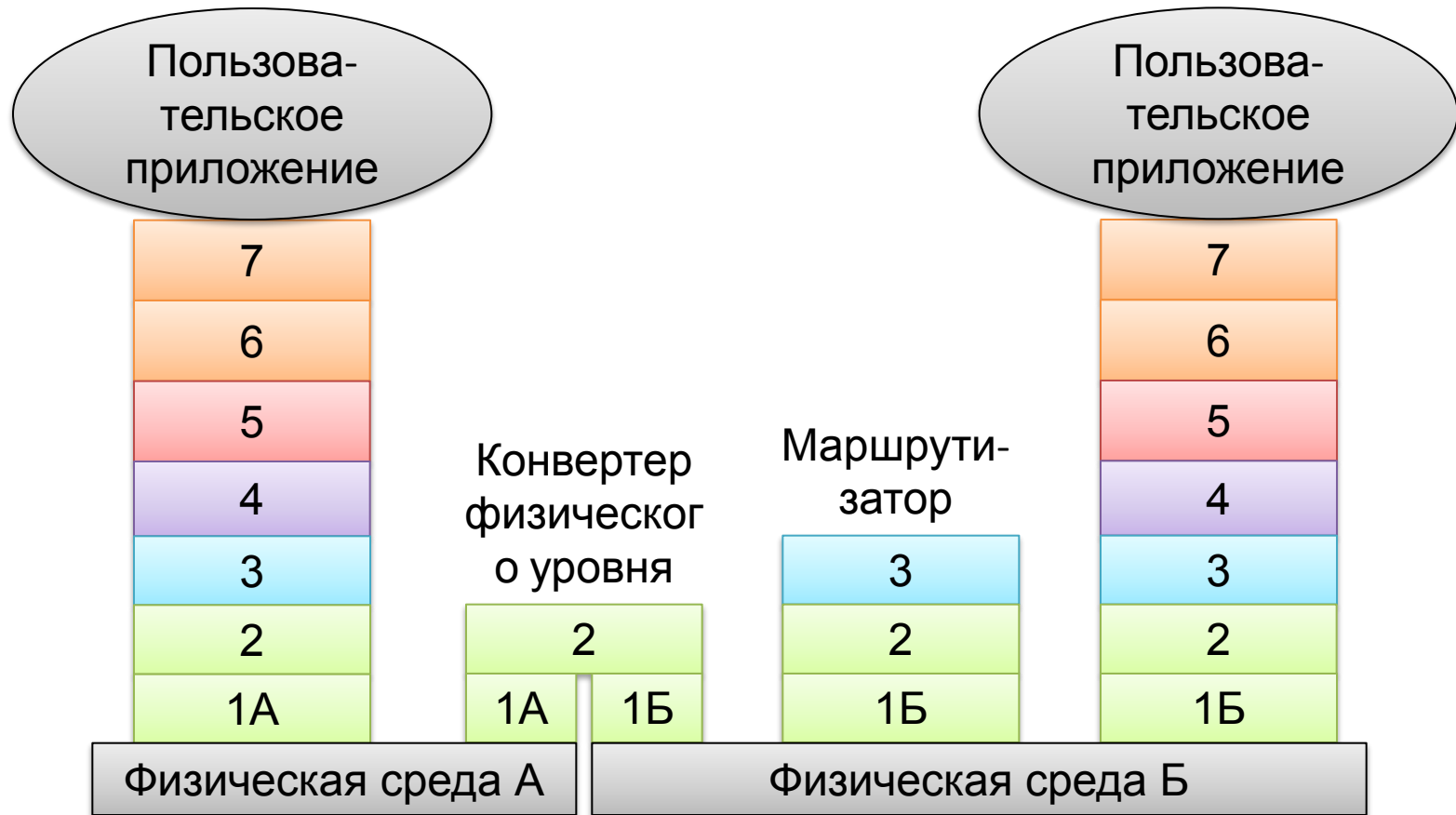
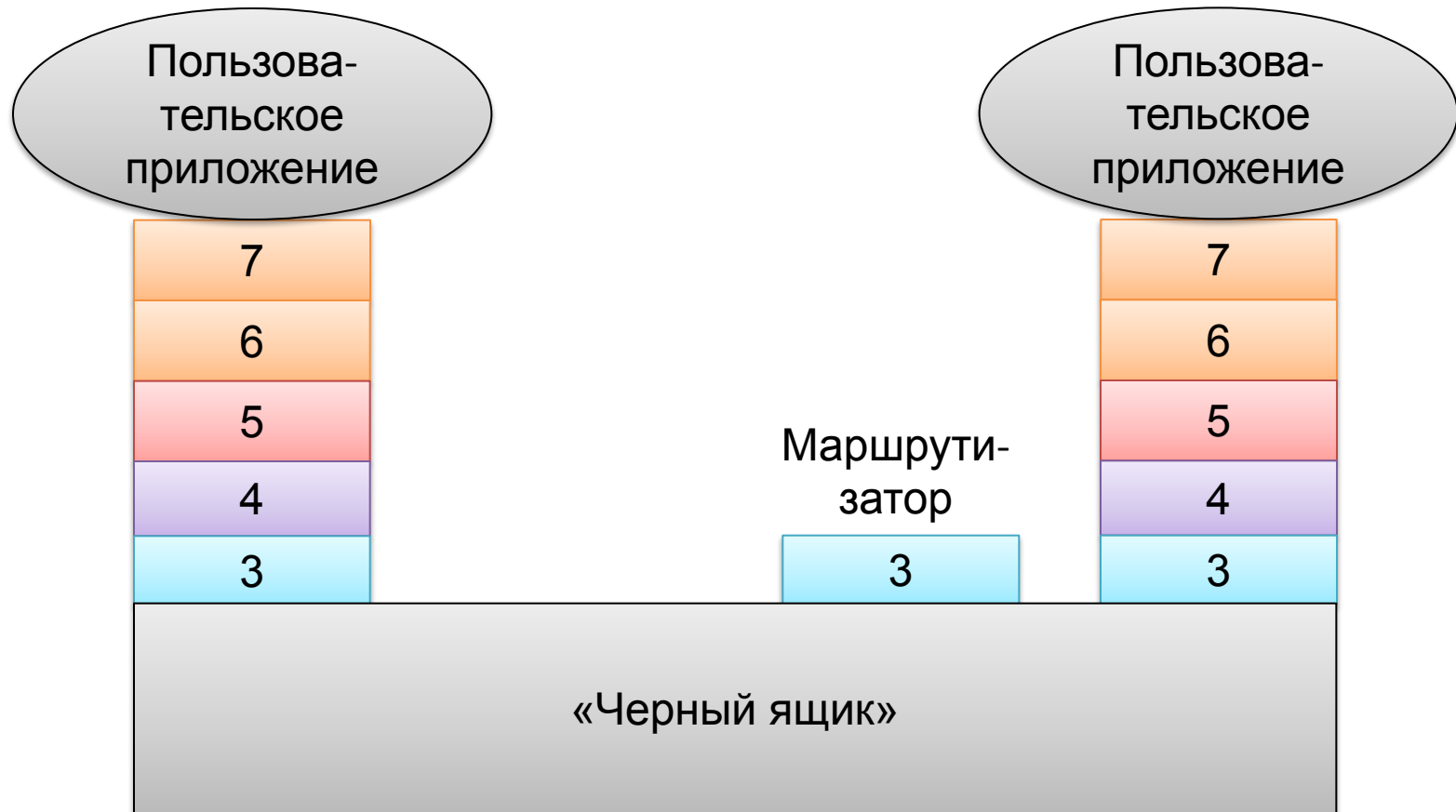


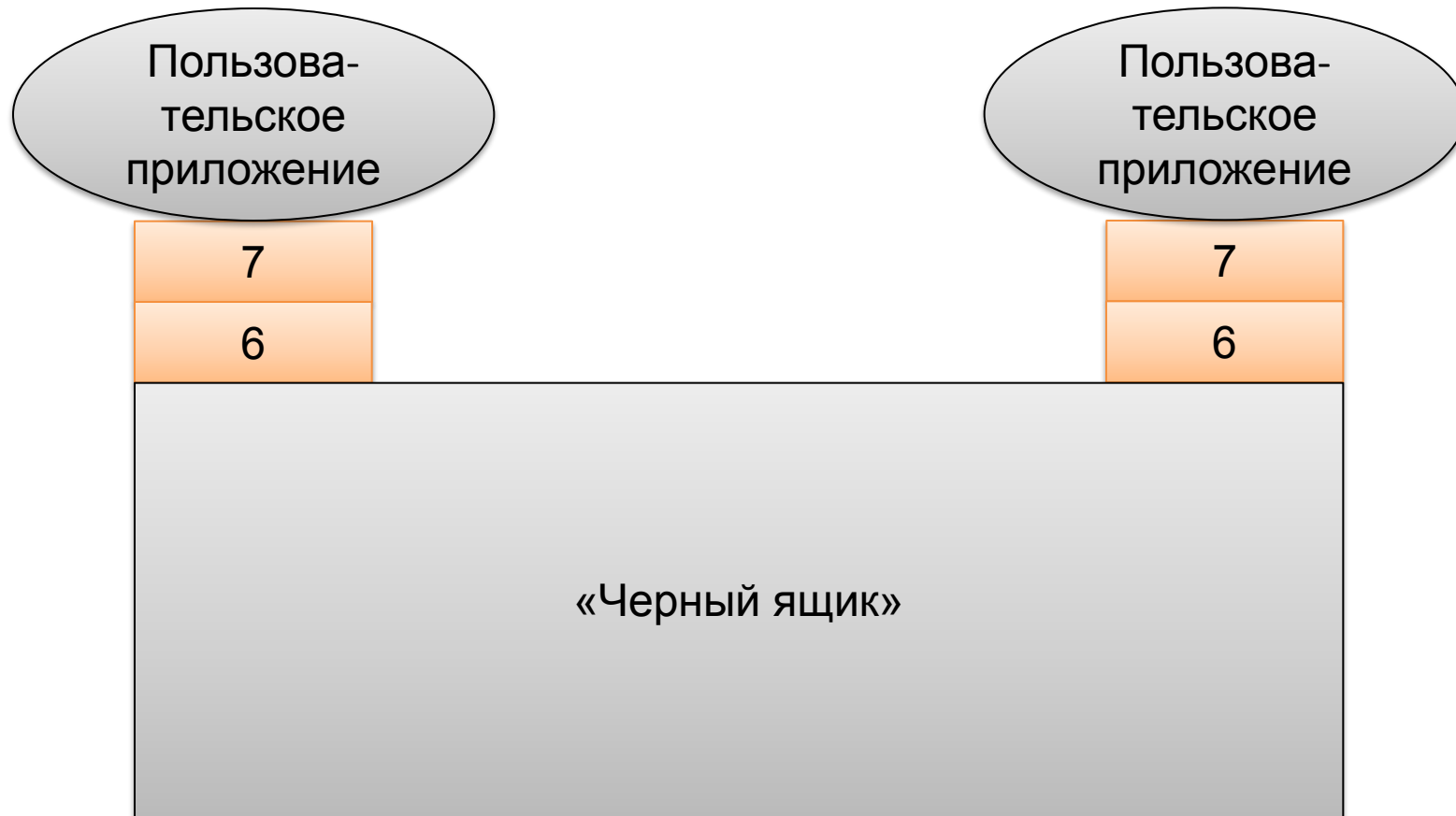
Эталонная модель взаимодействия открытых систем



