между процессами
  - управление потоком, перегрузками
  - нет поддержки QoS
  - данные передаются в виде т.н. сегментов
- UDP – User Datagram Protocol
  - ненадежный дейтаграммный транспорт между процессами
  - нет поддержки QoS, управление потоком, перегрузками, фазы установления соединения
  - данные передаются в виде т.н. дейтаграмм

# Службы Интернет

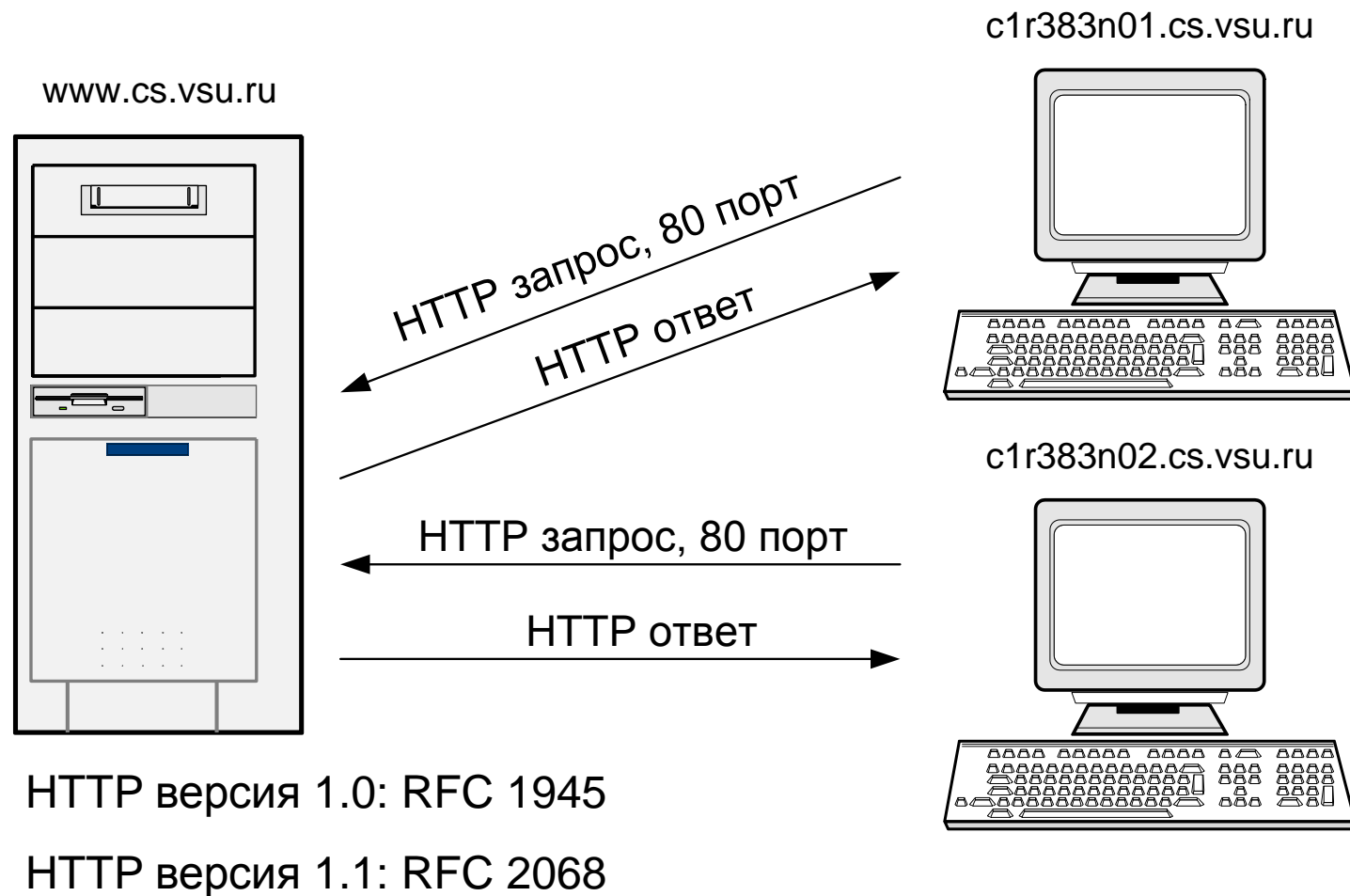
Приложение	Протокол	Транспортный протокол
Электронная почта	smtp [RFC 821]	TCP
Удаленный терминальный доступ	telnet [RFC 854]	TCP
Web	http [RFC 2068]	TCP
Передача файлов	ftp [RFC 959]	TCP
Потоковая передача видео	Корпоративные, например, Real Networks	TCP или UDP
Файл-сервер	NSF, Sun Microsystems	TCP или UDP
Интернет-телефония	Корпоративные, например, Vocaltec	Обычно UDP



# World Wide Web, HTTP, HTML



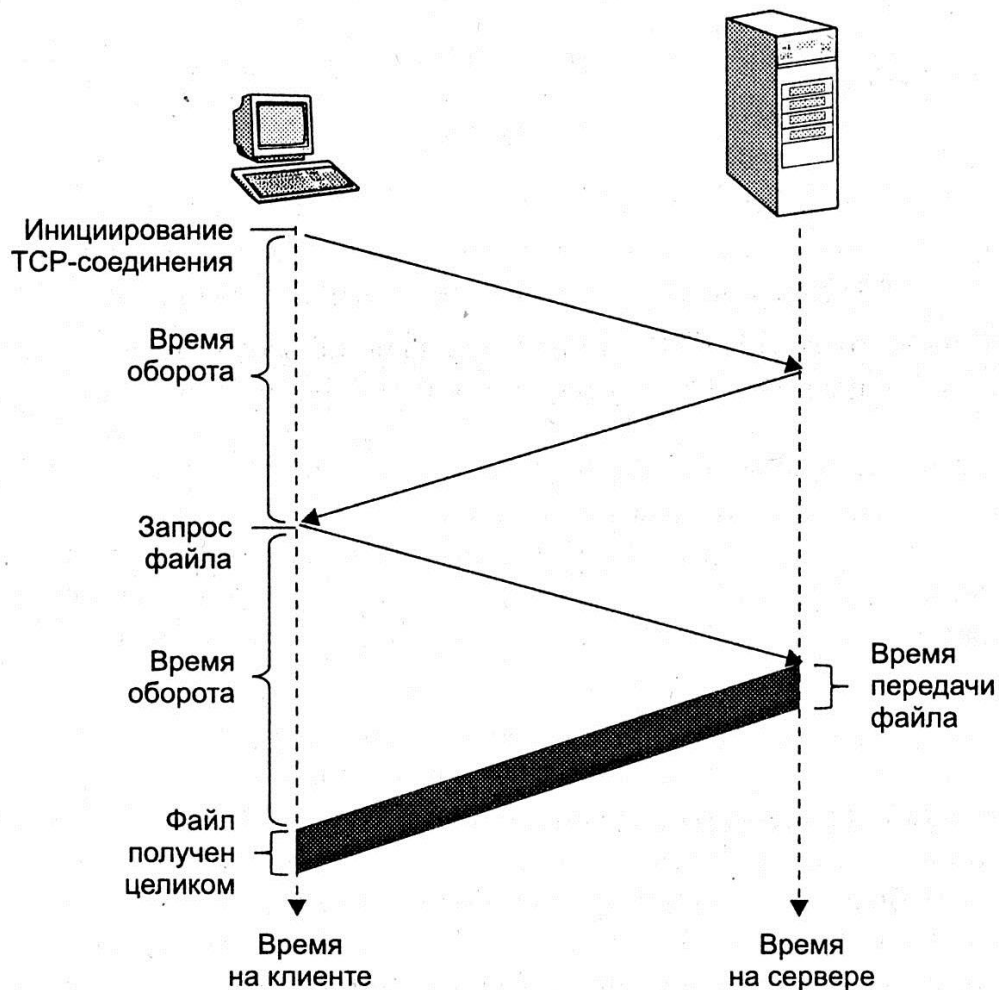
# HTTP - HyperText Transfer Protocol



# HTTP - HyperText Transfer Protocol

- HTTP основывается на парадигме запросов-ответов. Клиент устанавливает связь с обслуживающей программой-получателем (сервером) и посылает запрос серверу в следующей форме:
  - метод запроса URI версия протокола HTTP
  - telnet [www.is.vsu.ru](http://www.is.vsu.ru) 80
  - GET / HTTP/1.0
- Для указания ресурса, к которому должен быть применен данный метод, используется универсальный идентификатор ресурсов (Universal Resource Identifier - URI), в виде местонахождения (URL) или имени (URN).

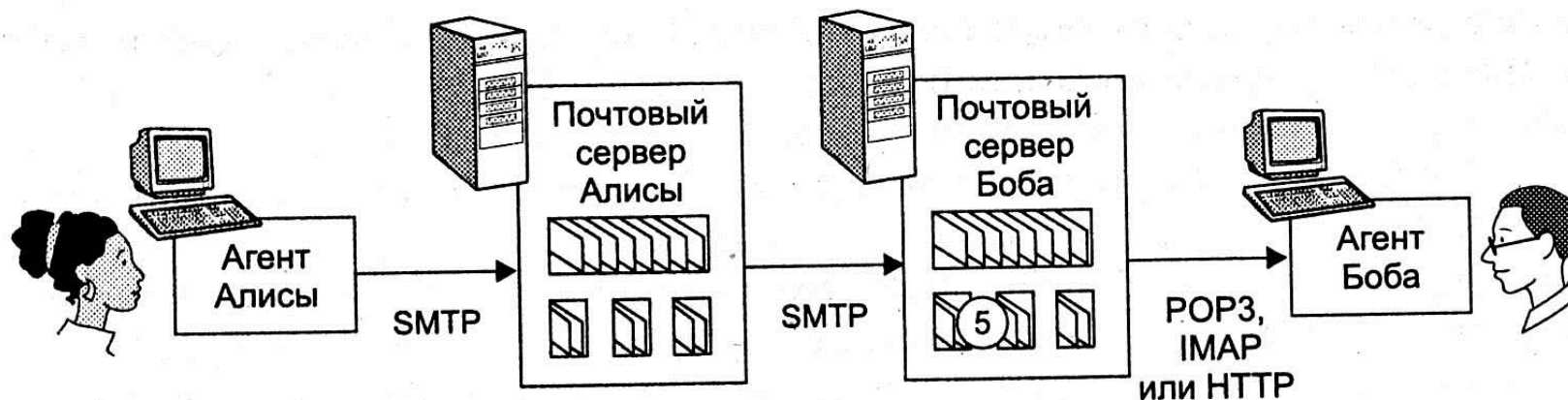
# Время ответа на запрос страницы



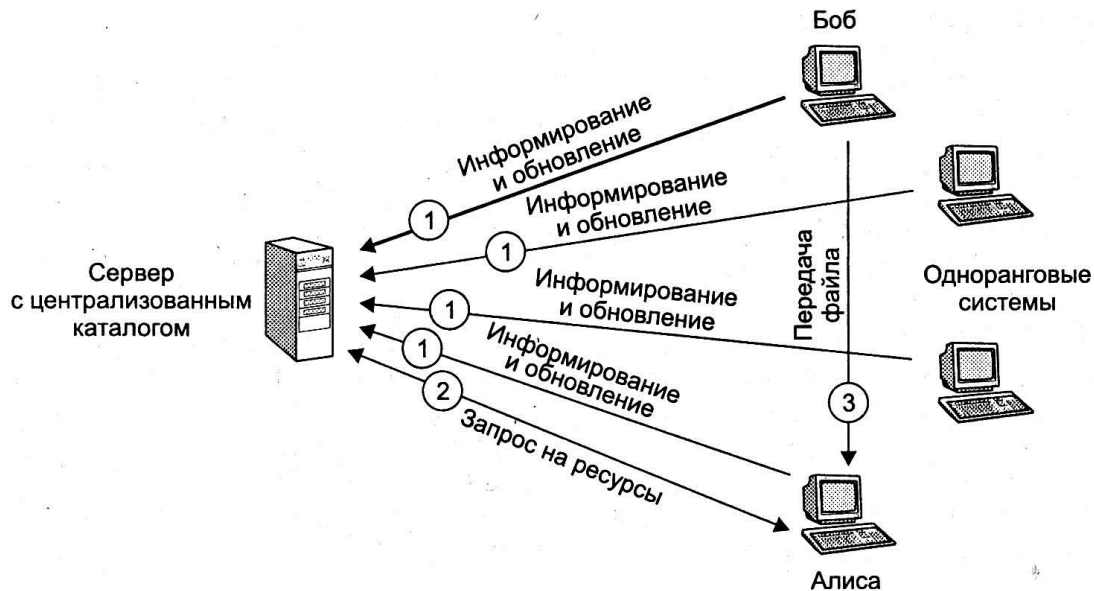
# File transfer Protocol, FTP



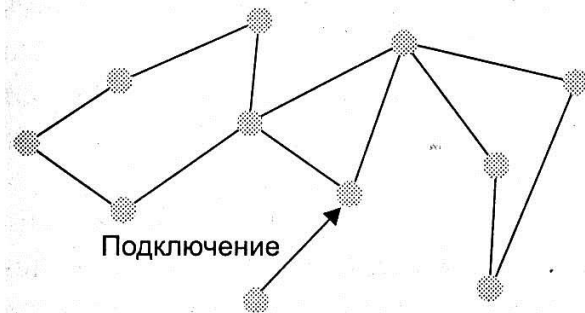
# Electronic mail, E-mail протоколы



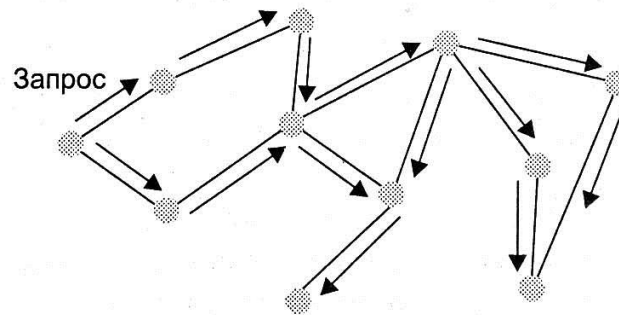
# Peer-to-Peer (P2P, пиринговые сети)



**P2P** или **пиринговые** сети предназначены в основном для однорангового разделения файлов при котором конечные системы могут обмениваться файлами друг с другом **непосредственно**.

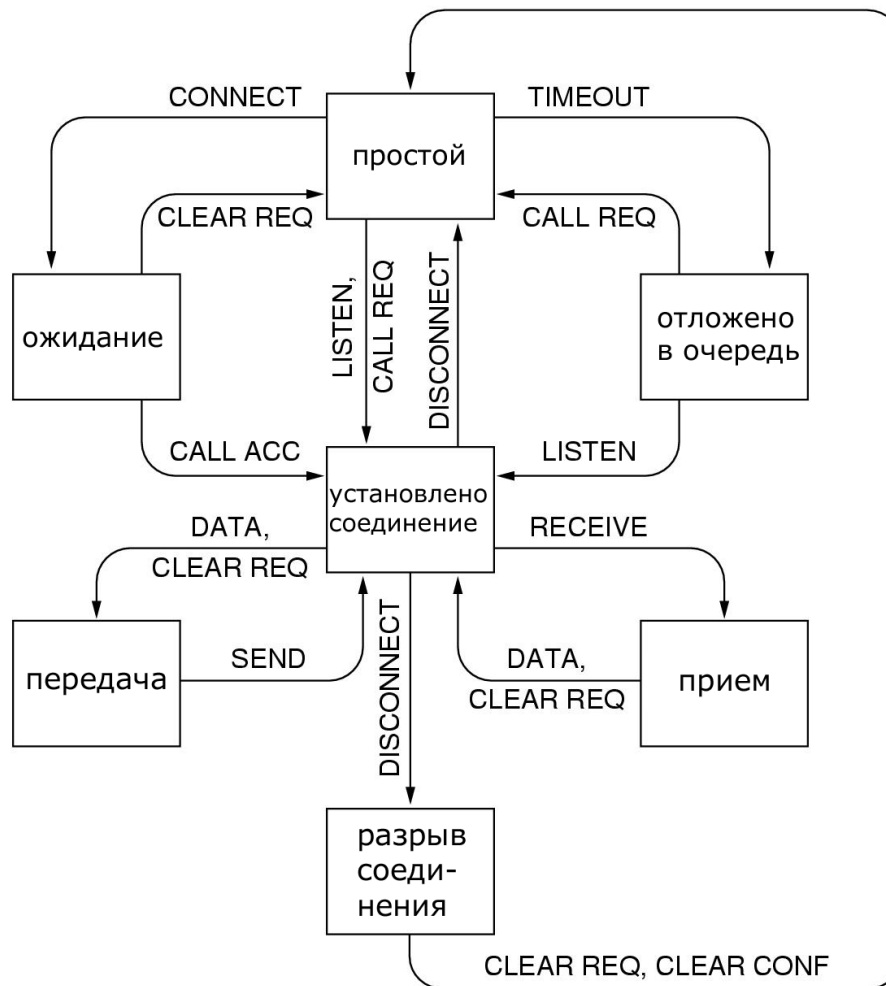


а



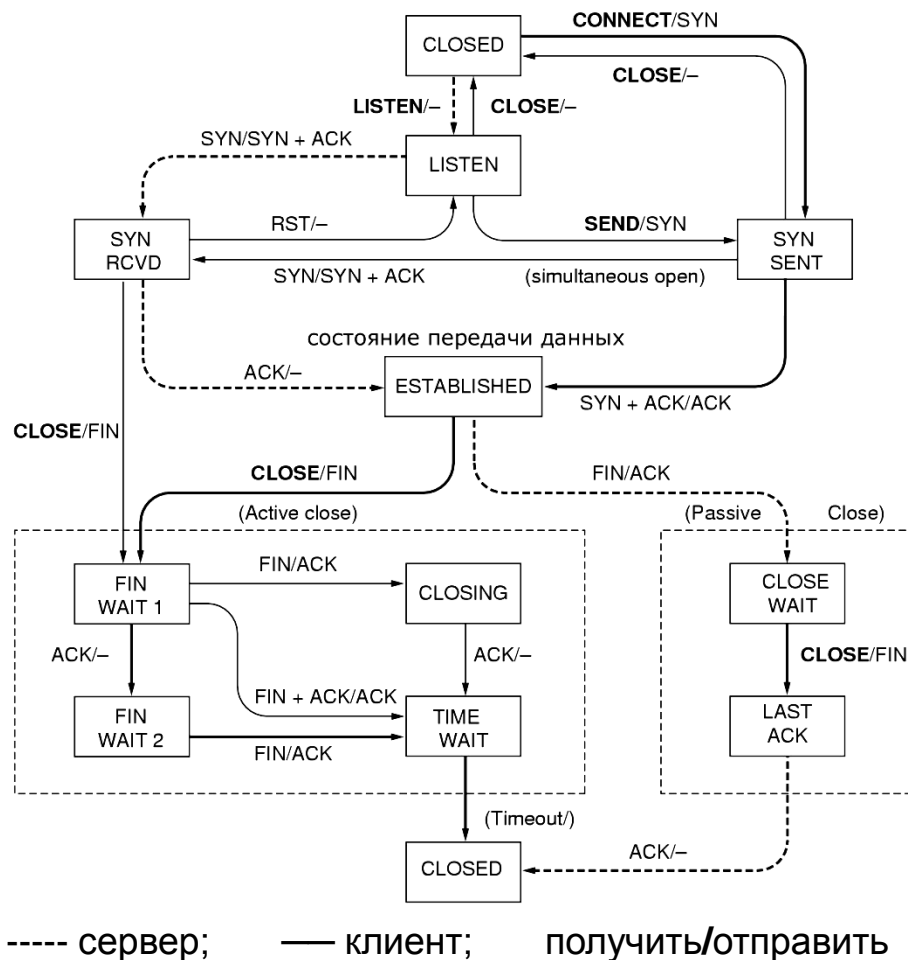
б

# Машина состояний некоторого транспортного протокола





# Машина состояний TCP



## TCP состояния:

LISTENING  
 SYN\_SENT  
 SYN\_RECEIVED  
 ESTABLISHED  
 FIN\_WAIT  
 FIN\_WAIT2  
 CLOSE\_WAIT  
 CLOSING  
 LAST\_ACK  
 TIME\_WAIT  
 CLOSED

## Алгоритм установки соединения:

- Клиент посылает SYN-сегмент.
- Сервер отвечает, посылая свой SYN-сегмент, содержащий ISN (initial sequence number - первоначальный порядковый номер). Как правило, это случайное число, что бы усложнить атаки с помощью подмены IP-адреса.
- Клиент отправляет подтверждение получения SYN-сегмента от сервера с номером подтверждения AS=ISN +1.
- Начинается передача данных.