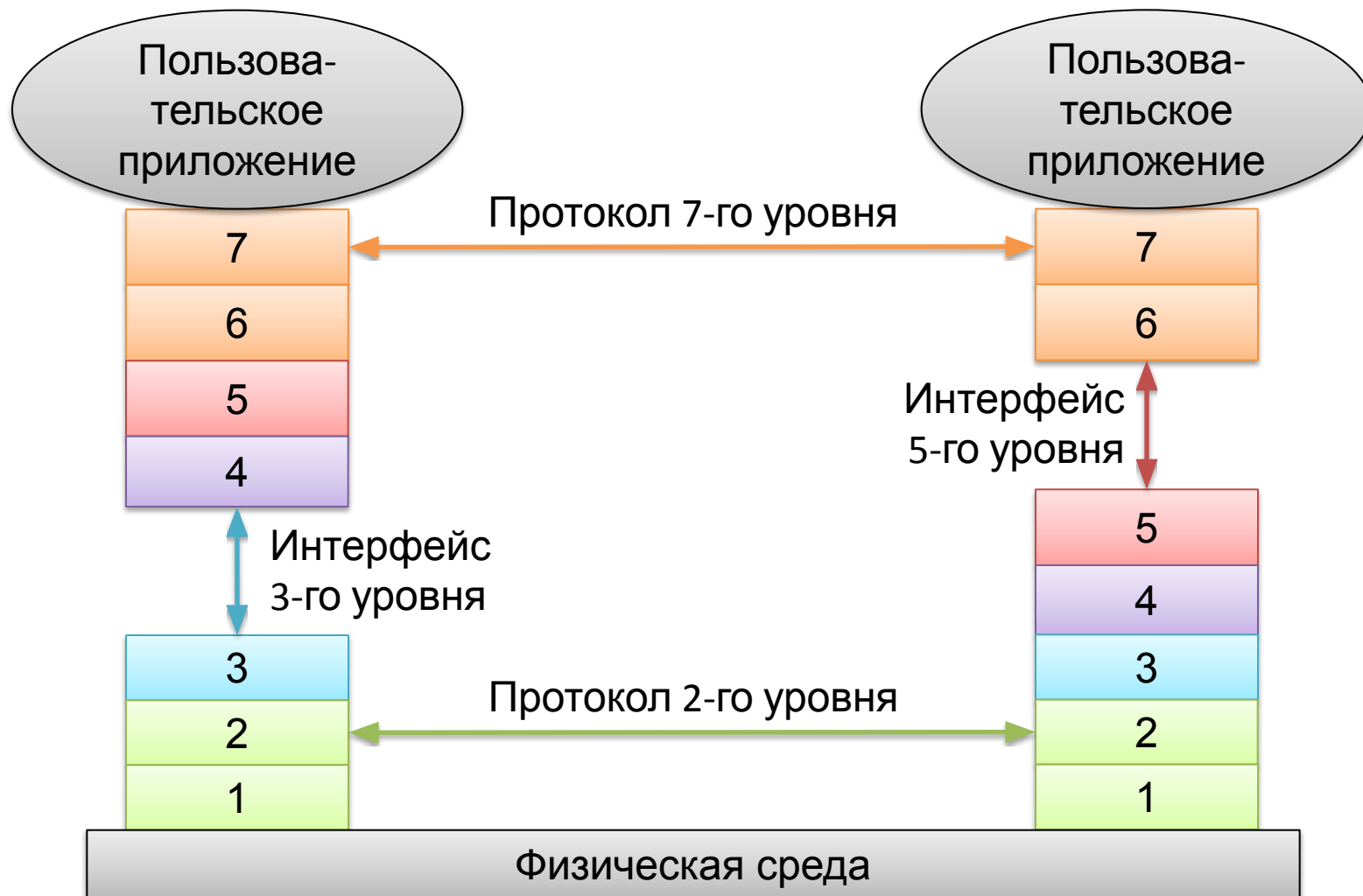
Принцип «черного ящика» в ЭМВОС



Принцип «черного ящика» в ЭМВОС



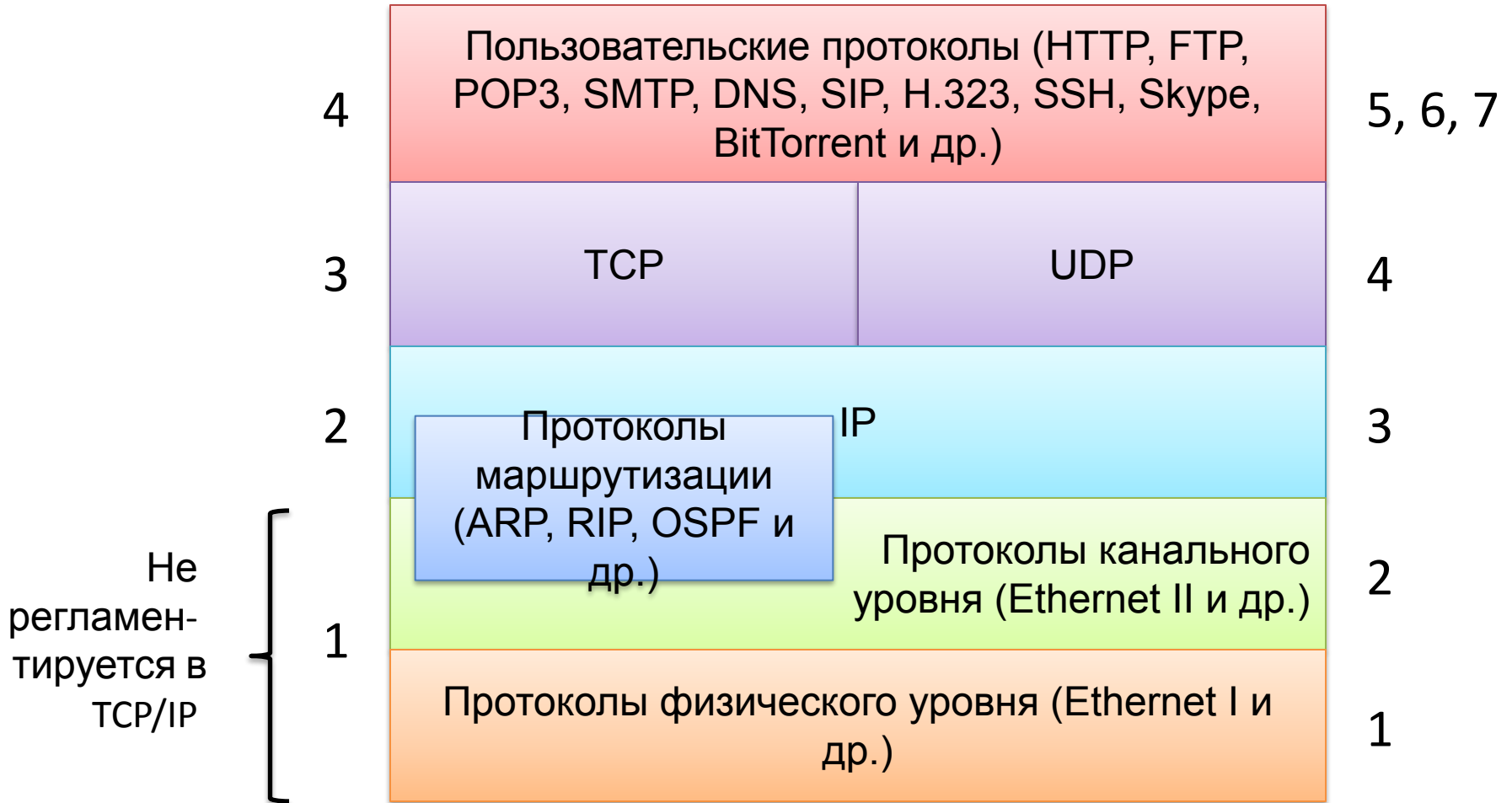
Протоколы и интерфейсы



Иерархия протоколов TCP/IP

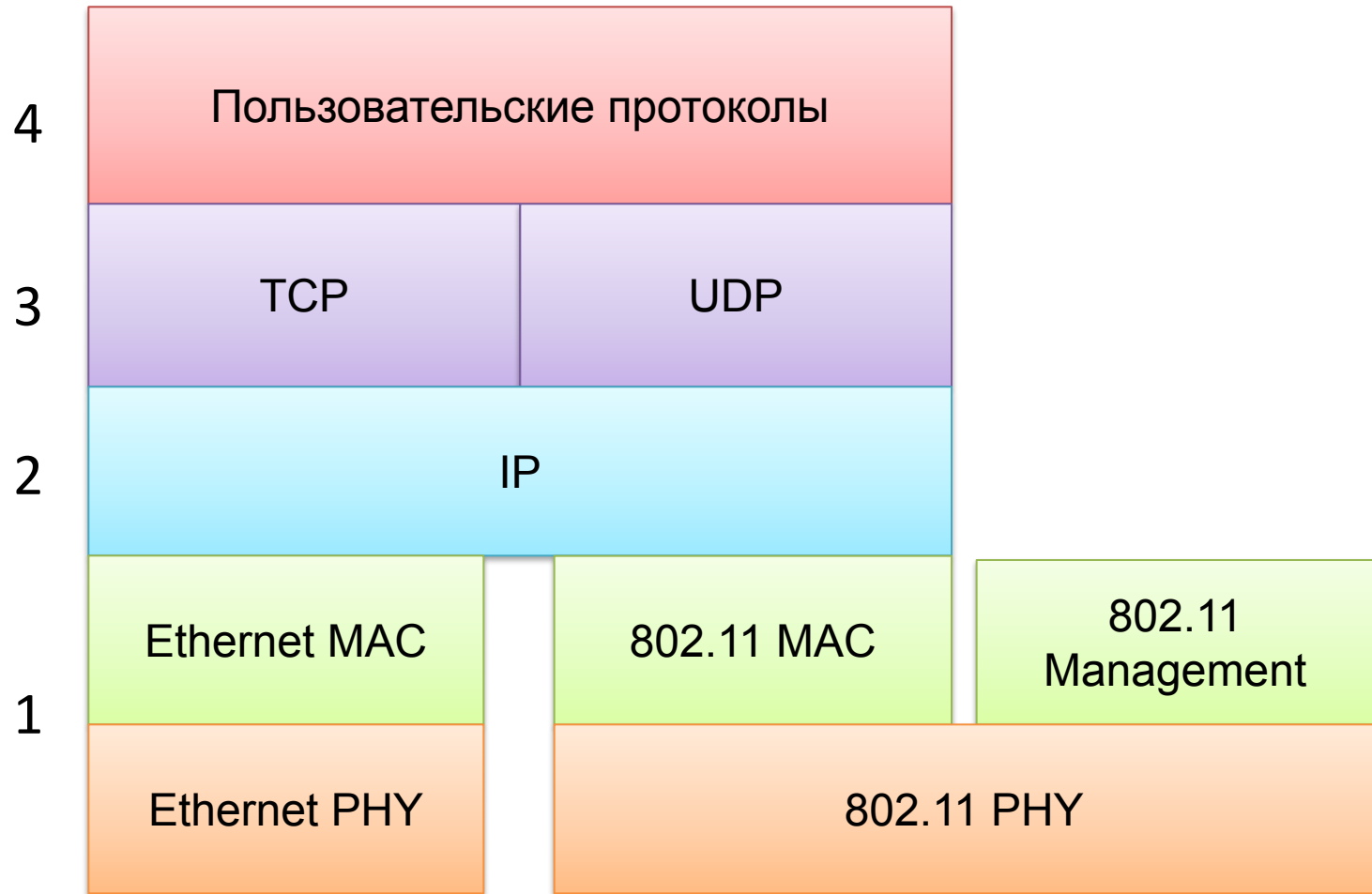
Уровни иерархии TCP/IP

Уровни иерархии ЭМВОС



Стандарты Ethernet и Wi-Fi в иерархии протоколов TCP/IP

Уровни иерархии TCP/IP



Варианты реализации физического уровня Ethernet

10 Мбит/с

10BASE5 – «толстый» коаксиальный кабель

10BASE2 – «тонкий» коаксиальный кабель

10BASE-T – кабель «витая пара» категории 3 или 5, 4 жилы

FOIRL / 10BASE-FL/FB – многомодовый оптоволоконный кабель, 1-2 км

100 Мбит/с

100BASE-TX – кабель «витая пара» категории 5, 4 жилы

100BASE-T4 – кабель «витая пара» категории 3, 8 жил

100BASE-FX/SX – многомодовый оптоволоконный кабель, 0.3-2 км

100BASE-BX10/LX10 – одномодовый оптоволоконный кабель, до 10 км

1000 Мбит/с

1000BASE-T – кабель «витая пара» категории 5 или 5e, 8 жил

1000BASE-SX/LX – одно/многомодовый оптоволоконный кабель, 0.5-2 км

1000BASE-BX10/LX10 – одномодовый оптоволоконный кабель, до 10 км

1000BASE-LN – одномодовый оптоволоконный кабель, до 100 км

10 Гбит/с

10GBASE-T – кабель «витая пара» категории 5e или 6, 8 жил

10GBASE-SR – старый многомодовый оптоволоконный кабель, до 100 м

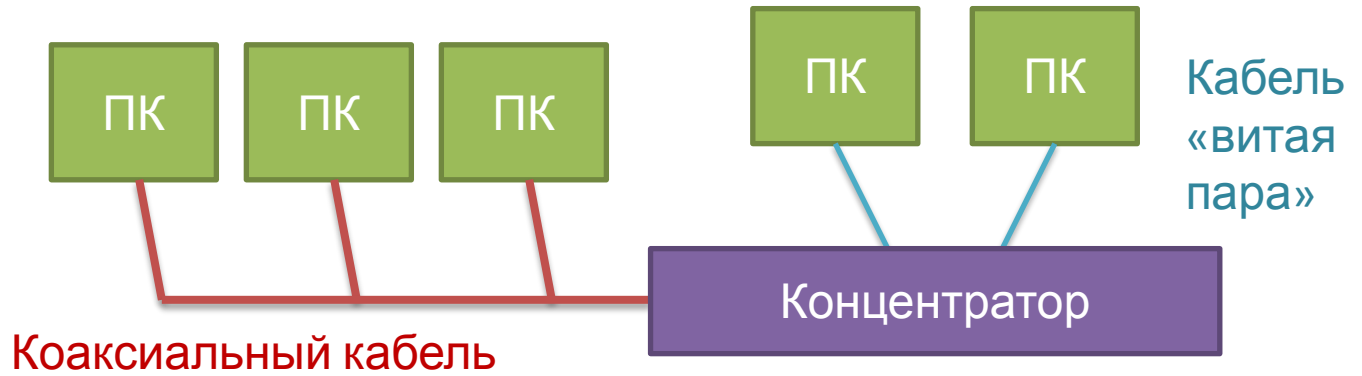
10GBASE-LR/ER – одномодовый оптоволоконный кабель, 10-40 км

10GBASE-LX4 – одно/многомодовый оптоволоконный кабель, WDM, 0.3

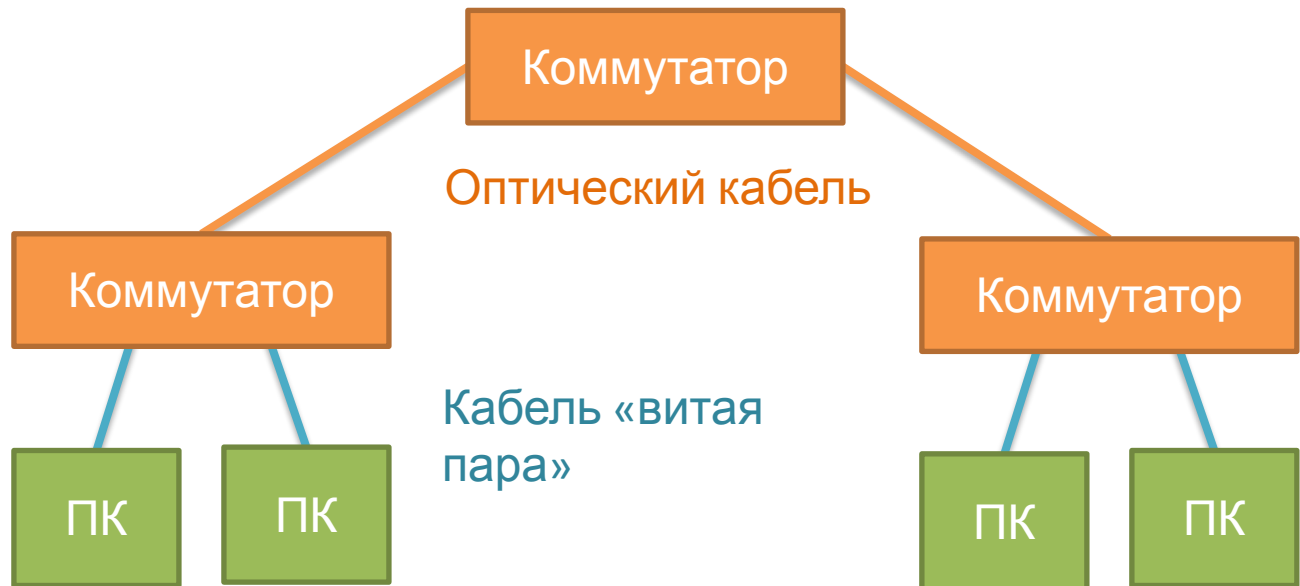
км

Топология сети Ethernet

а) Шинная

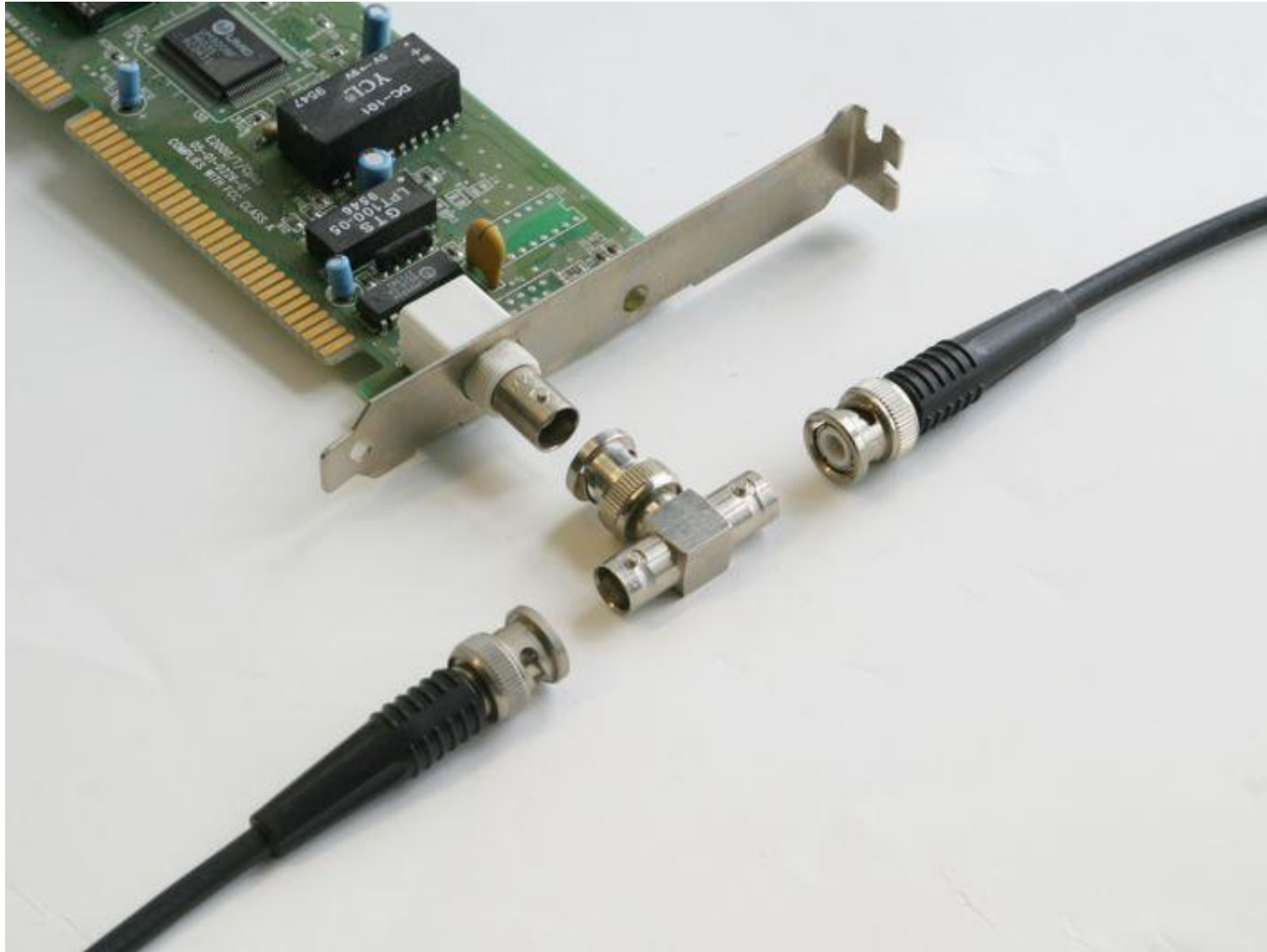


б) Древовидная











Основные характеристики физического уровня

802.11

Способ двусторонней передачи информации

Временной дуплекс

Используемый частотный диапазон

2400-2484, 5150-5750 МГц

Количество частотных каналов

13 (2.4 ГГц) + 19 (5 ГГц)