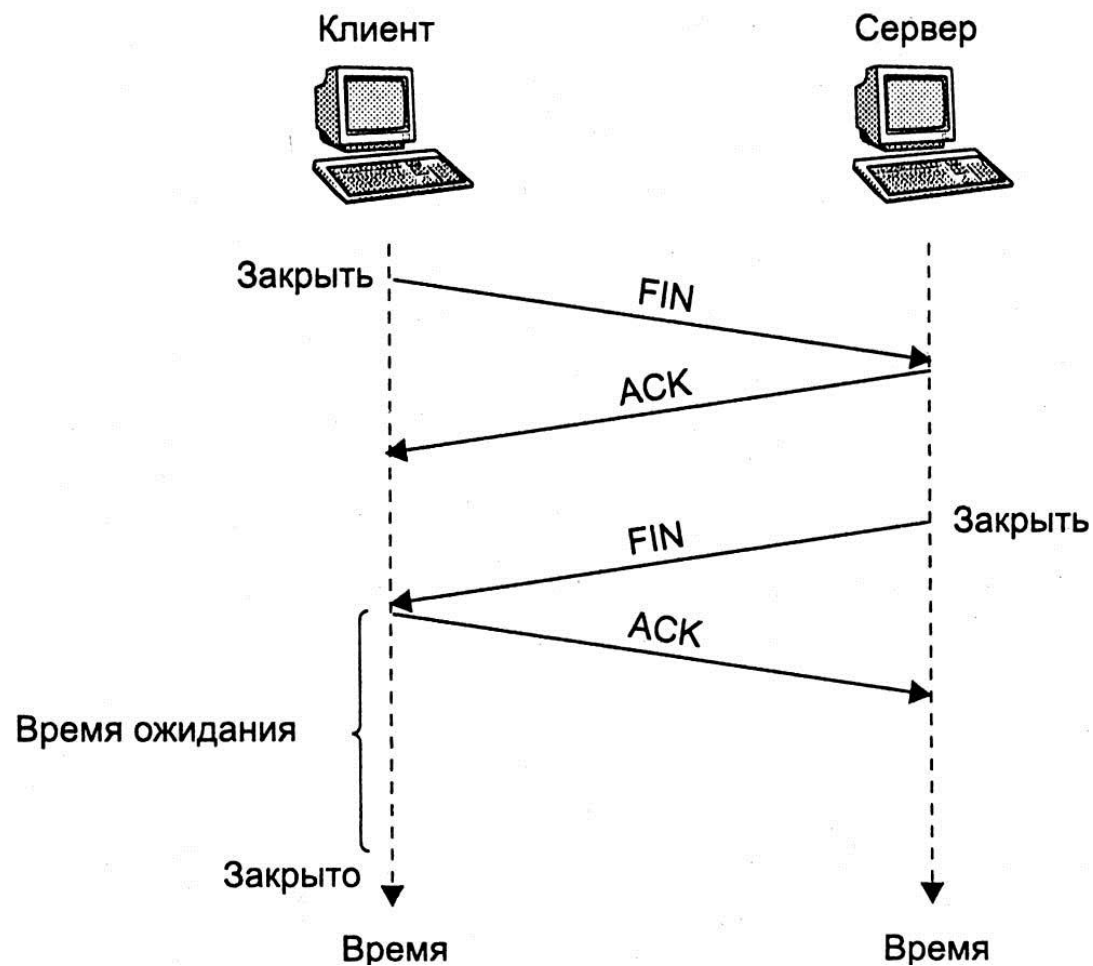
# Состояния TCP

- LISTENING - ожидание запроса на соединение от удаленного TCP-модуля.
- SYN\_SENT - ожидание ответа на соединение, после отправки запроса на соединение.
- SYN\_RECEIVED - ожидание подтверждения на соединение, после отправки обоих предыдущих запросов.
- ESTABLISHED - состояние установленного соединения, стадия передачи данных.
- FIN\_WAIT - ожидание запроса завершения соединения от удаленного TCP-модуля, или подтверждения запроса завершения соединения, предварительно посланного.
- FIN\_WAIT\_2 - ожидание запроса завершения соединения от удаленного TCP-модуля.
- CLOSE\_WAIT - ожидание запроса завершения соединения от локального пользователя..
- CLOSING - ожидание подтверждения запроса завершения соединения от удаленного TCP-модуля.
- LAST\_ACK - ожидание подтверждения запроса завершения соединения, предварительно посланного удаленному TCP-модулю (который включает подтверждение его запроса завершения соединения).
- TIME\_WAIT - время ожидания получения удаленным TCP-модулем подтверждения его запроса завершения соединения.
- CLOSED - TCP-модуль закрыт для подключения.