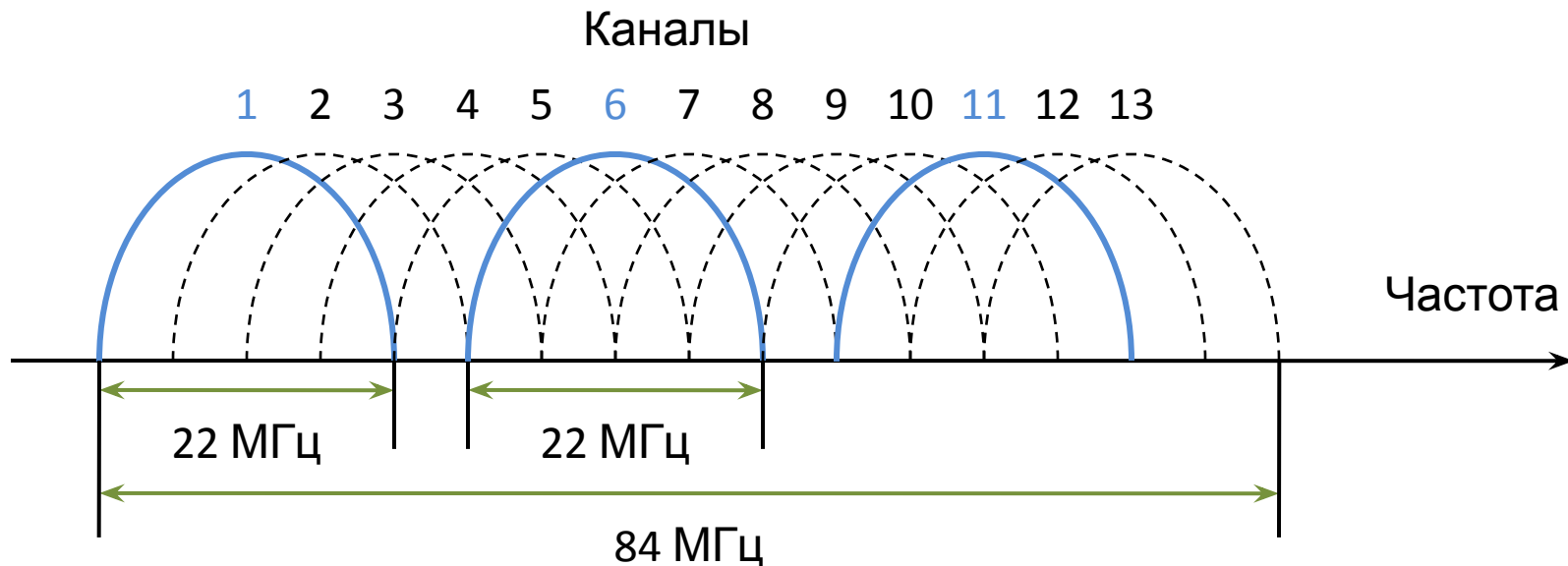
Максимальная скорость передачи информации

11 Мбит/с – 6.77 Гбит/с

Скорость передачи с учетом накладных расходов

5 Мбит/с – 4 Гбит/с

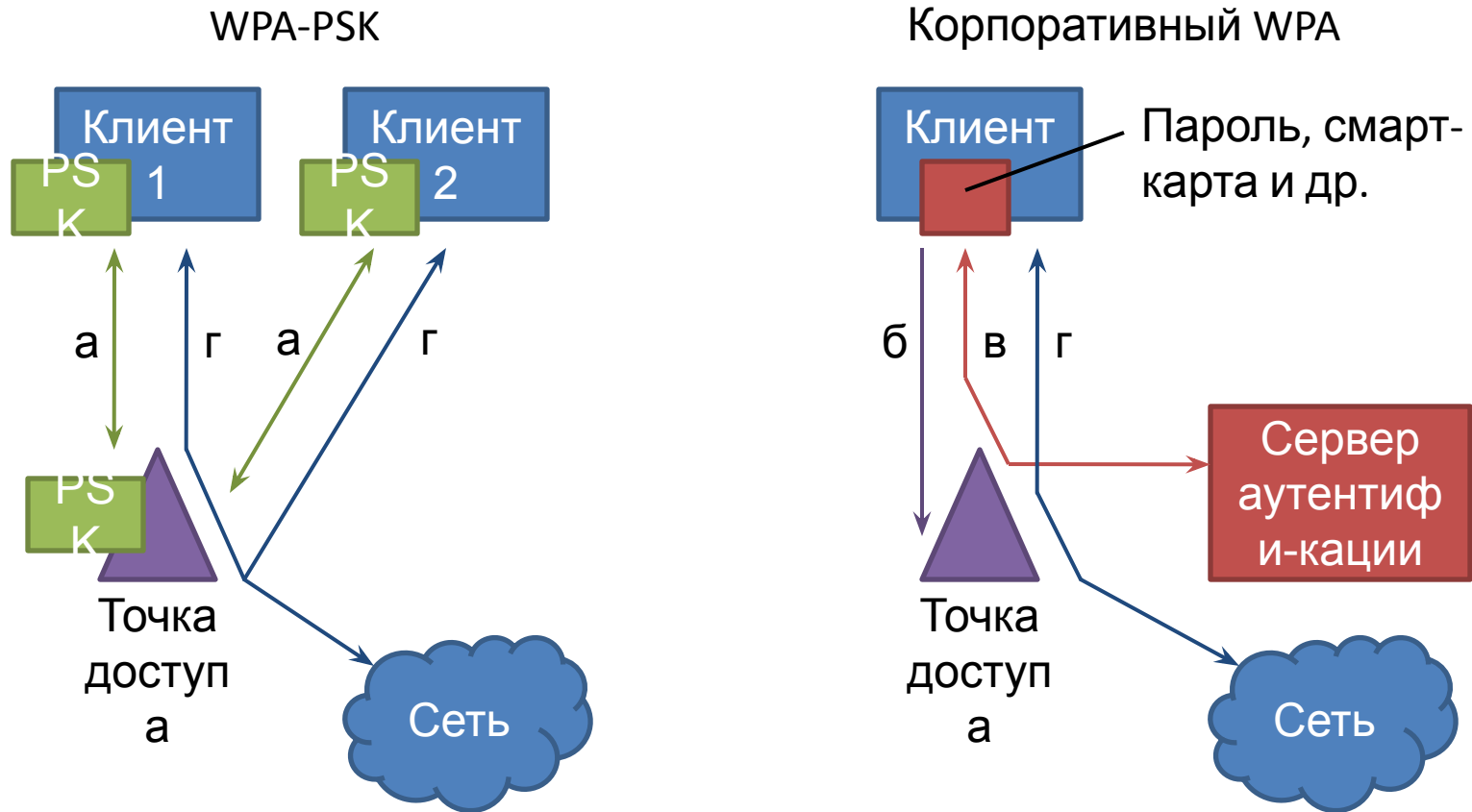
Организация радиоканалов в диапазоне 2.4 ГГц



Варианты стандарта 802.11

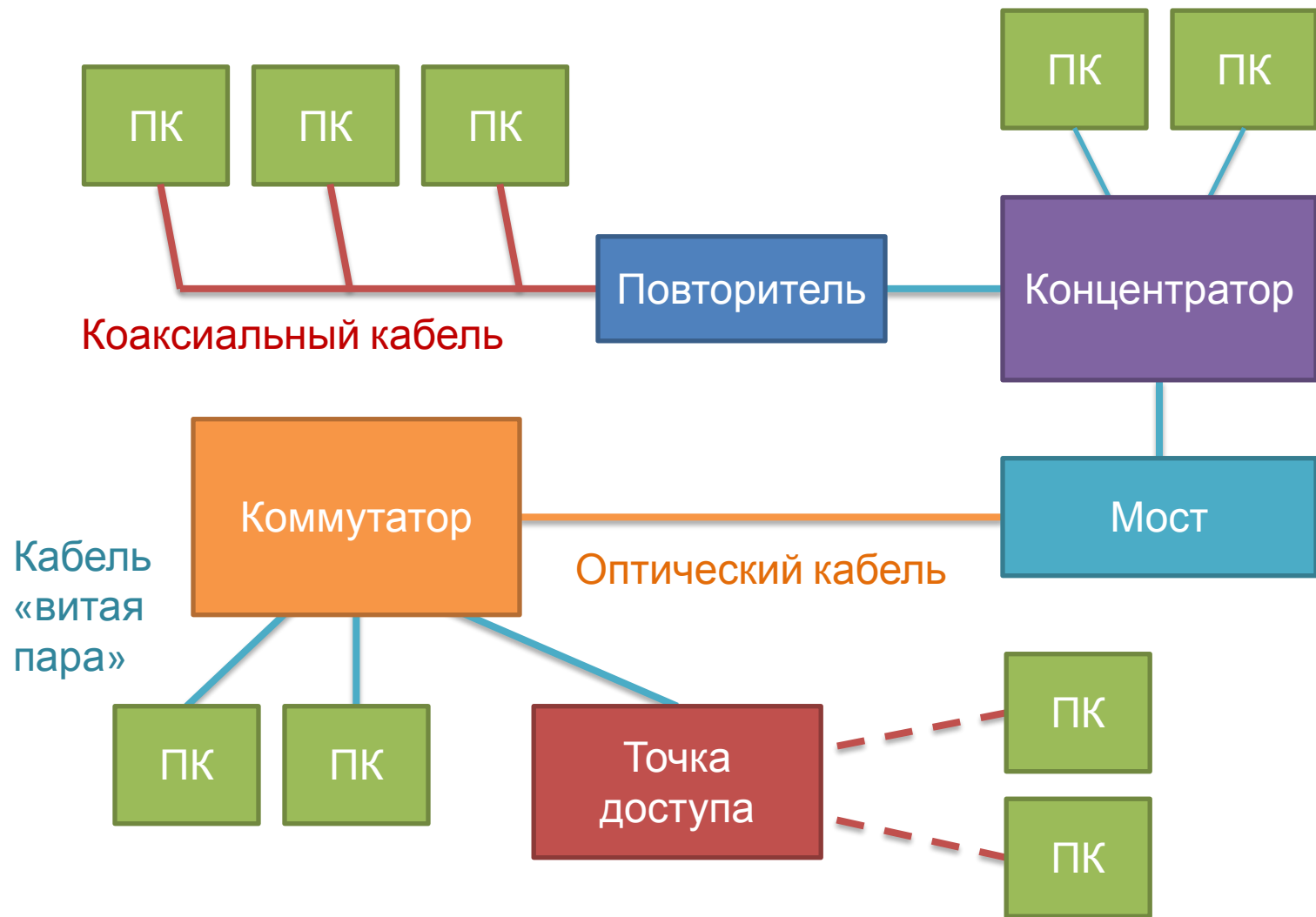
Стандарт	Частотный диапазон	Общая скорость в радиоканале (для одного клиента)	Максимальная полезная скорость
802.11a	5 ГГц	54 Мбит/с	25 Мбит/с
802.11b	2.4 ГГц	11 Мбит/с	5 Мбит/с
802.11g	2.4 ГГц	54 Мбит/с	25 Мбит/с
802.11n	2.4 ГГц или 5 ГГц	72-150 Мбит/с До 600 Мбит/с (MIMO)	80 Мбит/с
802.11ac	5 ГГц	433-867 Мбит/с До 3.9 Гбит/с (MIMO)*	

Аутентификация WPA/WPA2 в стандартах группы 802.11



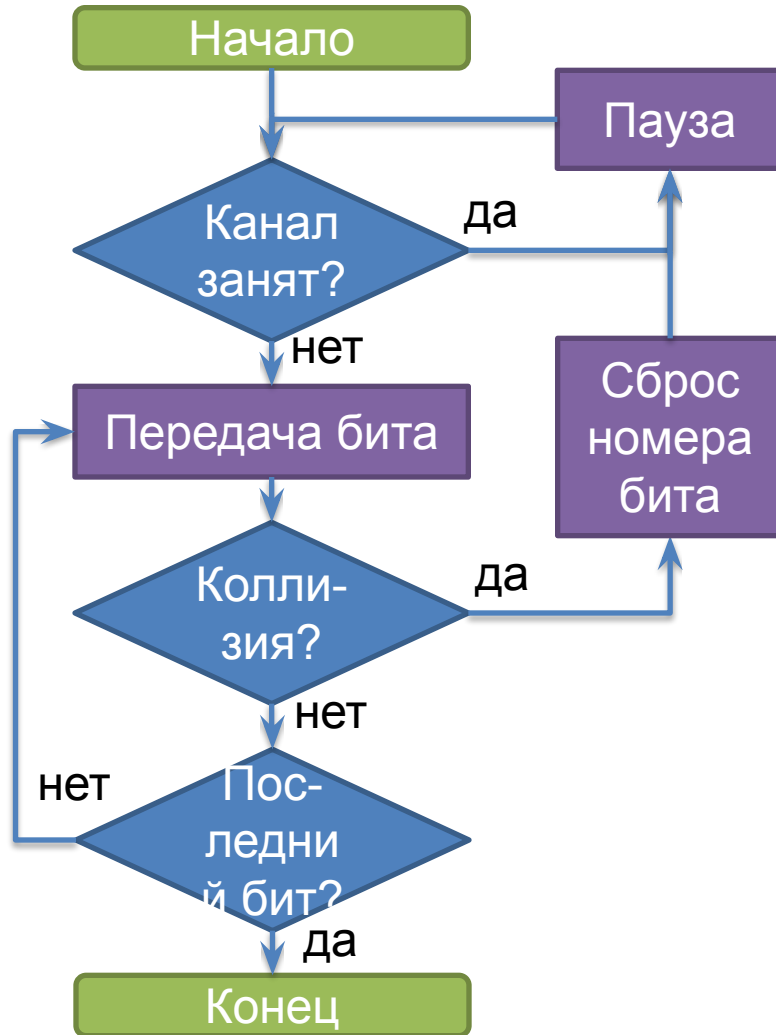
- А. Аутентификация клиента с использованием общего ключа (PSK)
- Б. Вход в сеть с предоставлением доступа только к серверу аутентификации
- В. Аутентификация клиента сервером и разрешение доступа в сеть
- Г. Работа клиента с сетью