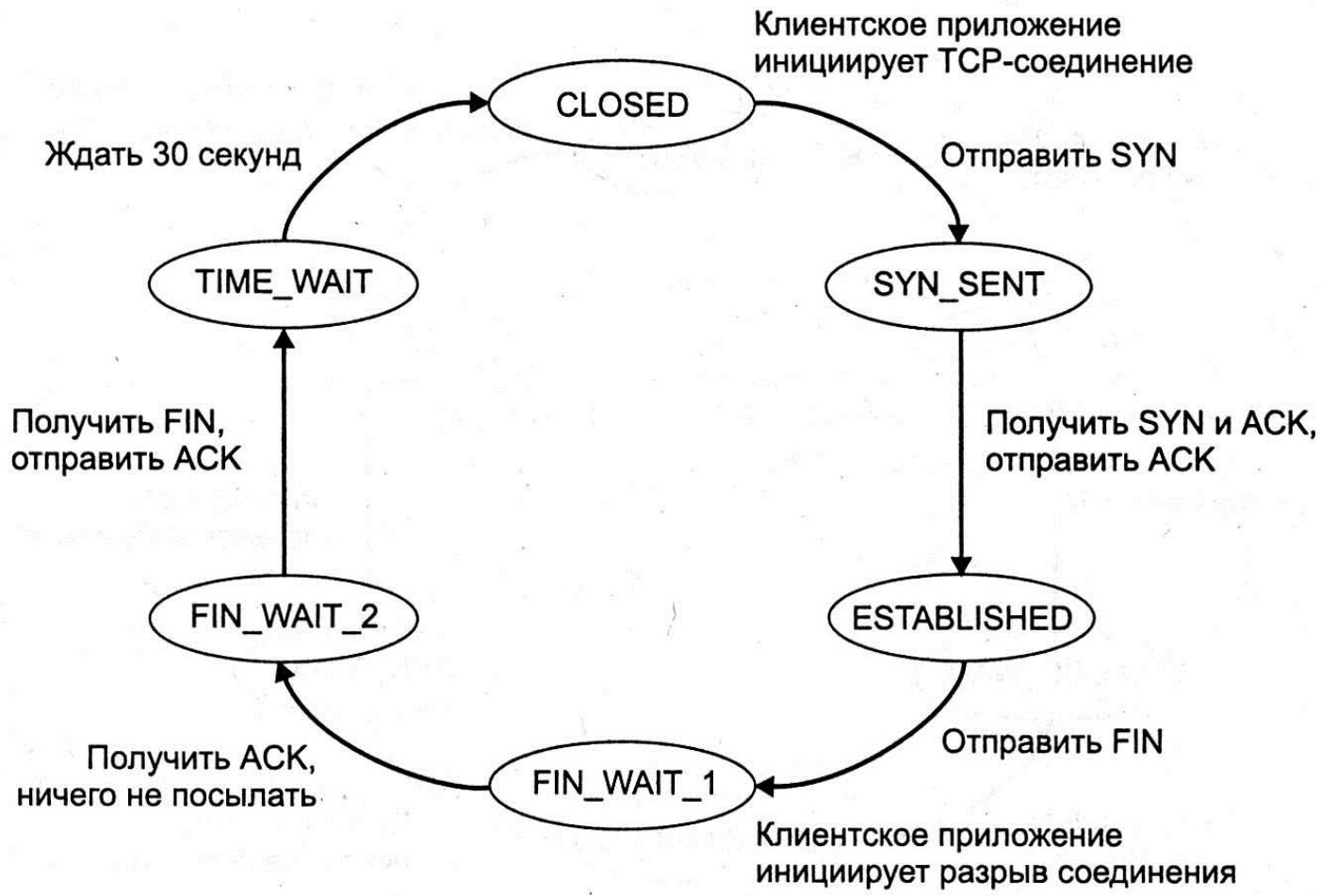
# Тройное рукопожатие TCP



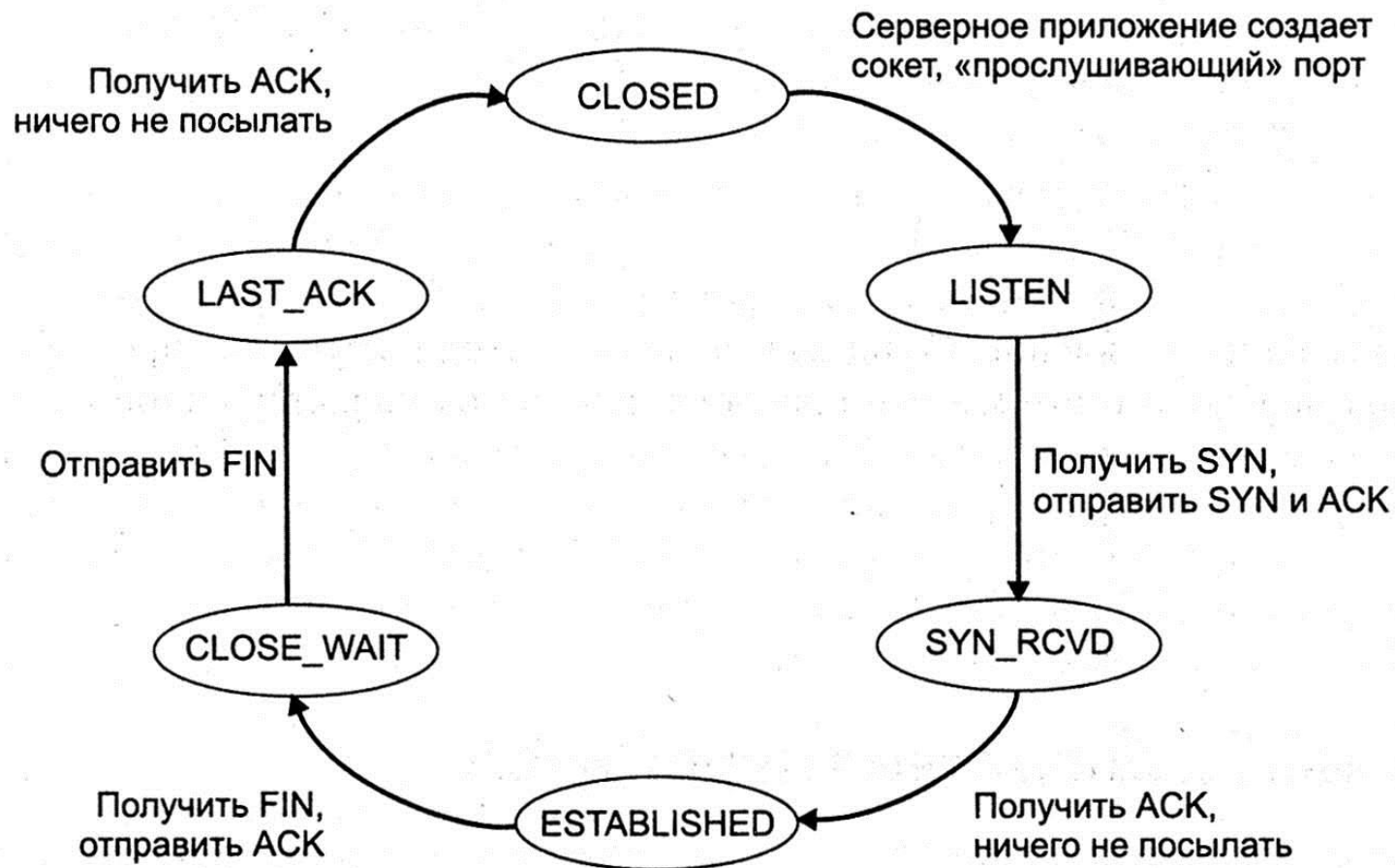
# Завершение TCP соединения



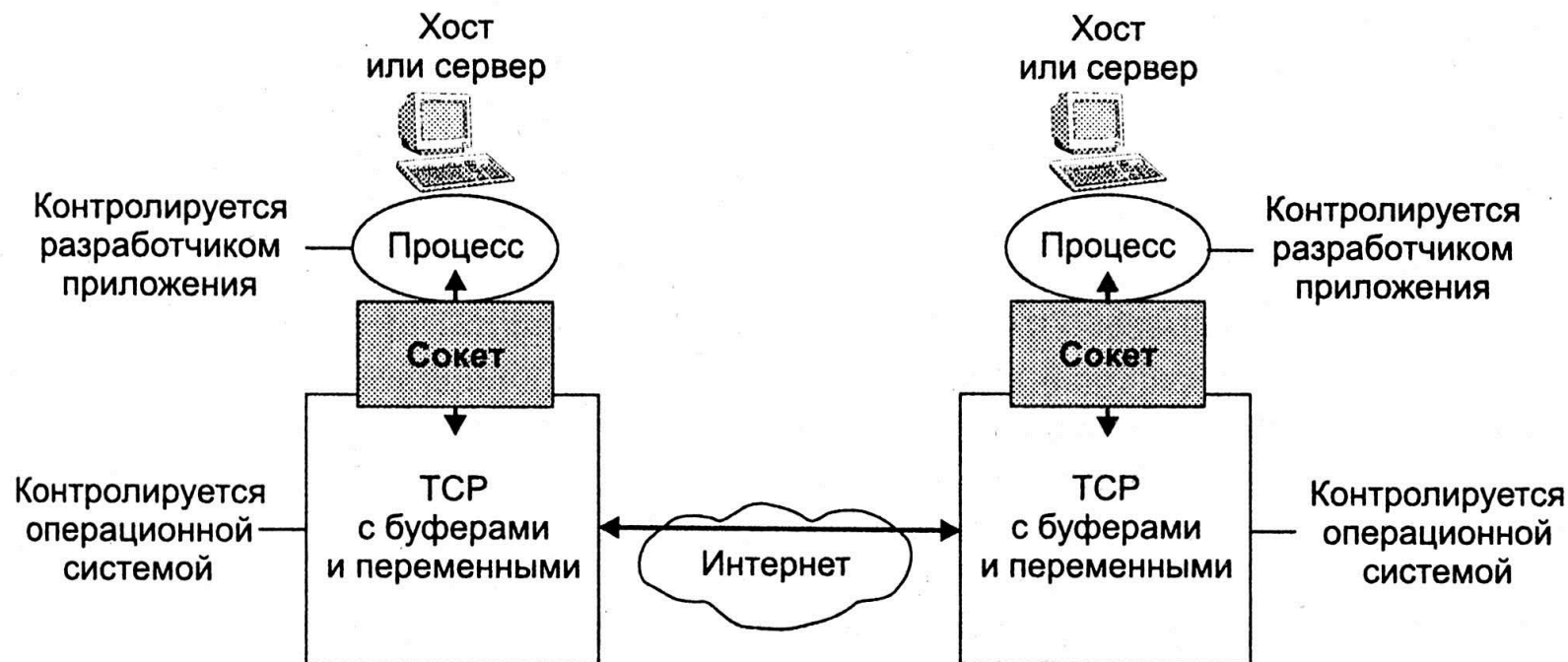
# Последовательность состояний TCP клиента



# Последовательность состояний TCP сервера



# Процессы приложения, сокеты и протокол транспортного уровня

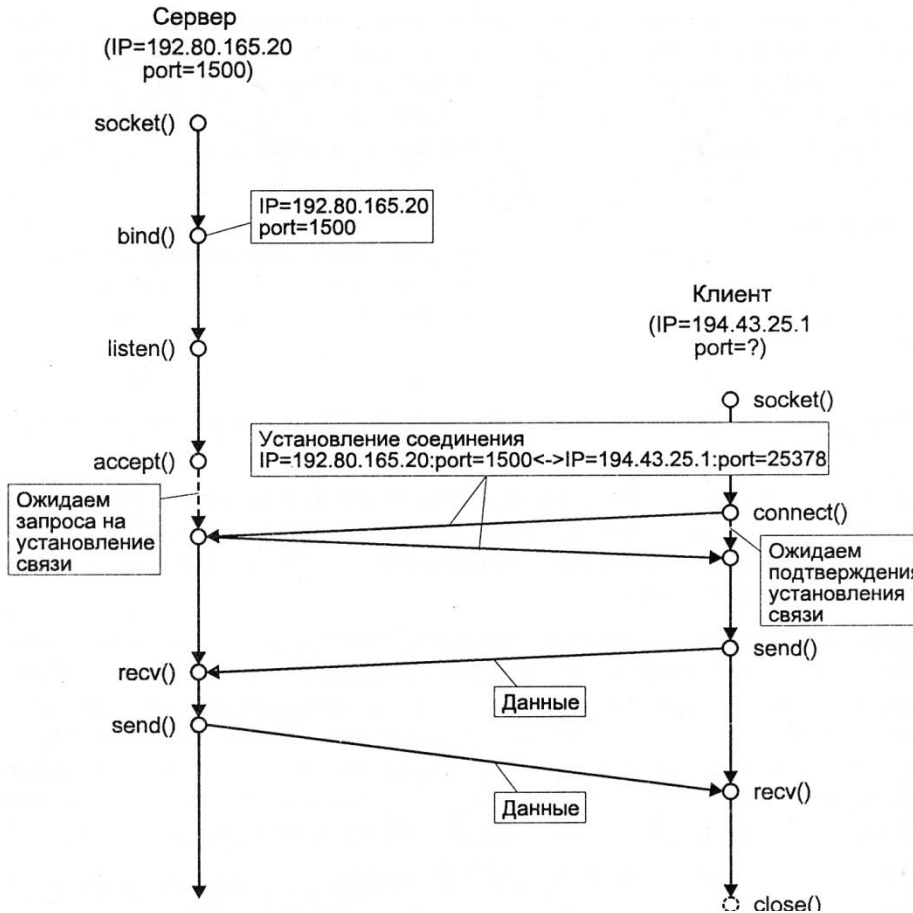


Сокет - конечная точка сетевых коммуникаций

-имеет тип и ассоциированный с ним процесс.

- существуют внутри коммуникационных доменов: *UNIX, Internet*

# Программирование с использованием BSD сокетов

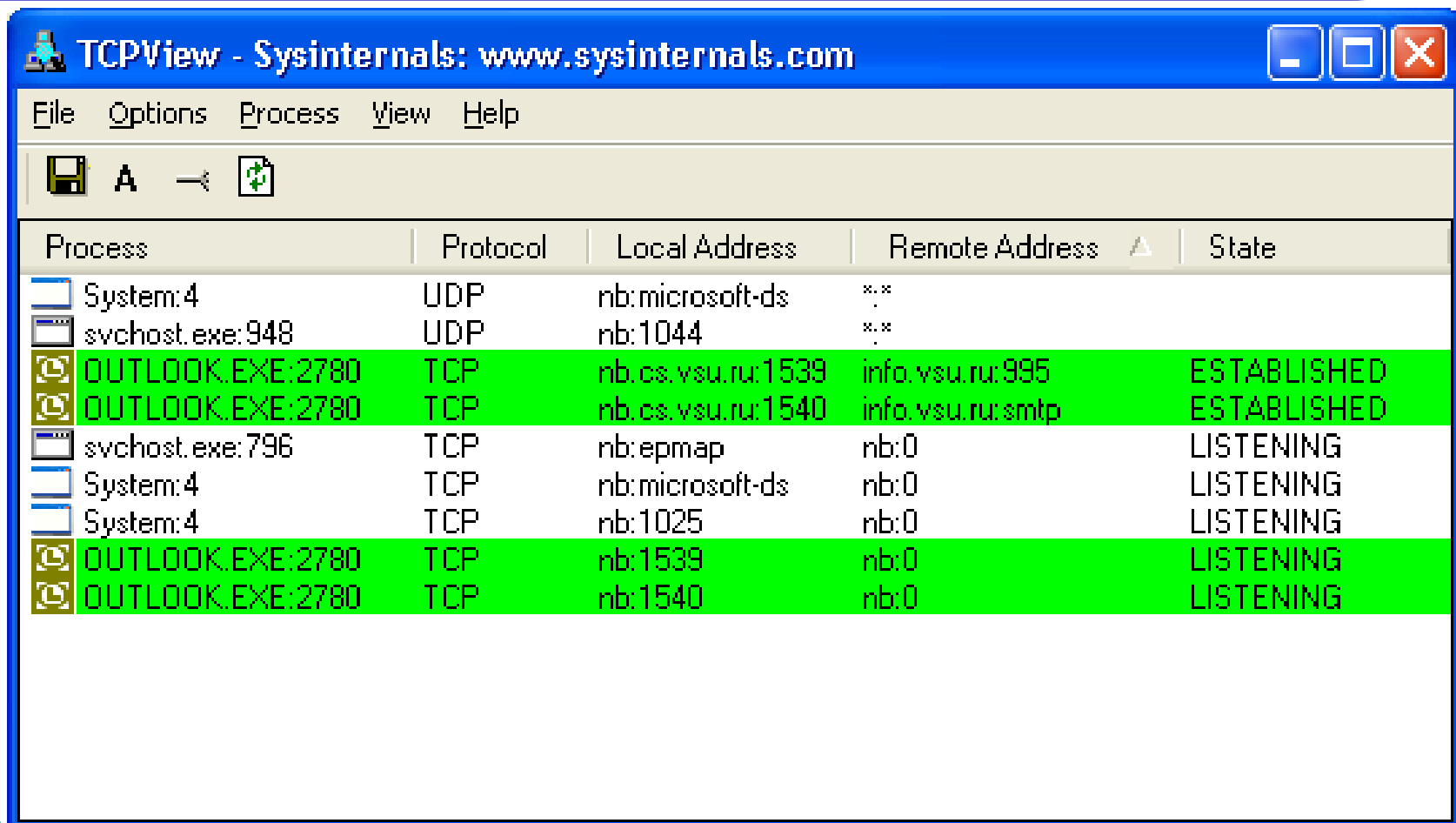


```
main()
{
    int s,ns,pid,nport;
    struct sockaddr_in serv_addr,clnt_addr;
    struct hostent *hp;
    char buff[80],hname[80];

    nport=1500;
    nport=htons((u_short)nport);
    s=socket(AF_INET,SOCK_STREAM,0);
    bzero(&serv_addr,sizeof(serv_addr));
    serv_addr.sin_family=AF_INET;
    serv_addr.sin_addr.s_addr=INADDR_ANY;
    serv_addr.sin_port=nport;
    bind(s,(struct sockaddr *)&serv_addr,sizeof(serv_addr));
    printf("Server is OK!\n");
    listen(s,5);
    while(1)
    {
        int addrlen;
        addrlen=sizeof(clnt_addr);
        bzero(&clnt_addr,sizeof(clnt_addr));
        ns=accept(s,(struct sockaddr *)&clnt_addr,&addrlen);
        pid=fork();
        if (pid==0)
        {
            int nbytes,font;
            while (nbytes=(recv(ns,buff,sizeof(buff),0))!=0)
            {
                send(ns,buff,nbytes,0);
            }
            close(ns);
            exit(0); }
        close(ns);
    }
}
```