Оборудование сетей Ethernet и Wi-Fi

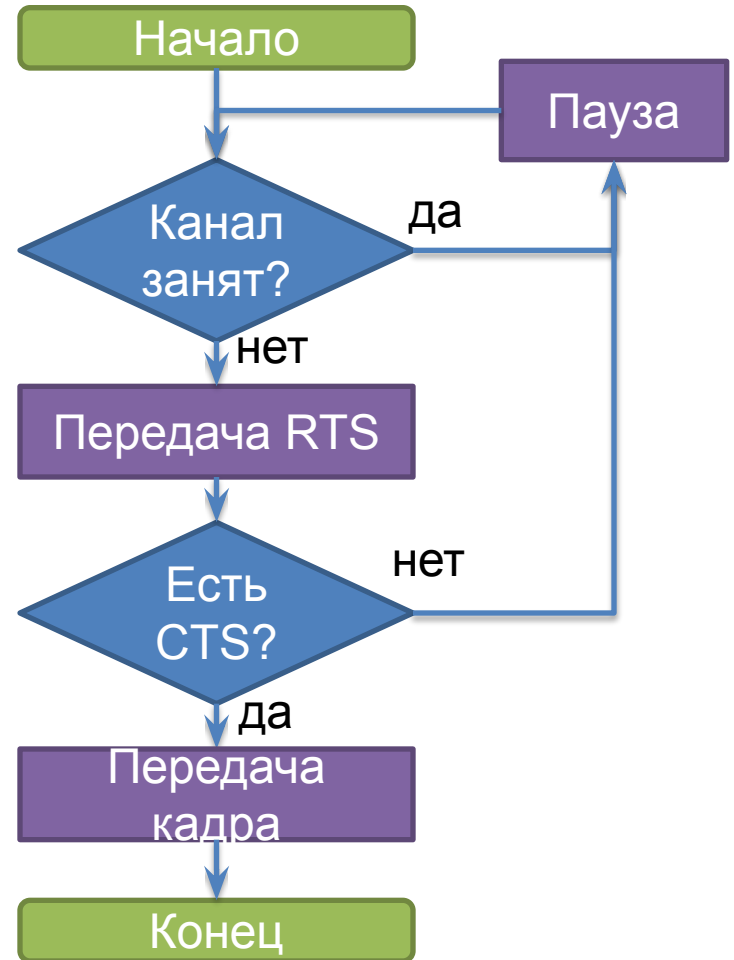


Временное разделение доступа

CSMA/CD (Ethernet)



CSMA/CA (Wi-Fi)



Формат кадра канального уровня Ethernet

Количество байт

7	Преамбула - 7 байт «10101010»
1	Признак начала кадра – «10101011»
6	MAC-адрес получателя
6	MAC-адрес отправителя
2	Код типа содержимого или длина
46-1500	Содержимое кадра
4	Проверочная комбинация (CRC32)
>12	Межкадровый интервал

Работа коммутатора Ethernet

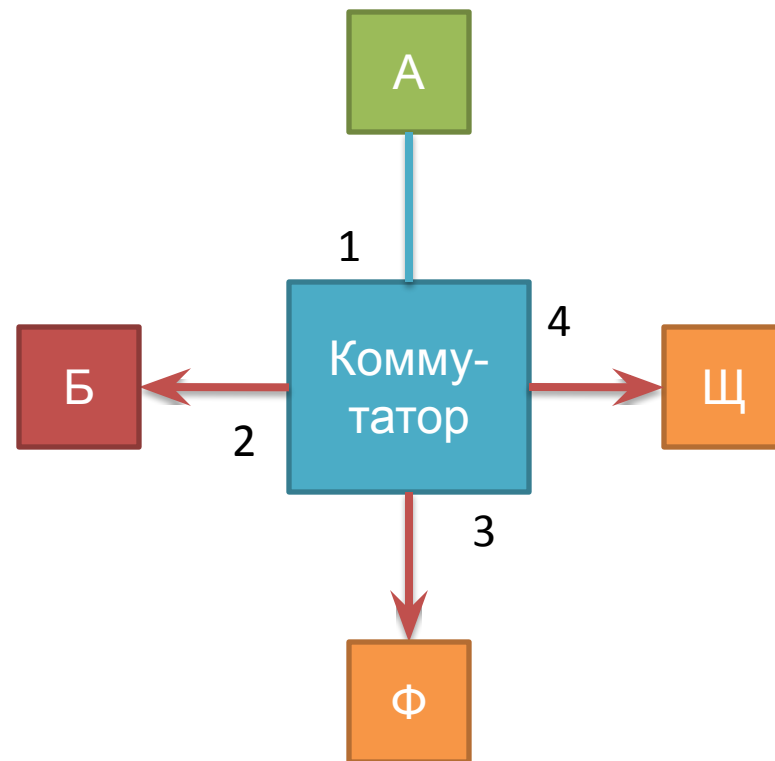
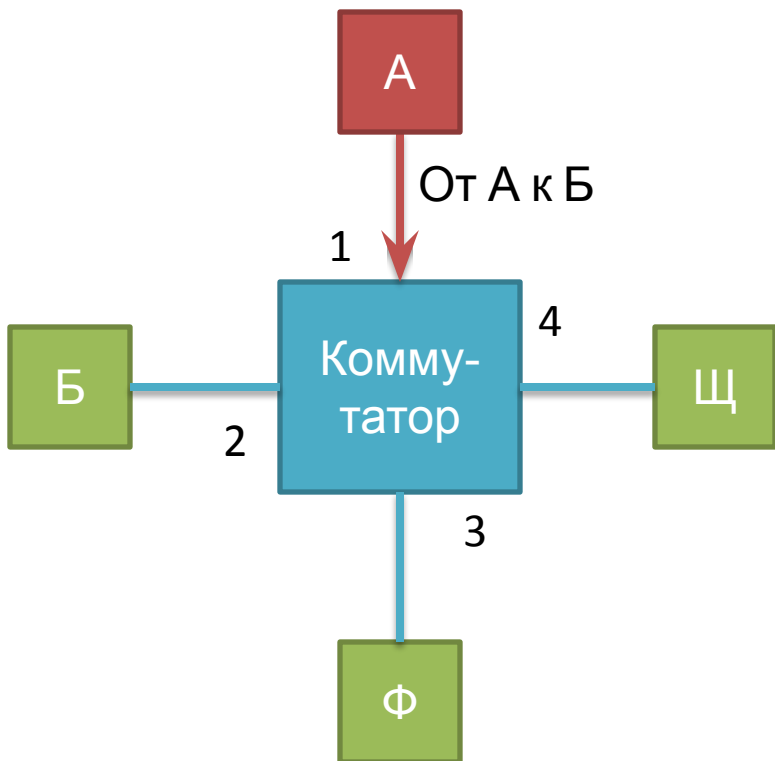


Таблица адресов:

Таблица адресов:

А = порт 1

Работа коммутатора Ethernet

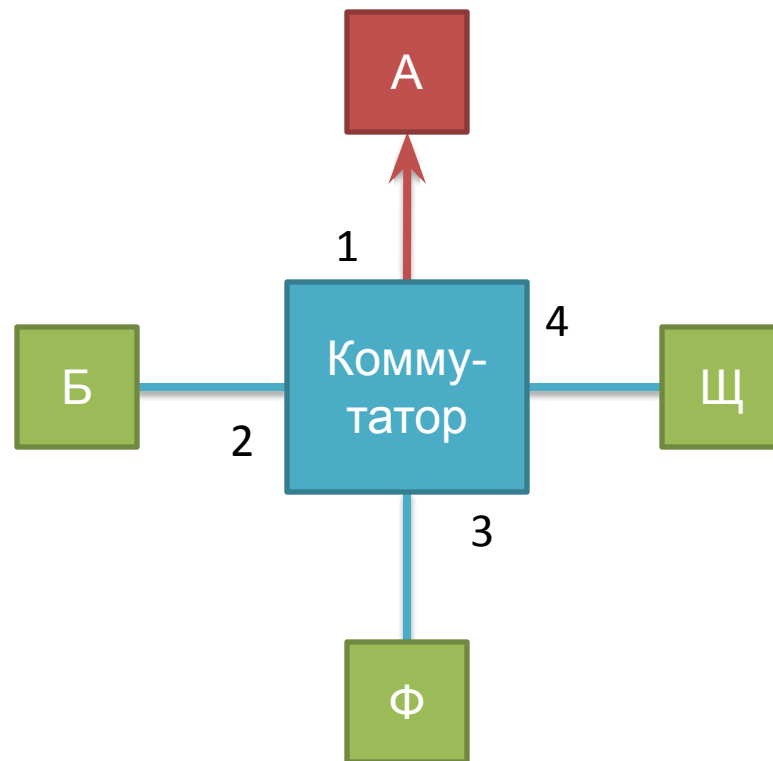
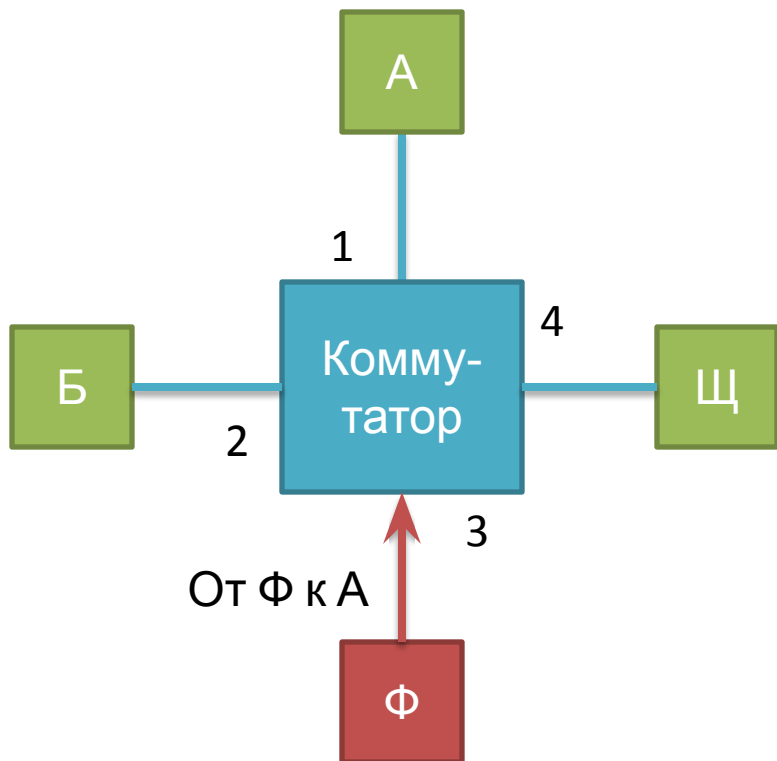


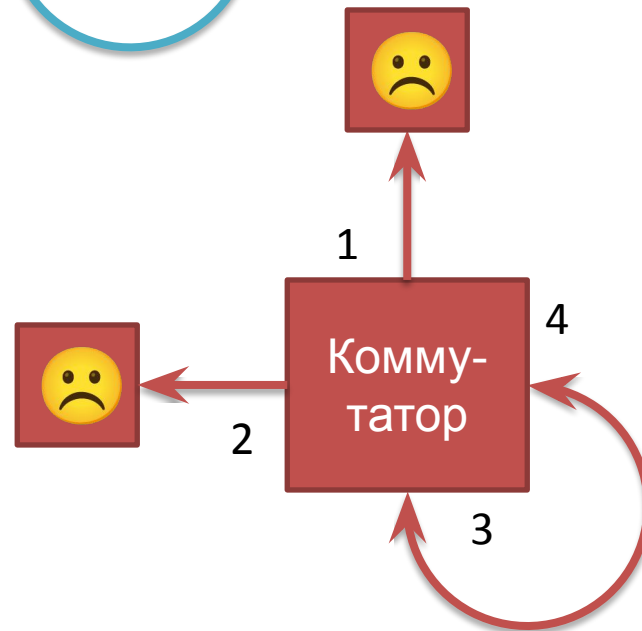
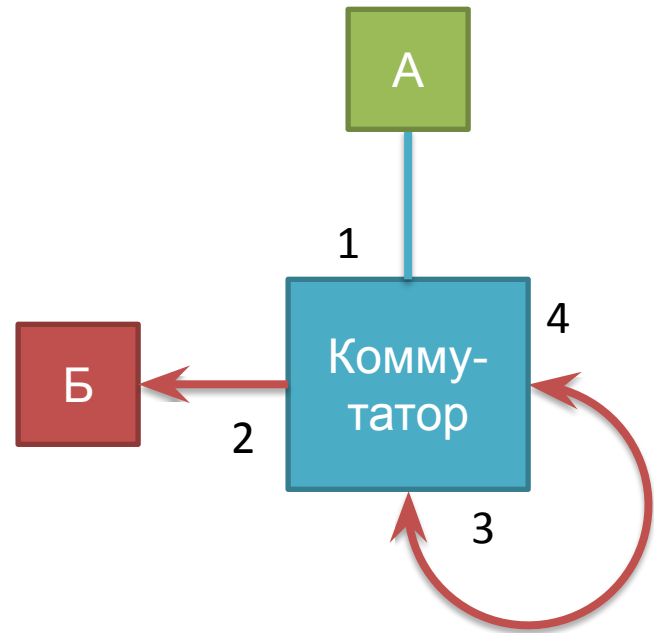
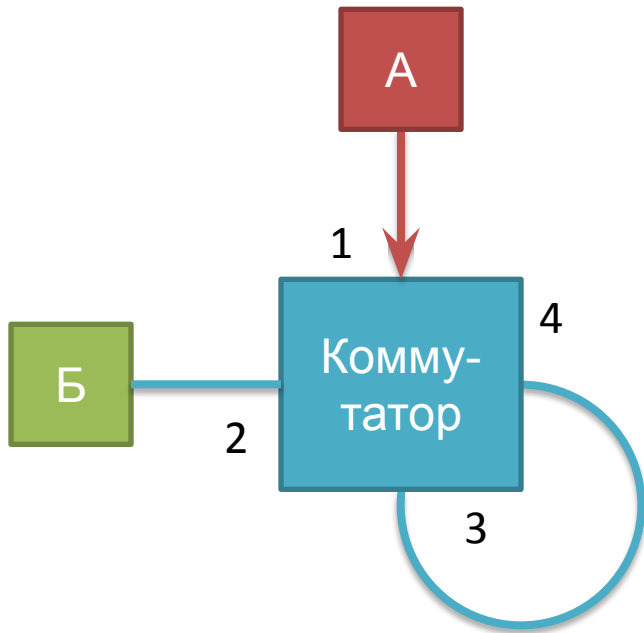
Таблица адресов:

А = порт 1

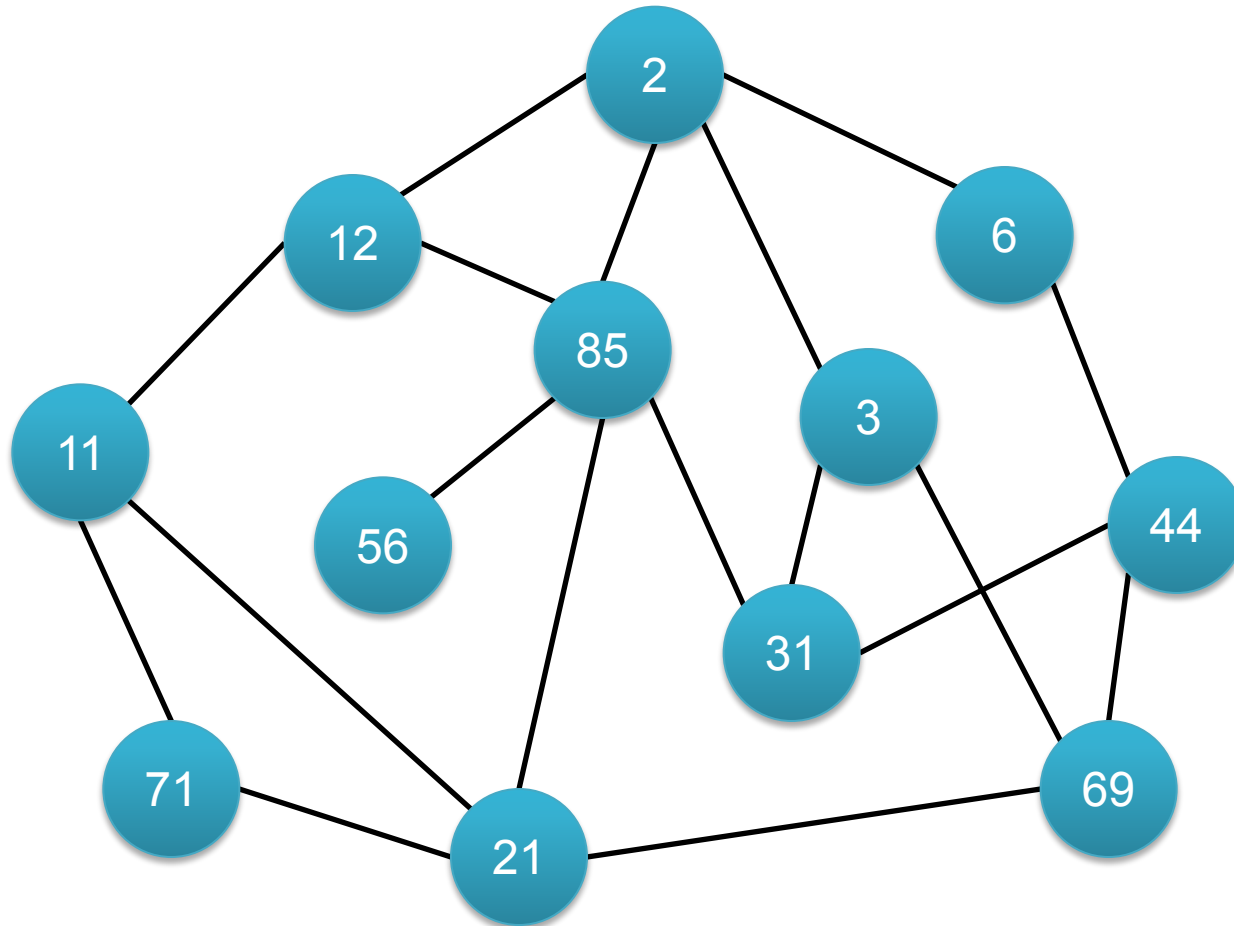
Таблица адресов:

А = порт 1
Ф = порт 3

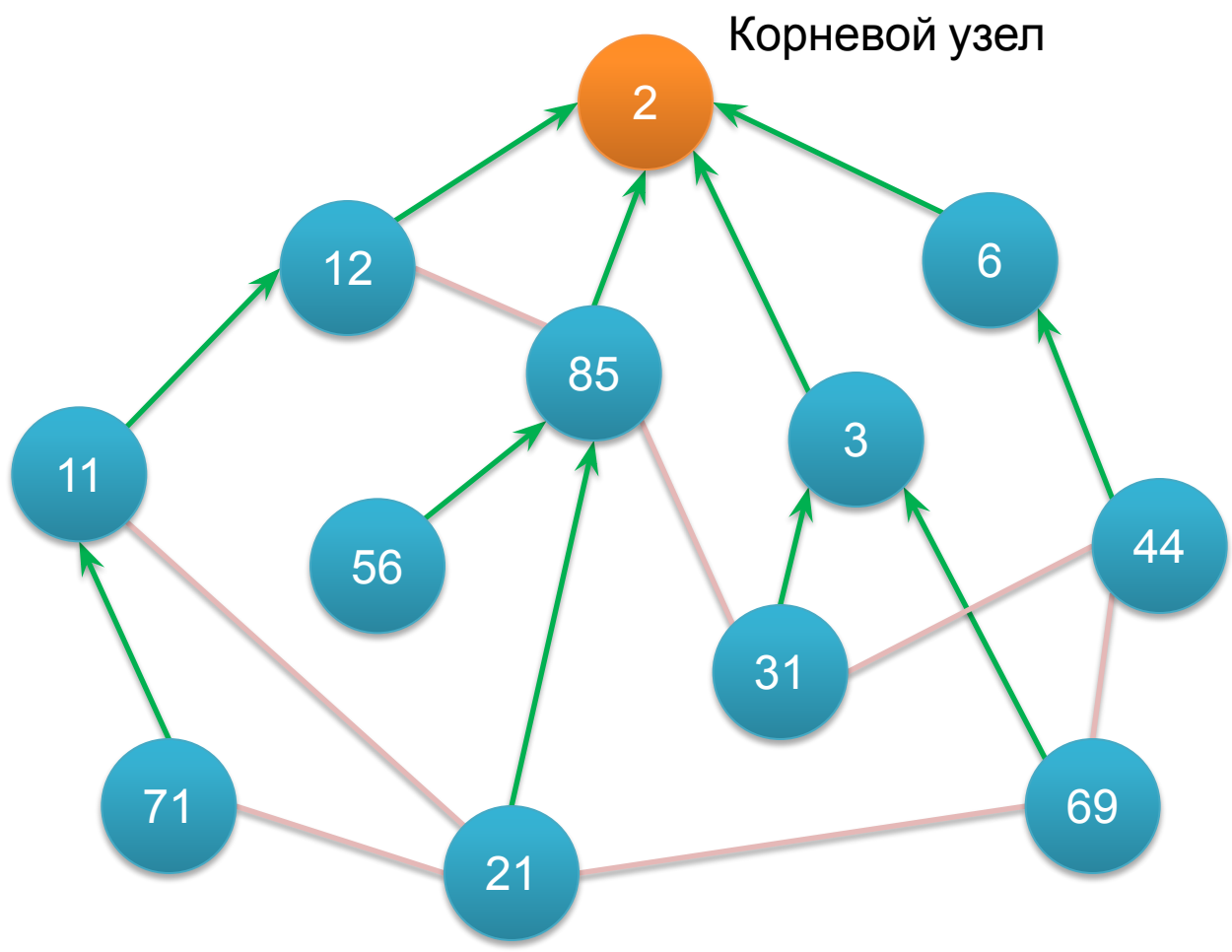
«Широковещательный шторм»