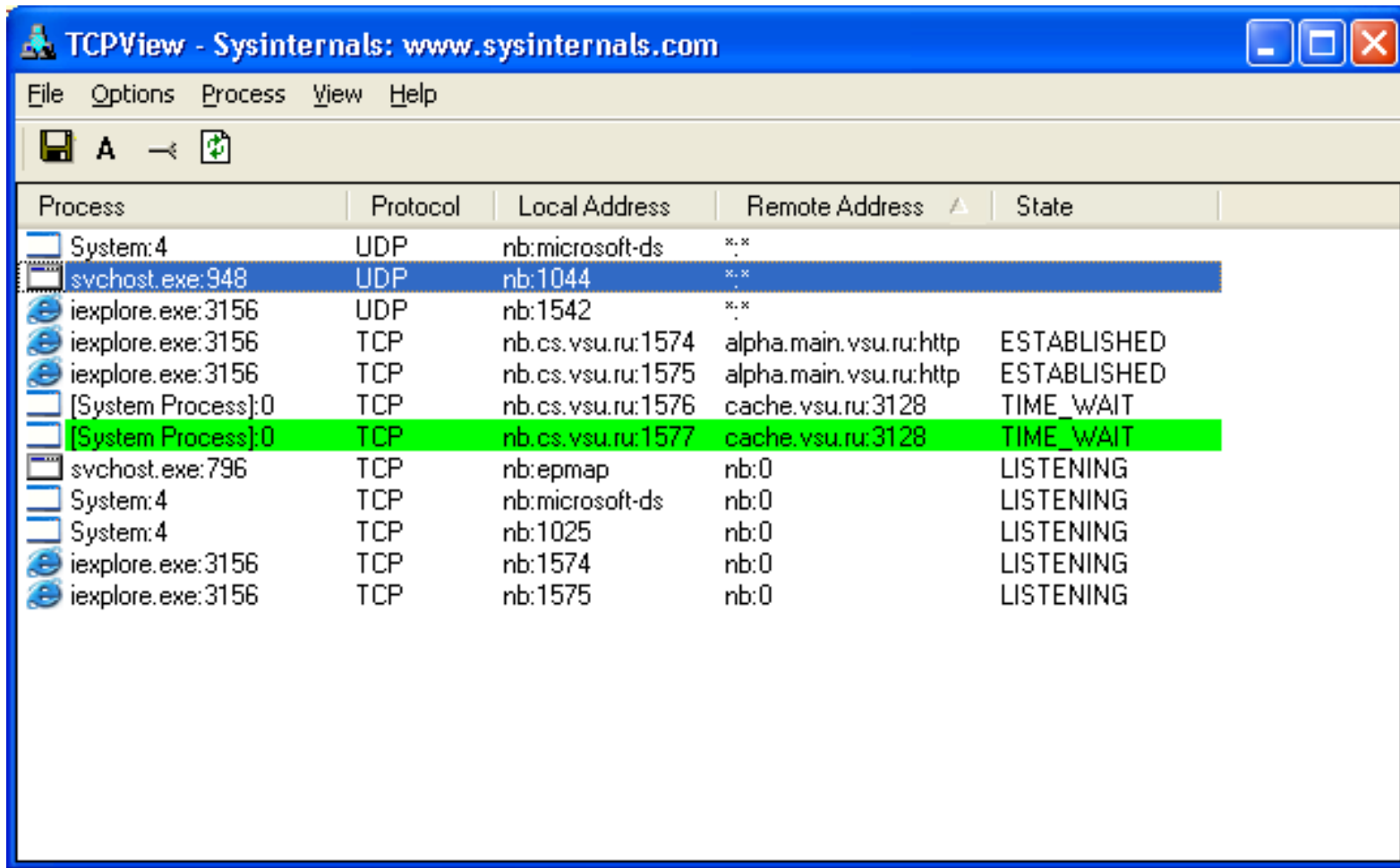
# ТСР соединения при отправке и доставке почты по SMTP и POP



The screenshot shows the TCPView application window with the following menu items: File, Options, Process, View, Help. The main display area contains a table of active network connections. The table has five columns: Process, Protocol, Local Address, Remote Address, and State. Several rows are highlighted in green, indicating active connections.

Process	Protocol	Local Address	Remote Address	State
System: 4	UDP	nb:microsoft-ds	*.*	
svchost.exe: 948	UDP	nb:1044	*.*	
OUTLOOK.EXE: 2780	TCP	nb.cs.vsu.ru:1539	info.vsu.ru:995	ESTABLISHED
OUTLOOK.EXE: 2780	TCP	nb.cs.vsu.ru:1540	info.vsu.ru:smtp	ESTABLISHED
svchost.exe: 796	TCP	nb:epmap	nb:0	LISTENING
System: 4	TCP	nb:microsoft-ds	nb:0	LISTENING
System: 4	TCP	nb:1025	nb:0	LISTENING
OUTLOOK.EXE: 2780	TCP	nb:1539	nb:0	LISTENING
OUTLOOK.EXE: 2780	TCP	nb:1540	nb:0	LISTENING

# ТСР соединения протокола передачи гипертекста HTTP

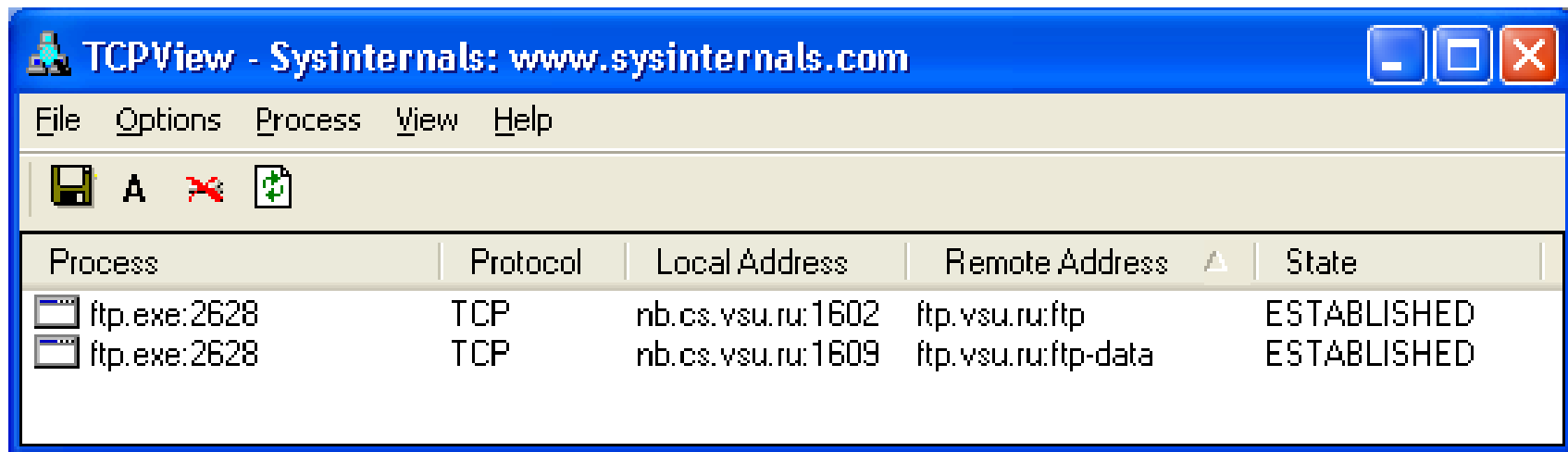


The screenshot shows the TCPView application window with the following table of connections:

Process	Protocol	Local Address	Remote Address	State
System:4	UDP	nb:microsoft-ds	*.*	
svchost.exe:948	UDP	nb:1044	*.*	
ieexplore.exe:3156	UDP	nb:1542	*.*	
ieexplore.exe:3156	TCP	nb.cs.vsu.ru:1574	alpha.main.vsu.ru:http	ESTABLISHED
ieexplore.exe:3156	TCP	nb.cs.vsu.ru:1575	alpha.main.vsu.ru:http	ESTABLISHED
[System Process]:0	TCP	nb.cs.vsu.ru:1576	cache.vsu.ru:3128	TIME_WAIT
[System Process]:0	TCP	nb.cs.vsu.ru:1577	cache.vsu.ru:3128	TIME_WAIT
svchost.exe:796	TCP	nb:epmap	nb:0	LISTENING
System:4	TCP	nb:microsoft-ds	nb:0	LISTENING
System:4	TCP	nb:1025	nb:0	LISTENING
ieexplore.exe:3156	TCP	nb:1574	nb:0	LISTENING
ieexplore.exe:3156	TCP	nb:1575	nb:0	LISTENING

# TCP соединения протокола FTP

- управляющий канал – TCP-порт №21
- канал передачи данных - TCP-порт №20



The screenshot shows the TCPView application window with the following table of active connections:

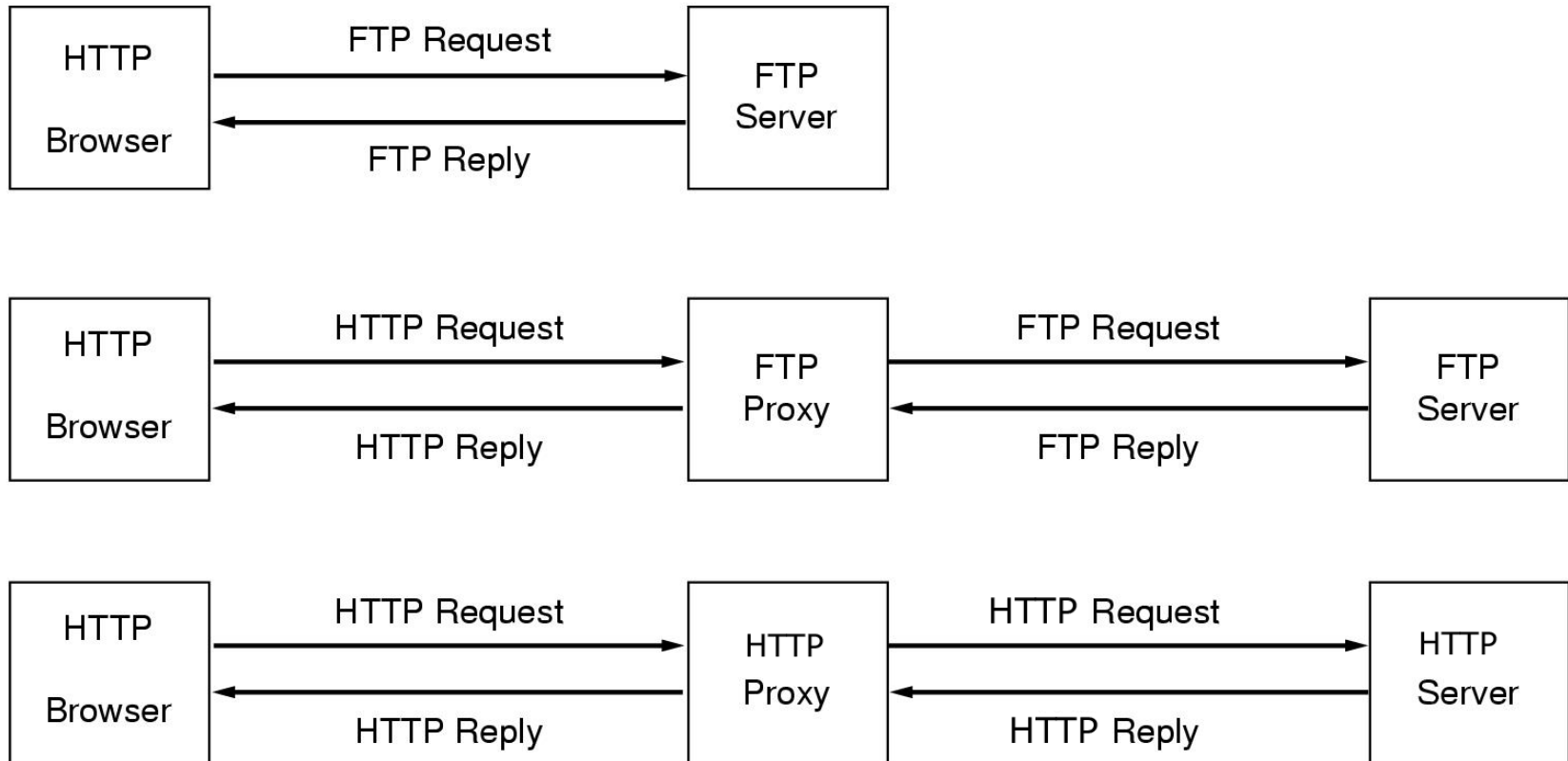
Process	Protocol	Local Address	Remote Address	State
ftp.exe:2628	TCP	nb.cs.vsu.ru:1602	ftp.vsu.ru:ftp	ESTABLISHED
ftp.exe:2628	TCP	nb.cs.vsu.ru:1609	ftp.vsu.ru:ftp-data	ESTABLISHED

```
C:\>netstat
```

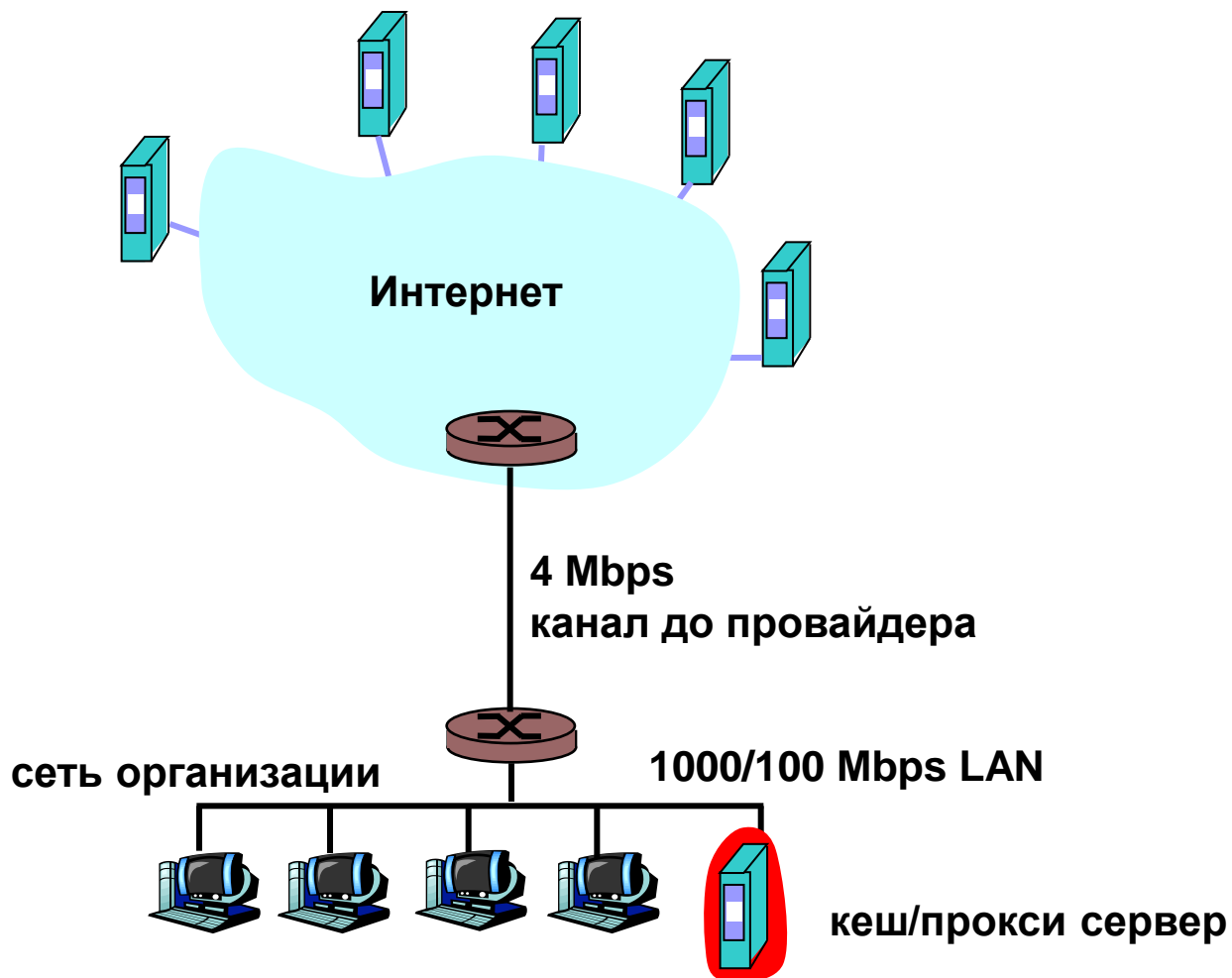
```
Active Connections
```

```
Proto Local Address Foreign Address State
TCP nb:1614 ftp.vsu.ru:ftp ESTABLISHED
TCP nb:1618 ftp.vsu.ru:ftp-data ESTABLISHED
```

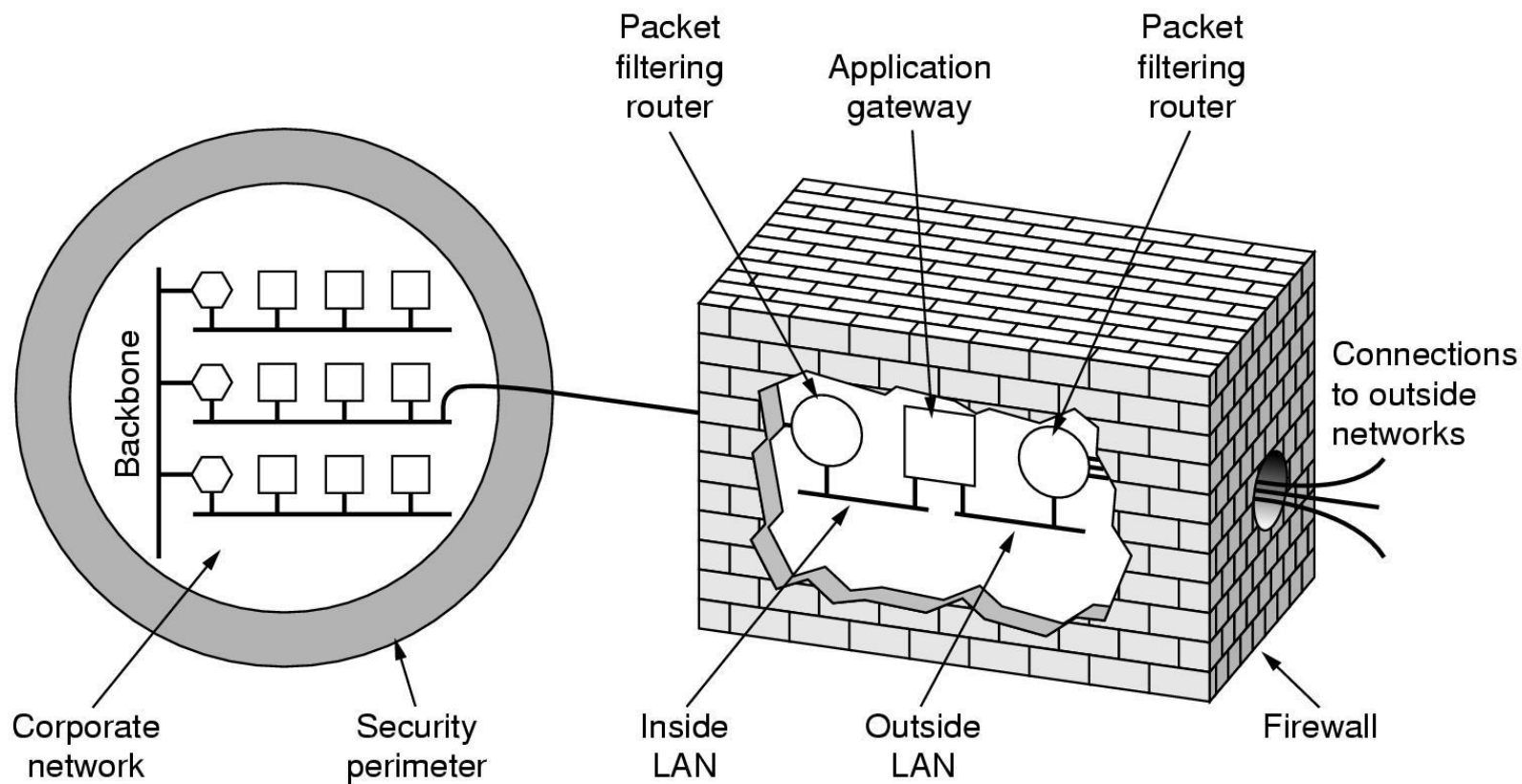
# Использование прокси-сервера



# Web cache/проxy серверы

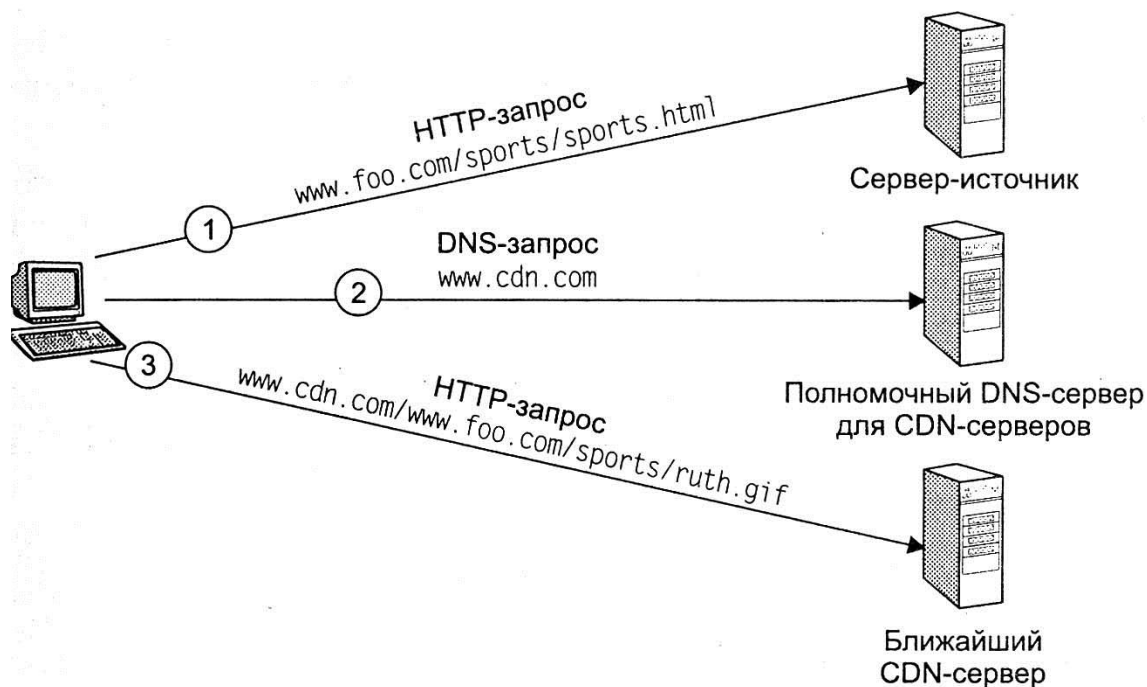


# Обеспечение безопасности в intranet сетях (Firewall, Proxy)



# Content Distribution Network (CDN)

- Content Distribution Network (CDN) – сети распределения. Предназначены для сокращения времени доставки востребованных пользователями ресурсов Интернет. Пример – Akamai. Полномочный DNS-сервер определяет ближайший CDN-сервер и передает его IP-адрес в ответ на DNS-запрос.