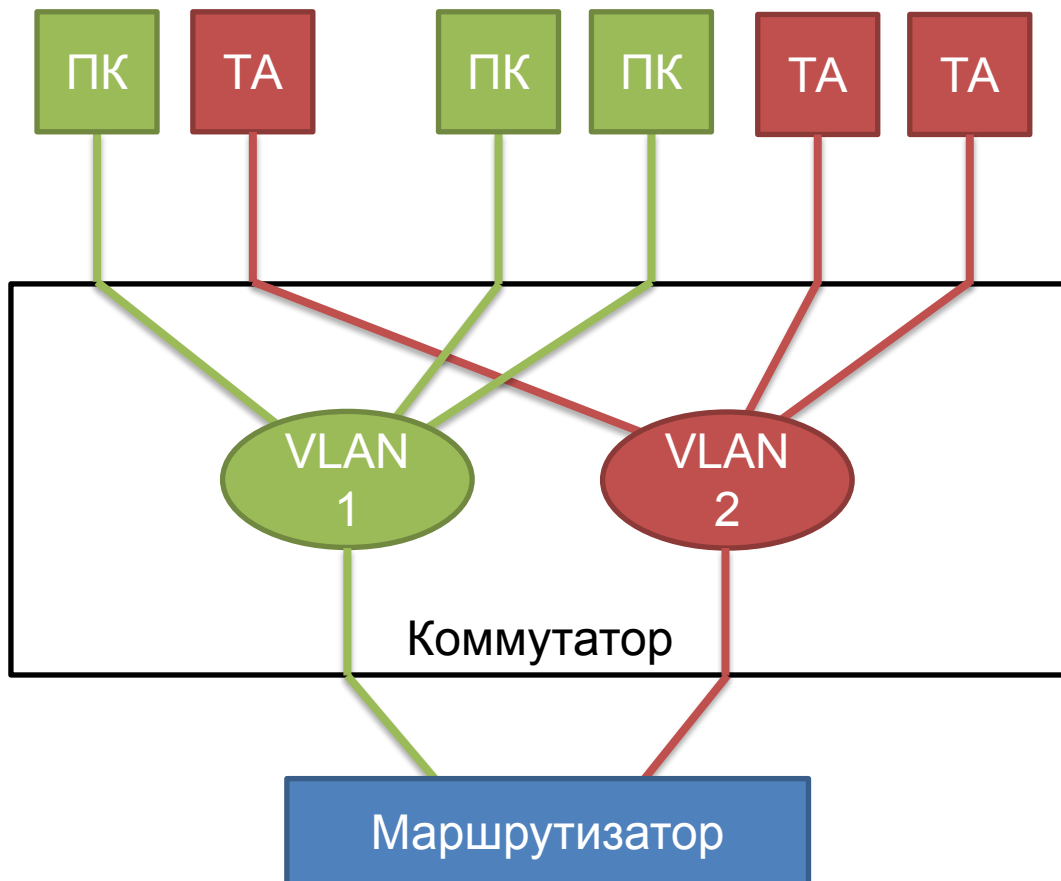
Протокол STP/RSTP



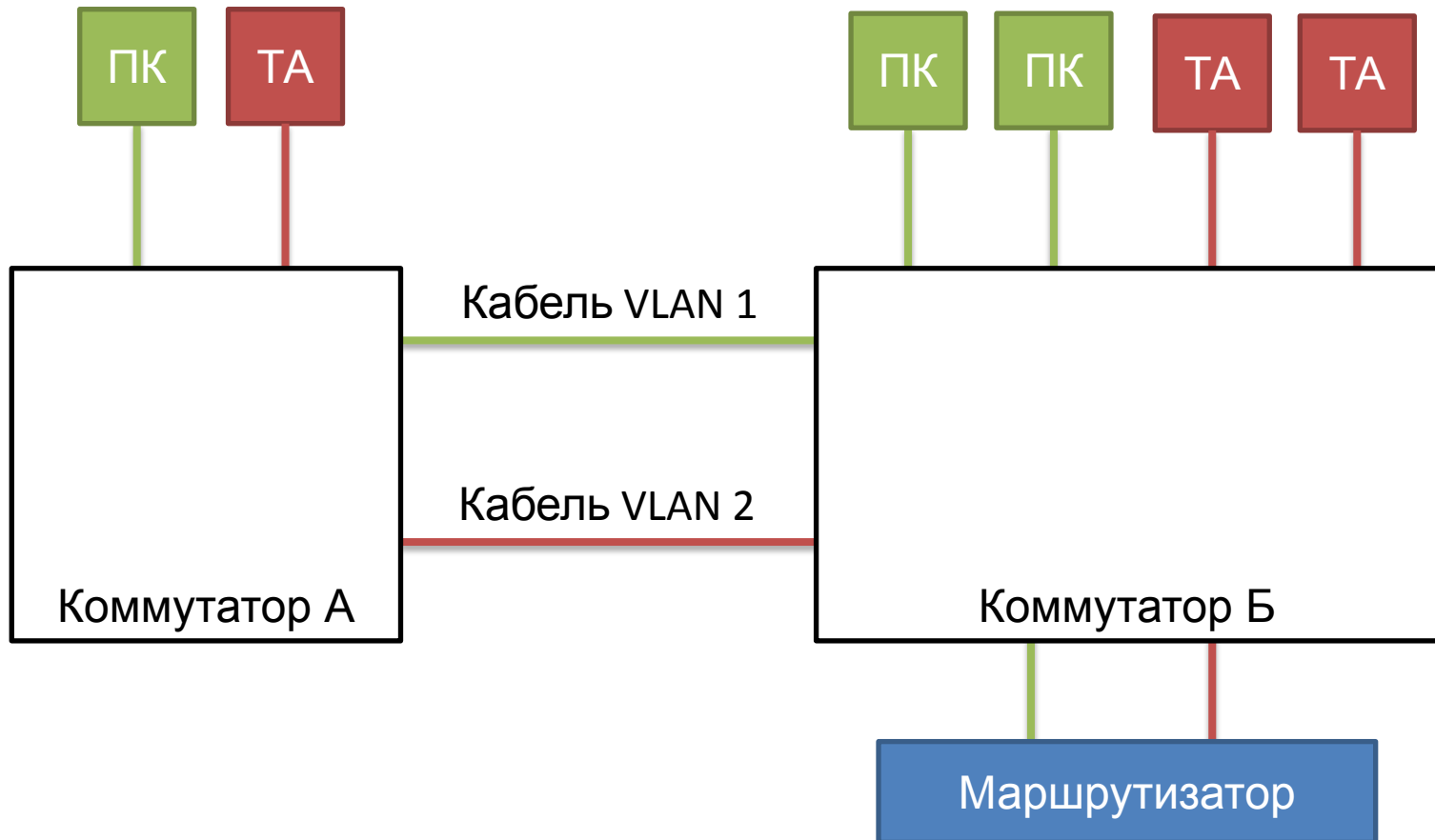
Протокол STP/RSTP



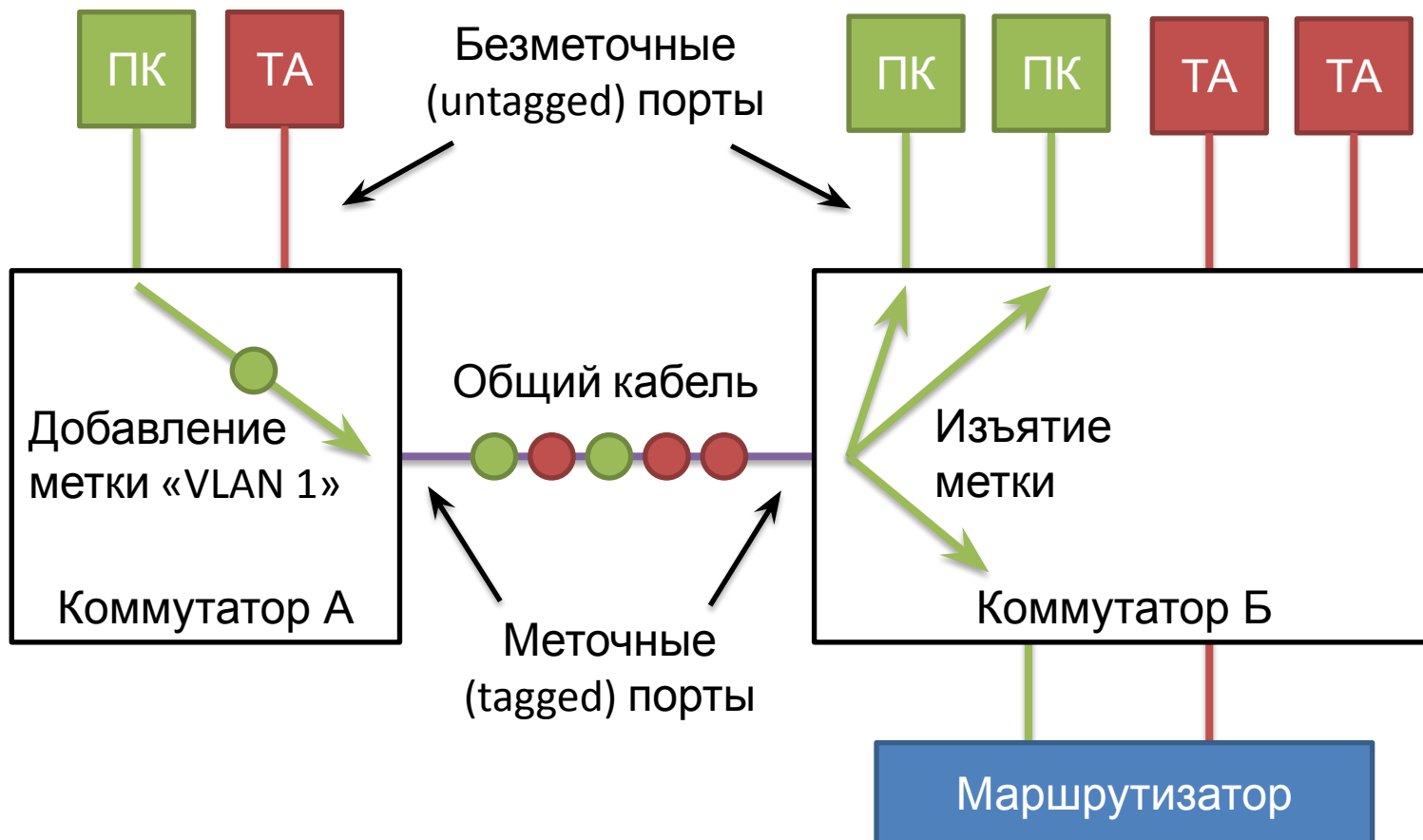
Виртуальные локальные сети (VLAN)



VLAN без меток

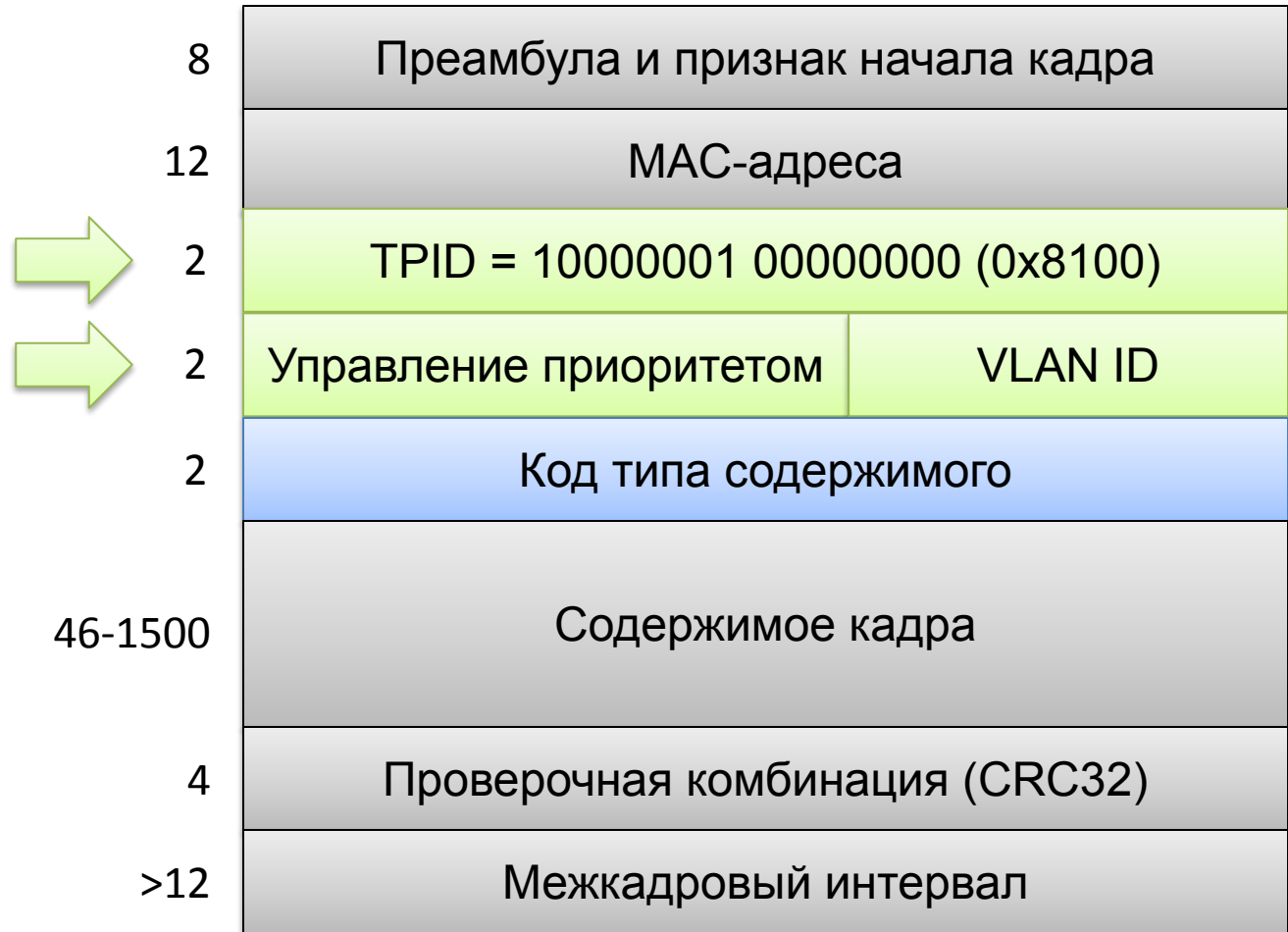


VLAN с метками 802.1Q



Формат кадра с меткой 802.1Q

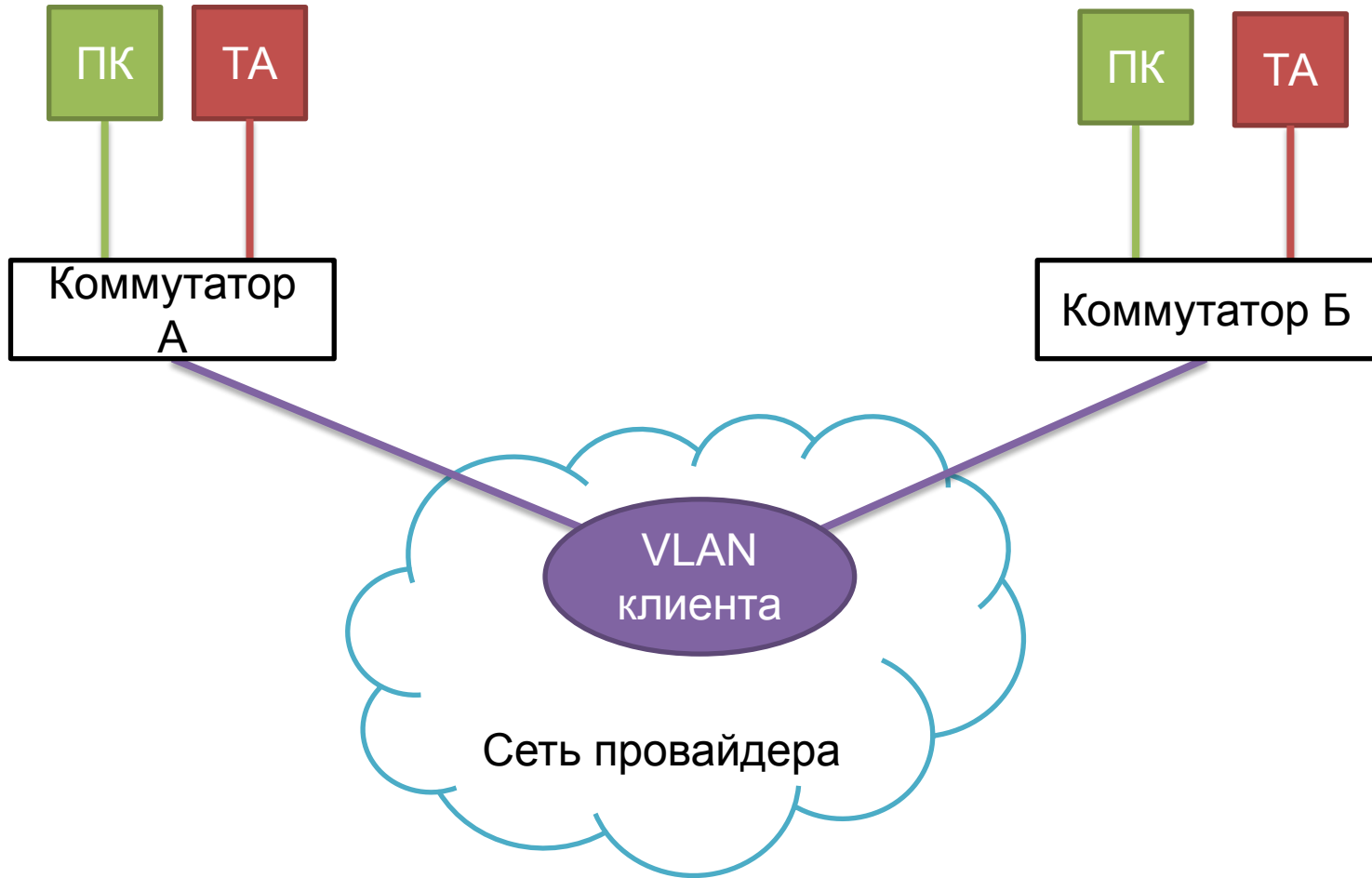
Количество байт



Управление приоритетом 802.1p

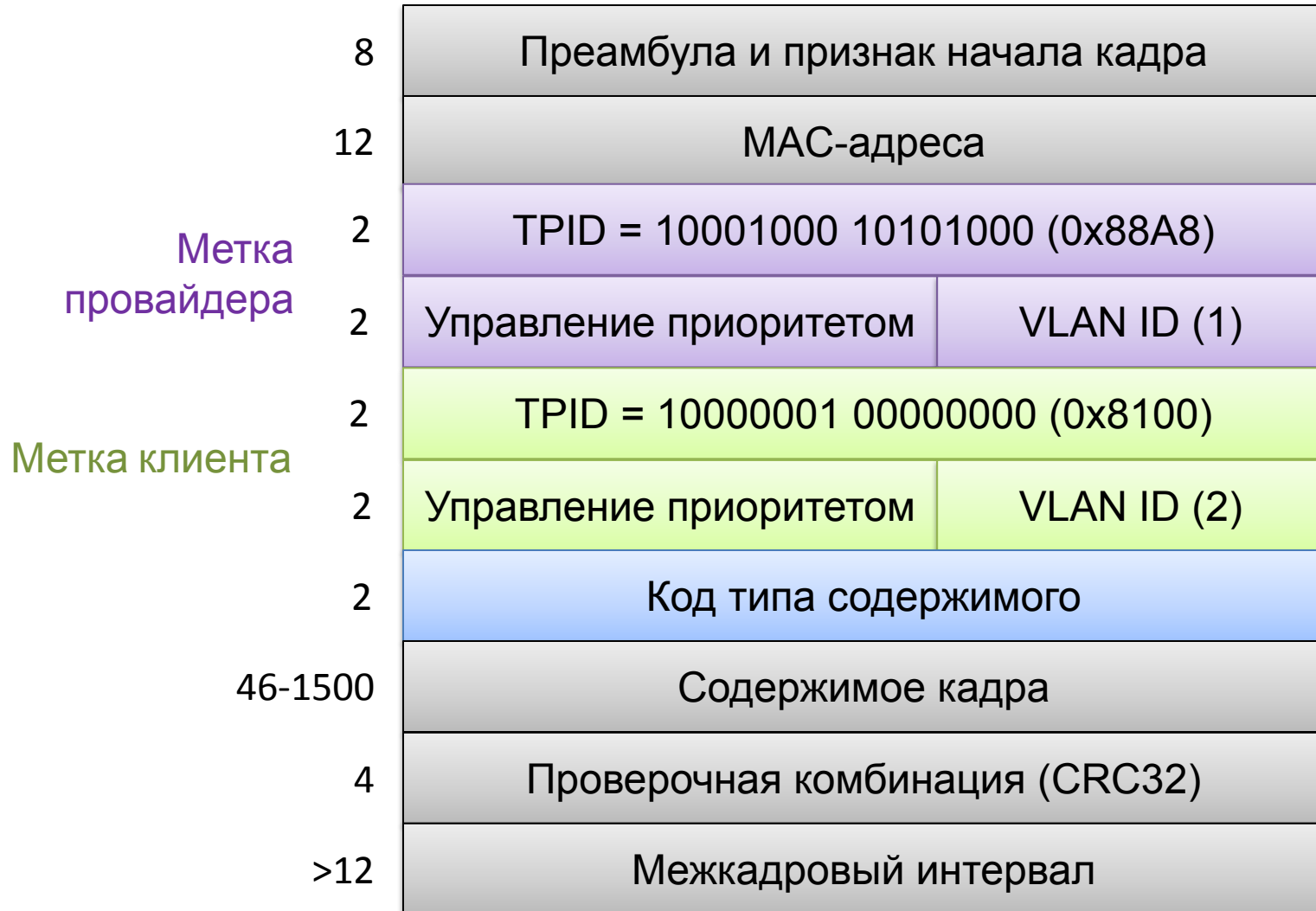
Код	Вид трафика
0	Фоновый - низший приоритет
1	Низкий приоритет
2	Средний приоритет
3	Критические приложения – высокий приоритет
4	Видео, задержка и джиттер до 100 мс
5	Телефония, задержка и джиттер до 10 мс
6	Межсетевое управление
7	Сетевое управление - наивысший приоритет

Двухуровневый VLAN 802.1ad (QinQ)



Формат кадра с двойной меткой 802.1ad (QinQ)