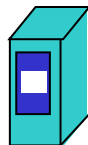
# ICMP: Internet Control Message Protocol

Тип	Код	Описание
0	0	эхо ответ (ping)
3	0	сеть недоступна
3	1	узел недоступен
3	2	протокол недоступен
3	3	порт недоступен
3	6	сеть неизвестна
3	7	узел неизвестен
4	0	подавление источника
8	0	эхо запрос (ping)
9	0	оповещение о маршруте
10	0	поиск маршрута
11	0	TTL закончилось
12	0	ошибка заголовка



# DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol

DHCP server: 62.76.175.204



DHCP discover

```
src : 0.0.0.0
dest.: 255.255.255.255
yiaddr: 0.0.0.0
transaction ID: 654
```

НОВЫЙ КЛИЕНТ



DHCP offer

```
src: 62.76.175.204
dest: 255.255.255.255
yiaddr: 62.76.175.111
transaction ID: 654
Lifetime: 3600 secs
```

DHCP request

```
src: 0.0.0.0
dest.: 255.255.255.255
yiaddr: 62.76.175.111
transaction ID: 655
Lifetime: 3600 secs
```

DHCP ACK

```
src: 62.76.175.204
dest: 255.255.255.255
yiaddr: 62.76.175.111
transaction ID: 655
Lifetime: 3600 secs
```

время

# APIPA – Automatic Private IP Addressing

- APIPA – служба для обеспечения работы локальной сети в случае, когда нет сервера DHCP и компьютеры настроены на автоматическое получение IP-адресов.
- Компьютерам сети назначаются свободные адреса 169.254/16
- Предназначена для небольших одноранговых сетей и может использоваться вместо службы DHCP для назначения IP-адресов.
- Каждые 5 минут проверяет наличие DHCP-сервера и если таковой обнаружится, управление получением IP-адреса будет передано ему.

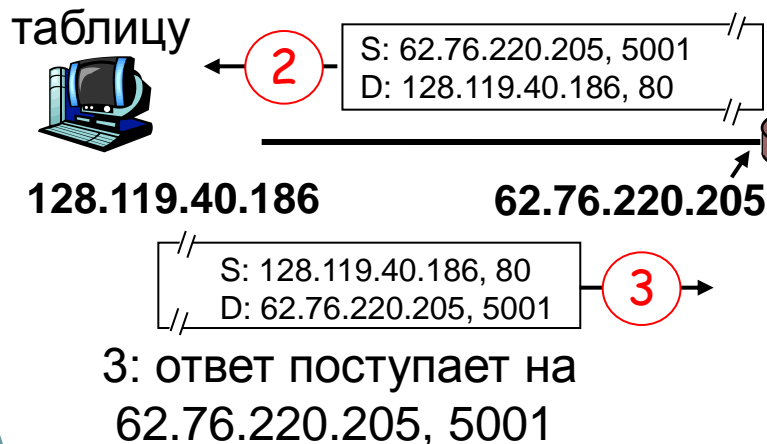
# NAT: Network Address Translation (вариант PAT или overload)

## 2. NAT

маршрутизатор  
изменяет адрес  
источника в  
дейтаграмме  
с 10.0.0.1, 3345 на  
62.76.220.205, 5001,  
актуализирует  
таблицу

NAT таблица	
WAN адрес	LAN адрес
62.76.220.205, 5001	10.0.0.1, 3345
.....	.....

1: Узел 10.0.0.1  
посылает данные на  
веб-сервер  
128.119.40.186, 80



4: NAT маршрутизатор  
изменяет адрес  
назначения в дейтаграмме с  
62.76.220.205, 5001 на 10.0.0.1, 3345

**Типы: динам., стат., PAT**

# Обозначения сетевых ресурсов Internet

- URL (Uniform Resource Locator) состоит из следующих частей:
  - протокол доступа к ресурсу (http, gopher, WAIS, ftp, file, telnet и др.)
  - сетевой адрес ресурса (host.domain)
  - путь к файлу на сервере

**method://user:password@host.domain:port/path/filename**

например: <http://www.vsu.ru/>, <ftp://ftp.vsu.ru/pub/music/>

- Наиболее распространенные методы-протоколы:
  - file - файл в локальной файловой системе или файл на FTP сервере
  - http - файл на сервере World Wide Web
  - gopher - файл на сервере Gopher
  - WAIS - файл на сервере WAIS (Wide Area Information Server)
  - news - группы новостей Usenet
  - telnet - подключение к серверу Telnet

# Обозначения сетевых ресурсов в операционных системах Microsoft

- Microsoft UNC (Universal Naming Convention)
  - Для обозначения имен сетевых ресурсов: файлов, каталогов, принтеров и т.п.) Microsoft определила формат UNC (Universal Naming Convention).
  - Синтаксис UNC - \\SERVERNAME\SHARENAME, где SERVERNAME имя компьютера, а SHARENAME - имя разделяемого сетевого ресурса. UNC имя каталога или файла включают путь к каталогу и/или файлу после имени ресурса:
  - \\SERVERNAME\SHARENAME\DIRECTORY\FILENAME.
- В ОС MS Windows файловые сетевые ресурсы можно отображать на локальные диски с помощью программы net:
  - NET USE K: \\62.76.220.206\Distrib /USER:ivanov

# Ссылки

- Семенов Ю.А. (ГНЦ ИТЭФ), <http://book.itep.ru/1/intro1.htm>
- РосНИИРОС, базы данных службы WHOIS <http://www.ripn.ru/> -> Регистрация доменов  
-> WHOIS DB
- RIPE NCC, база данных службы WHOIS <http://www.ripe.net/> -> WHOIS DB
- Текущее состояние проекта Интернет2 (Абилен) <http://loadrunner.uits.iu.edu/weathermaps/abilene/>
- Карты сетей, <http://www.telegeography.com/maps>
- <http://www.no-ip.com>

# Коммуникационные подсети, уровни ниже сетевого

# Условные обозначения



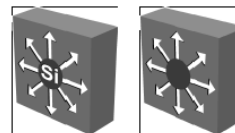
Router



Multiservice  
Switch



Switch



Multilayer Switch



Workgroup  
Switch



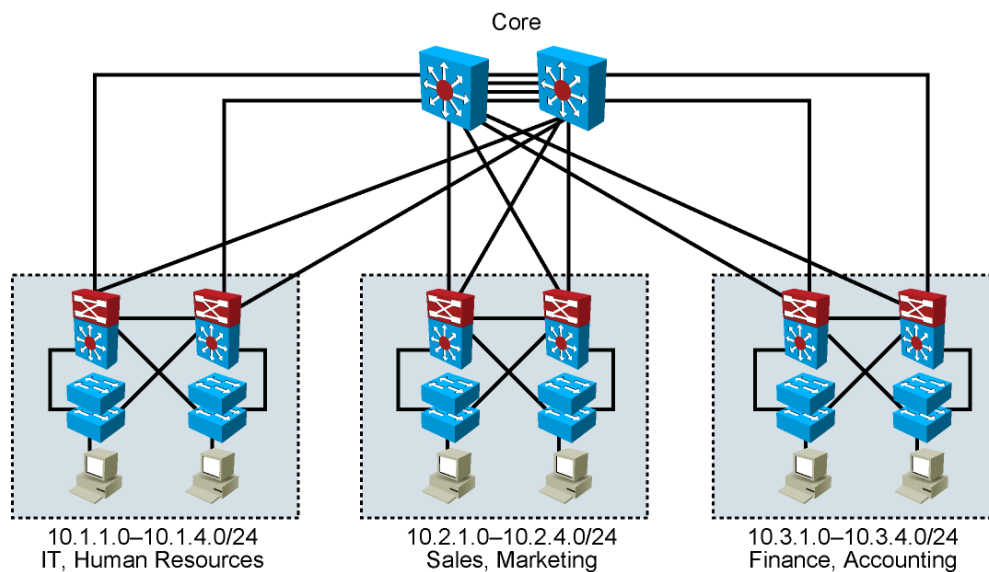
Workgroup  
Switch:  
Voice-Enabled



100BASE-T  
Hub

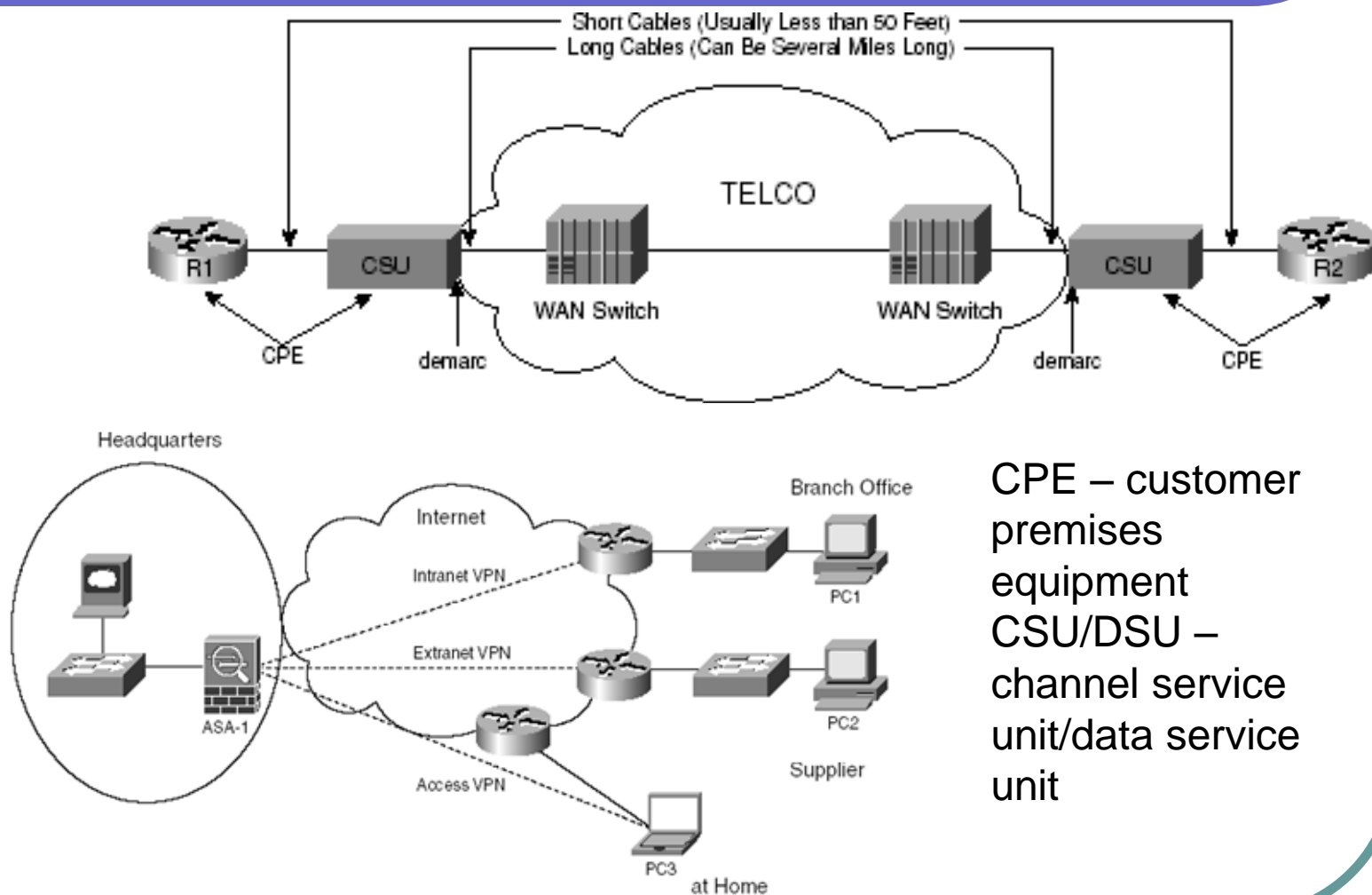


Bridge





# WAN и Internet решения

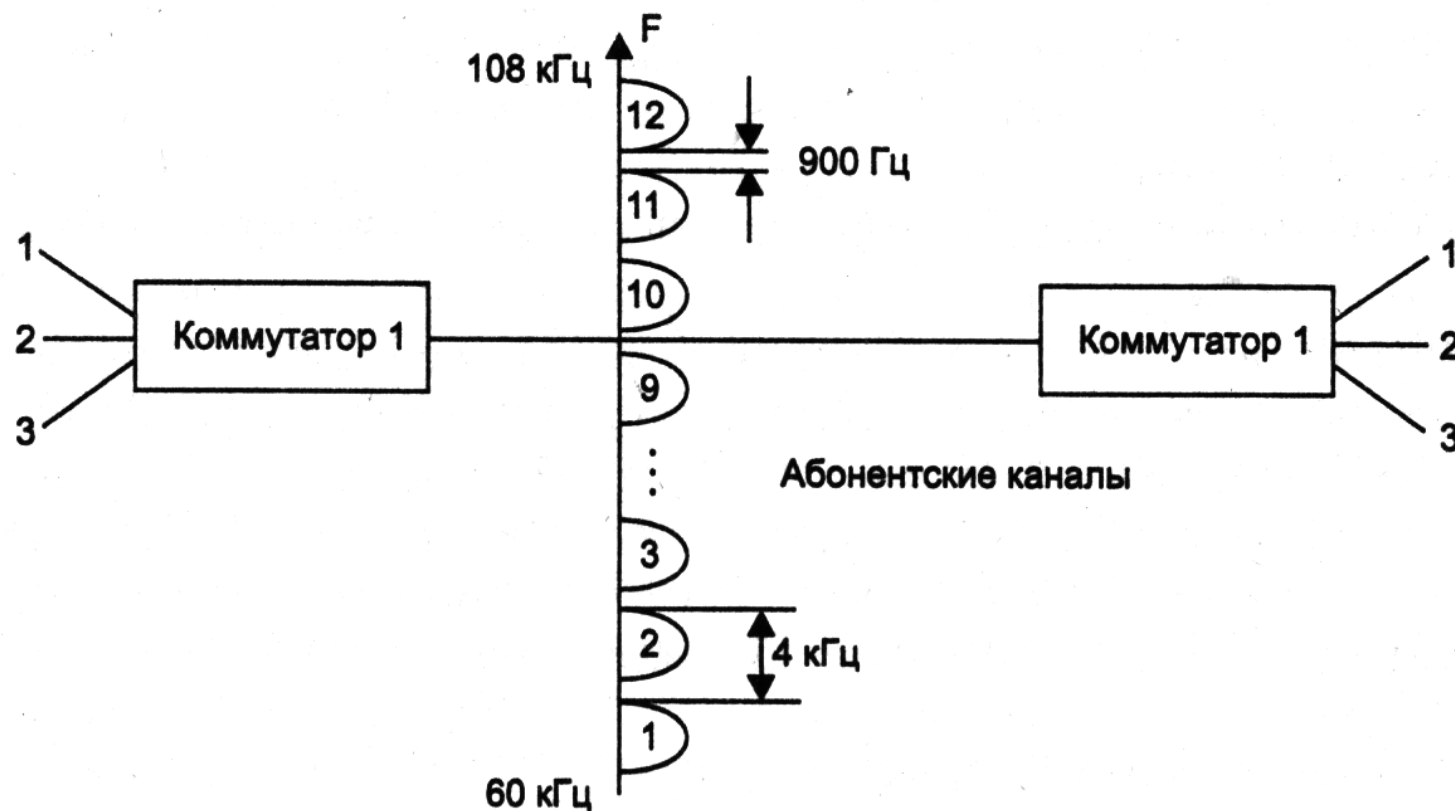


CPE – customer premises equipment  
CSU/DSU – channel service unit/data service unit

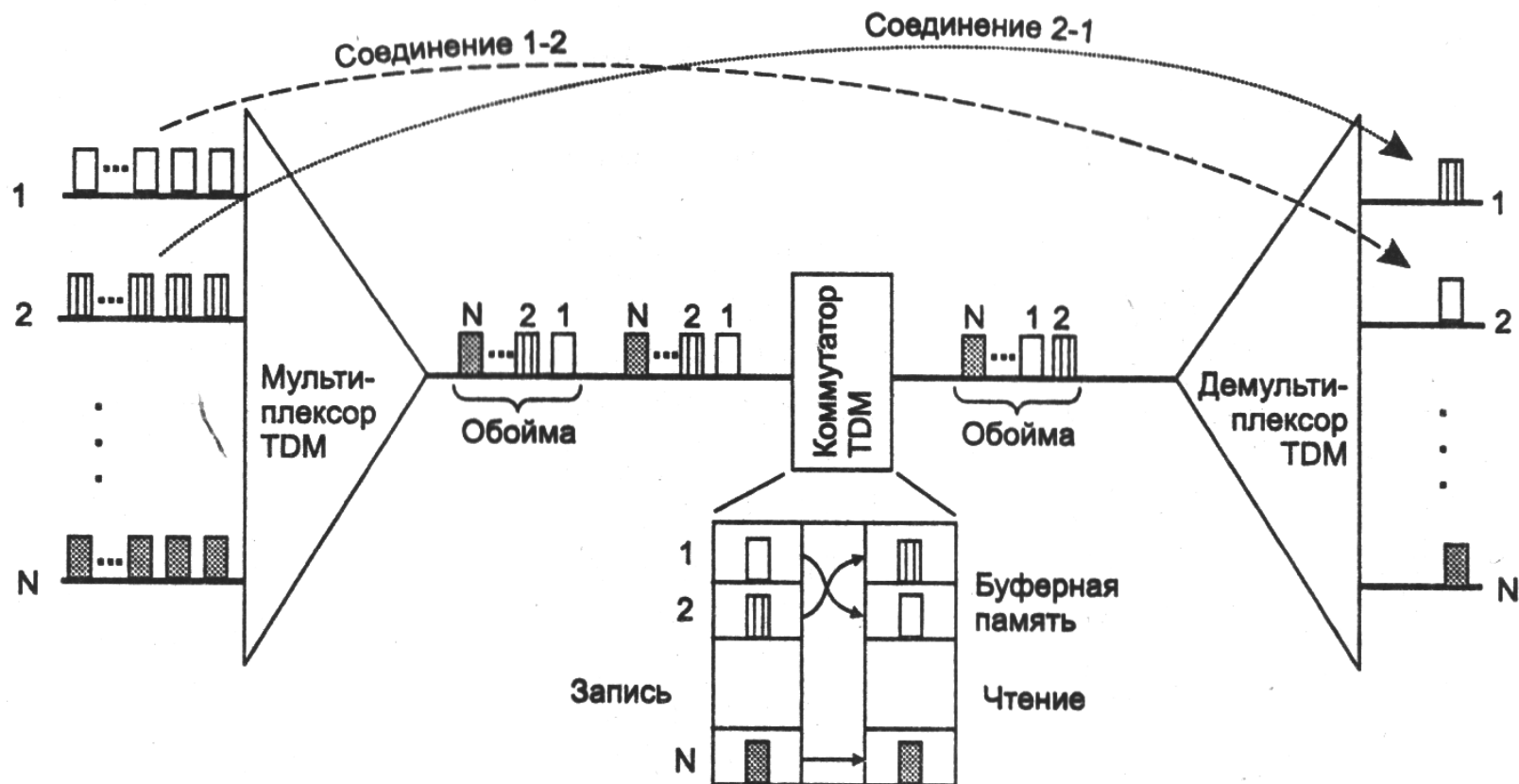
# Коммутация каналов, пакетов, сообщений.

- Коммутация каналов
  - Frequency/Wavelength Division Multiplexing, FDM / WDM)
  - Time Division Multiplexing, TDM, например, Synchronous Transfer Mode, STM
- Коммутация пакетов
  - дейтаграммный режим
  - режим виртуальных цепей/каналов
- Коммутация сообщений

# FDM, частотное уплотнение



# TDM



# Европейские и американские стандартные скорости цифровых потоков (Е-х и Т-х)

Америка				ССТТ (Европа)		
Обозначение скорости	Количество голосовых каналов	Количество каналов предыдущего уровня	Скорость, Мбит/с	Количество голосовых каналов	Количество каналов предыдущего уровня	Скорость, Мбит/с
DS-0	1	1	64 Кбит/с	1	1	64 Кбит/с
DS-1	24	24	1,544	30	30	2,048
DS-2	96	4	6,312	120	4	8,488
DS-3	672	7	44,736	480	4	34,368
DS-4	4032	6	274,176	1920	4	139,264

# Стандартные скорости SDH(ITU-T)/SONET(ANSI)

<b>SDH</b>	<b>SONET</b>	<b>Скорость</b>
—	STS-1, OC-1	51,840 Мбит/с
STM-1	STS-3, OC-3	155,520 Мбит/с
STM-3	STS-9, OC-9	466,560 Мбит/с
STM-4	STS-12, OC-12	622,080 Мбит/с
STM-6	STS-18, OC-18	933,120 Мбит/с
STM-8	STS-24, OC-24	1,244 Гбит/с
STM-12	STS-36, OC-36	1,866 Гбит/с
STM-16	STS-48, OC-48	2,488 Гбит/с

(OC-) = Optical Carrier rate

OC-192 = 9,952 Gbps, OC-255 = 13,21 Gbps

# Применение SONET/SDH