Количество байт

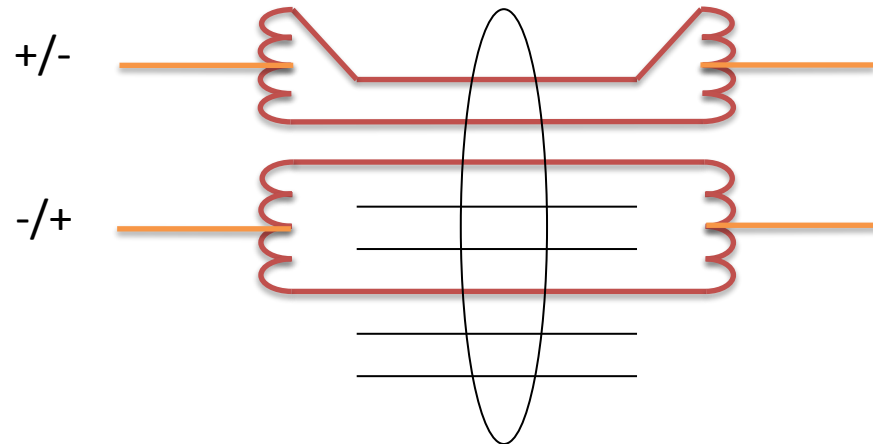


Power over Ethernet (802.3af / 802.3at)

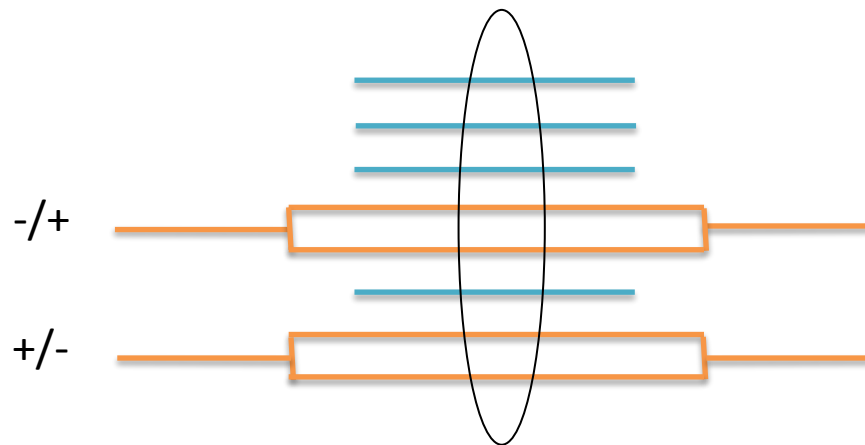


Подача питания в 802.3af / 802.3at

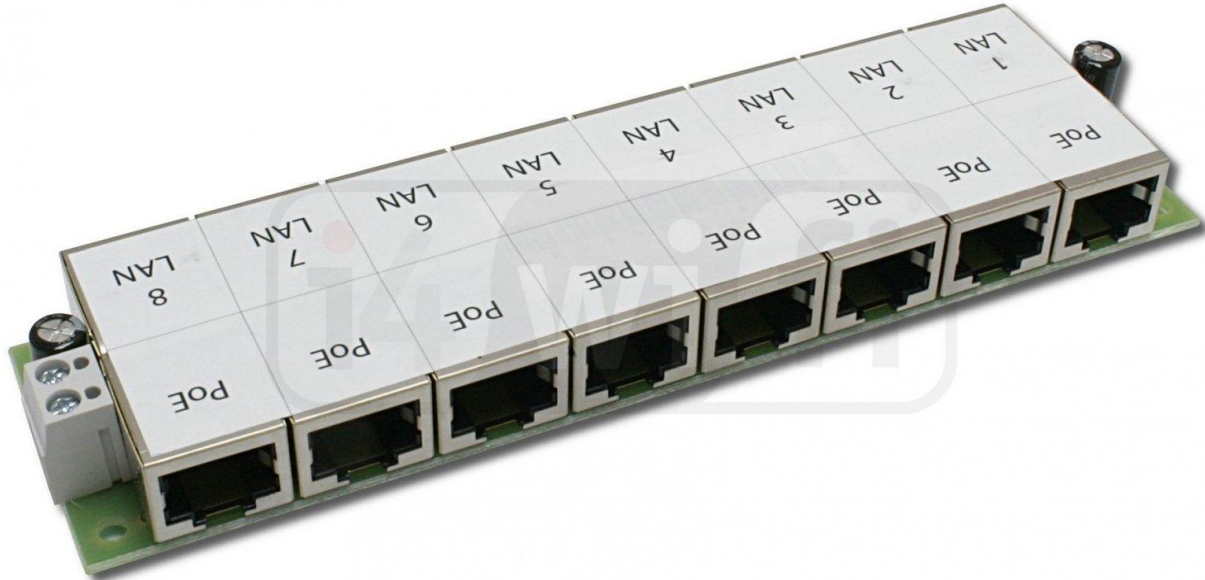
Mode A
(по линиям данных)



Mode B
(по свободным
линиям)





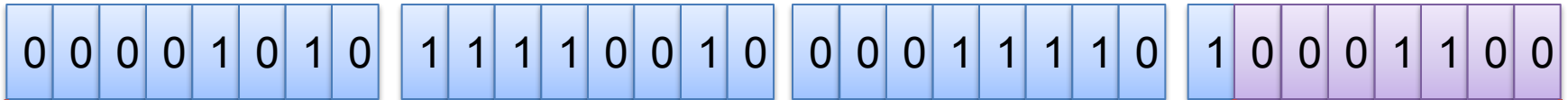






IP-адреса и маски

Полный адрес узла – 10.242.30.140



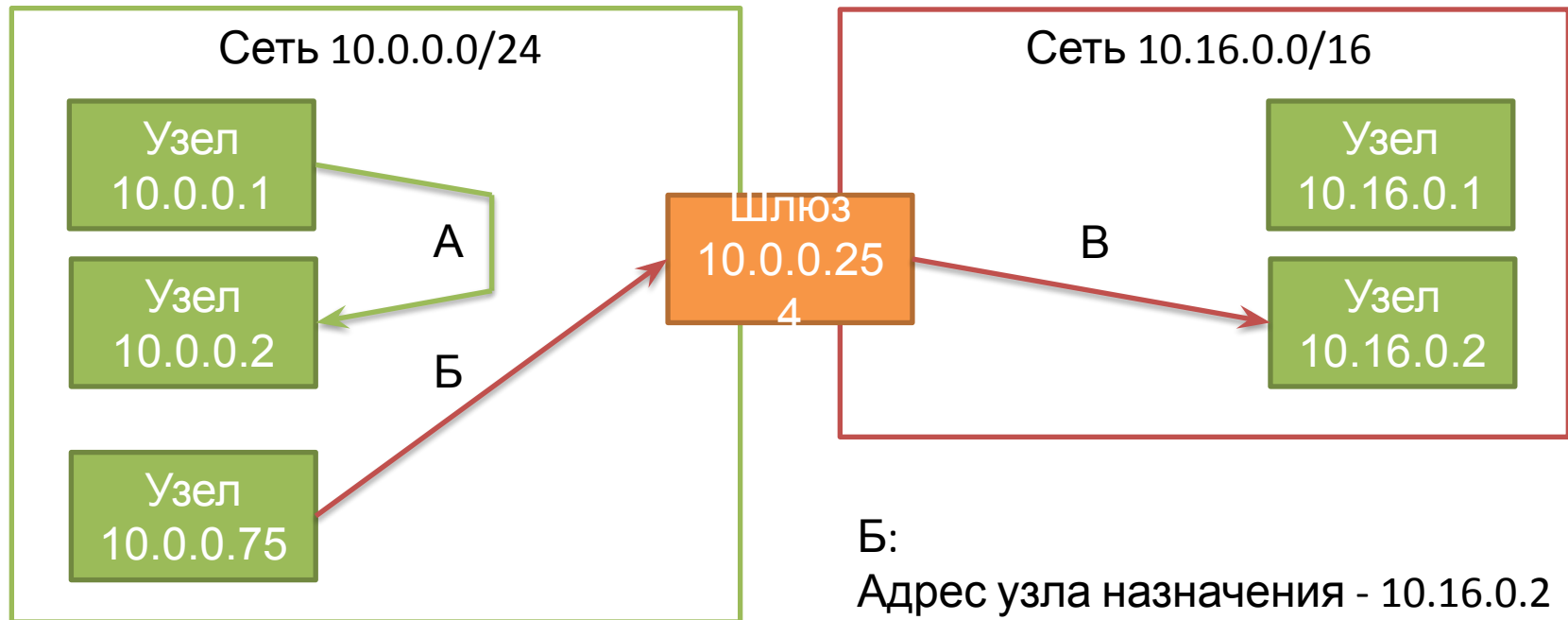
Маска подсети – 255.255.255.128 или /25



Адрес подсети – 10.242.30.128

№ узла – 12

Простейшая IP-маршрутизация

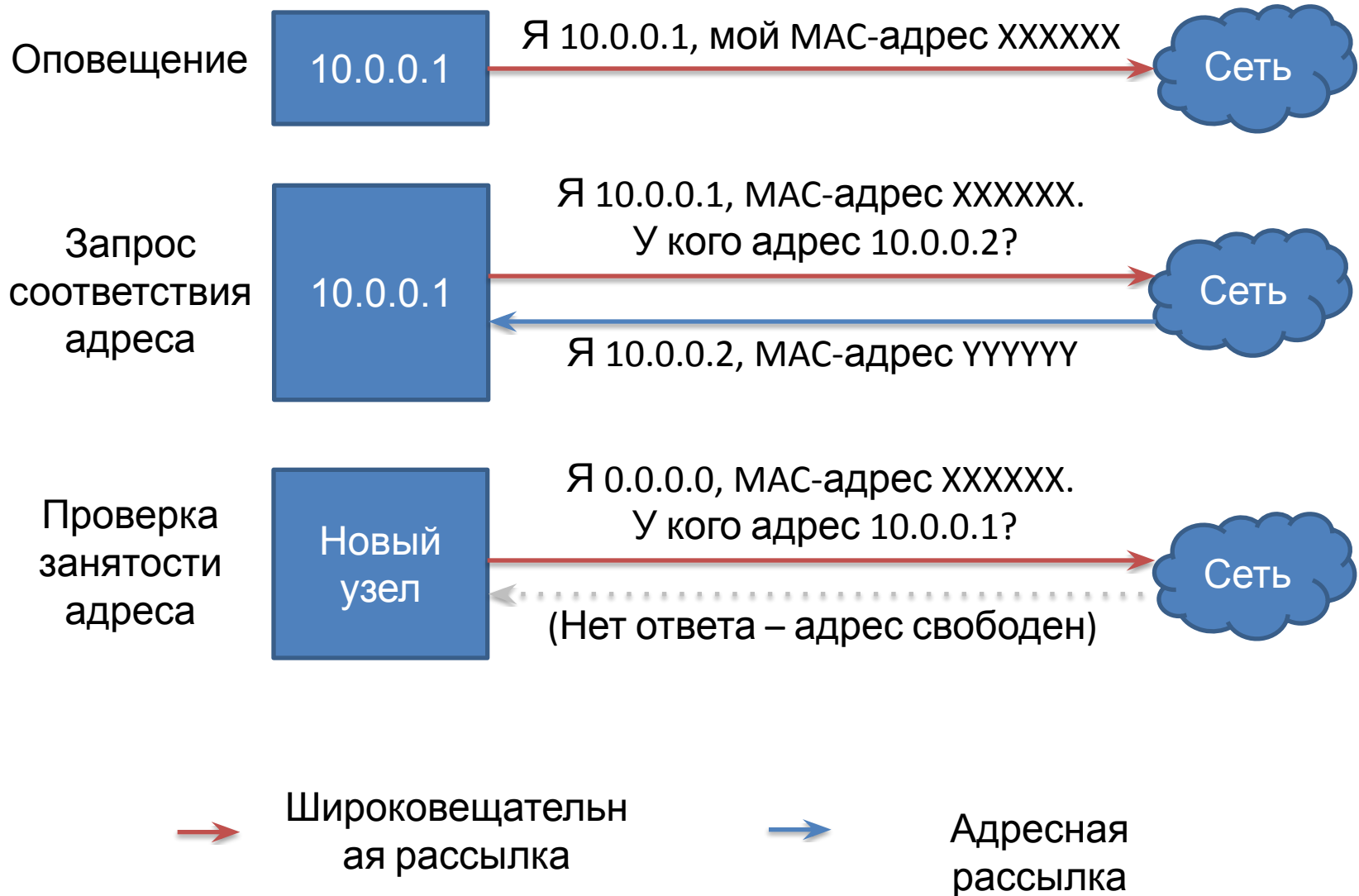


А:
Адрес узла назначения - 10.0.0.2
 $10.0.0.2 (И) 255.255.255.0 = 10.0.0.0$
10.0.0.0 – адрес местной подсети,
пакет отправляется напрямую

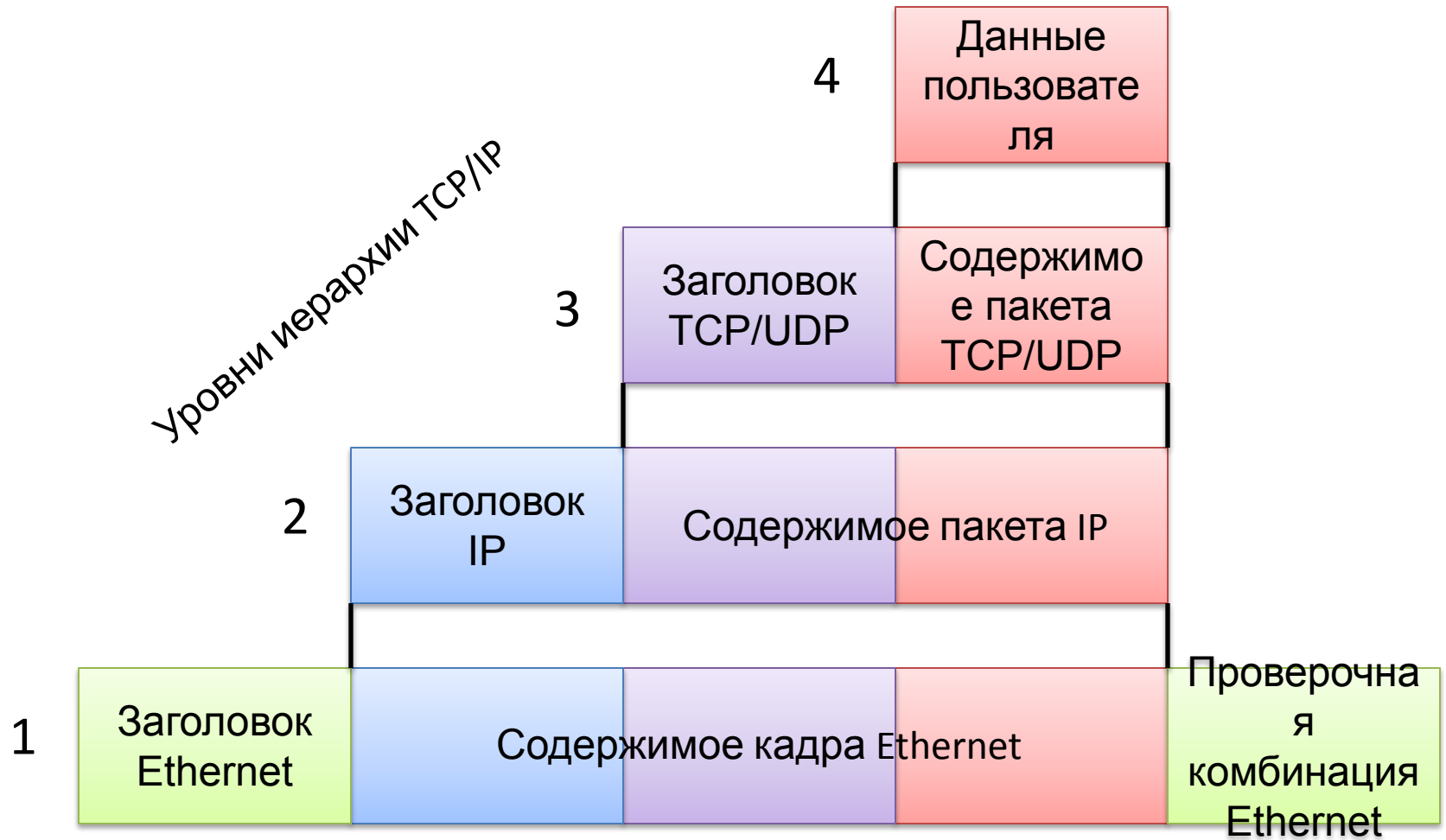
Б:
Адрес узла назначения - 10.16.0.2
 $10.16.0.2 (И) 255.255.255.0 = 10.16.0.0$
10.16.0.0 – адрес другой подсети,
пакет отправляется на шлюз.

В:
 $10.16.0.2 (И) 255.255.0.0 = 10.16.0.0$
10.16.0.0 – адрес местной подсети,
пакет отправляется напрямую

Протокол разрешения адресов ARP



Заголовки данных в сети Ethernet/TCP/IP



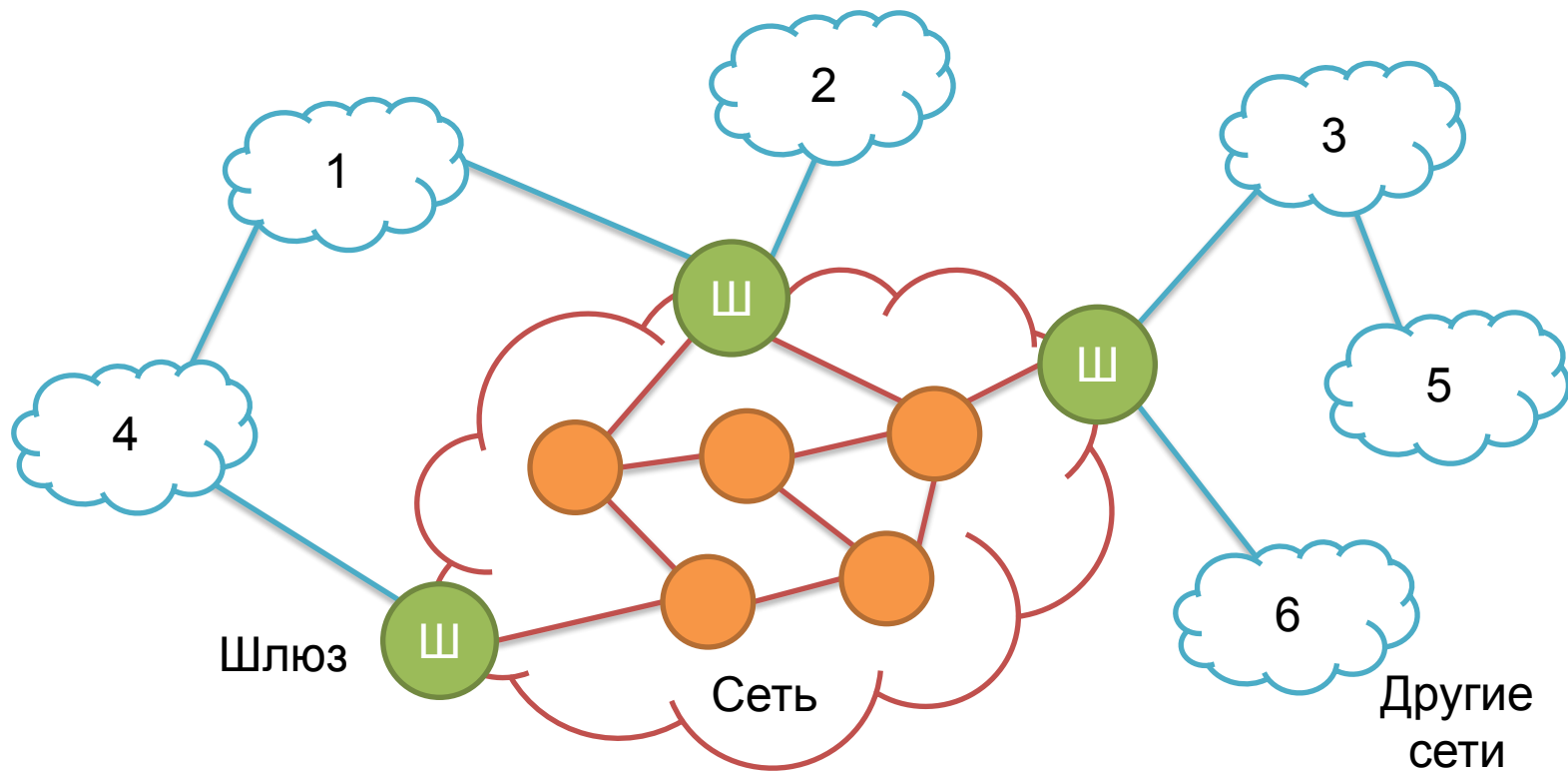
Формат пакета IPv4

Биты 0-3	4-7	8-13	14-15	16-18	19-31
Версия 4	Длина заголовка	QoS	Перегрузк а	Длина пакета в байтах	
Идентификация сегмента				Флаги	Отступ сегмента
Время жизни пакета (TTL)		Протокол		Контр. сумма заголовка	
IP-адрес отправителя					
IP-адрес получателя					
Опции (необязательное поле)					
Содержимое пакета					

Формат пакета IPv6

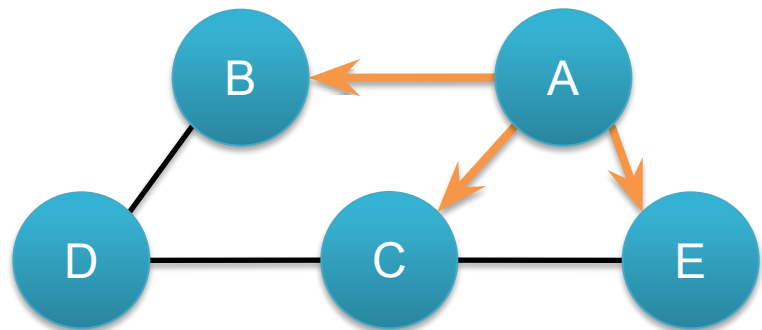
Биты 0-3	4-11	12-15	16-23	24-31
Версия = 6	Класс трафика	Управление потоком (не используется)		
Длина содержимого в байтах		След. заголовок	Счетчик переходов	
IPv6-адрес отправителя (4x32 бита)				
IPv6-адрес получателя (4x32 бита)				
Дополнительные заголовки (необязательное поле)				
Содержимое пакета				

Внутренняя и внешняя маршрутизация

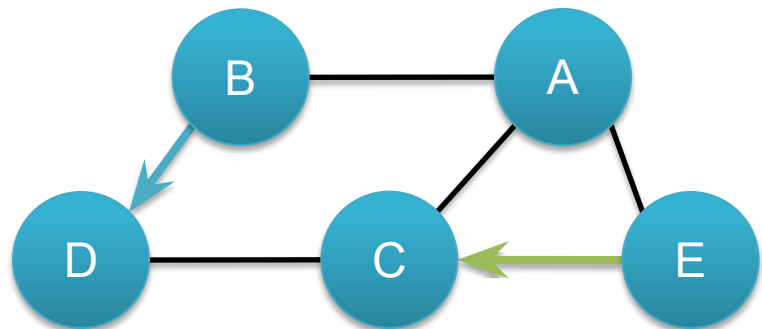


- Область внешней маршрутизации (доступности). Протокол BGP
- Область внутренней маршрутизации. Протоколы RIP, IGRP, OSPF и др.

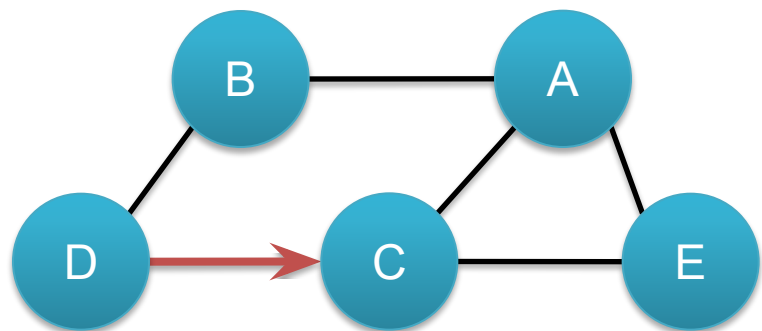
Протокол RIP



«Узел A – 1 переход»

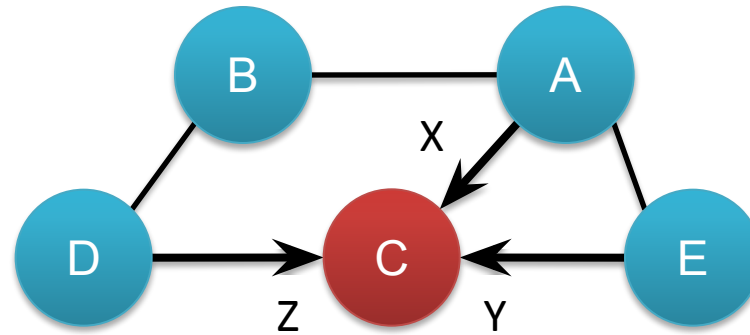


«Узел A – 2 перехода, B – 1
переход»
«Узел A – 2 перехода, E – 1
переход»



«Узел A – 3 перехода, B – 2
перехода, D – 1 переход»

Протокол RIP



Полученные расстояния до узлов

Из порта X: **A – 1**, **B – 2**, D – 3, E – 2

Из порта Y: A – 2, B – 3, **D – 3**, **E – 1**

Из порта Z: A – 3, B – 2, **D – 1**, **E – 3**

Таблица маршрутизации

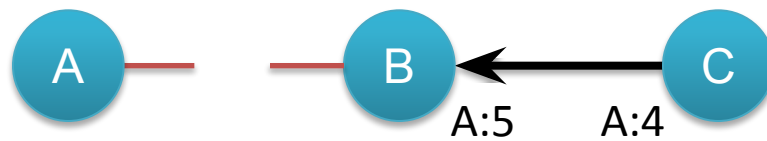
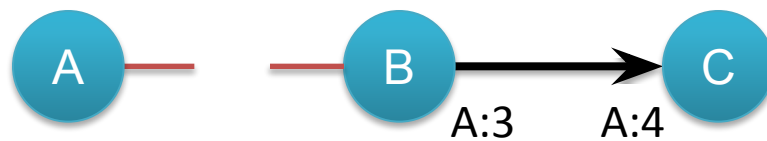
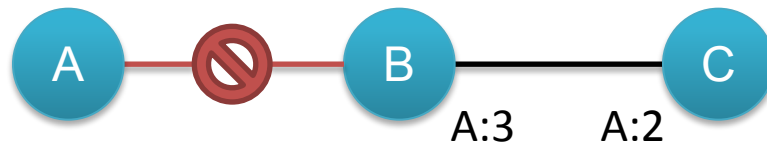
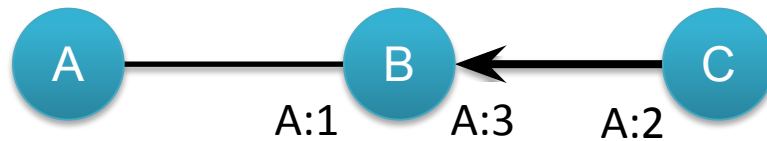
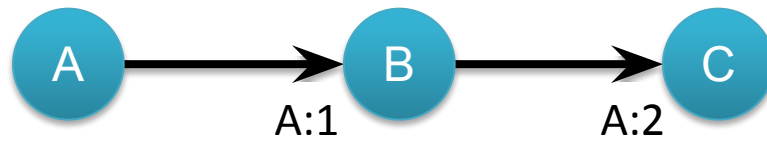
A: X

B: X

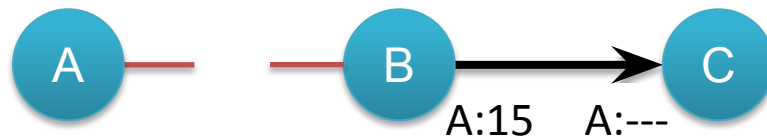
D: Z

E: Y

Протокол RIP

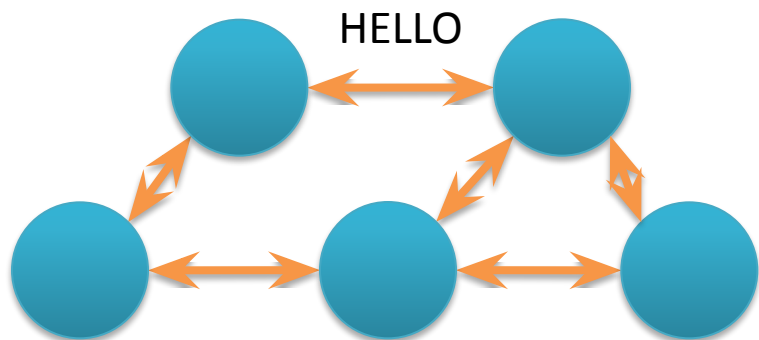


■ ■ ■

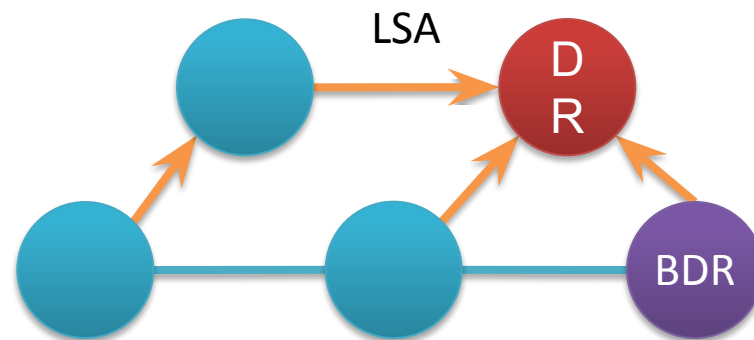


$D_{\max} = 15$

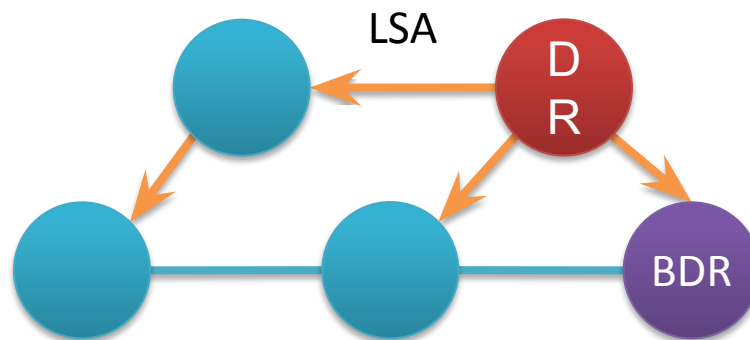
Протокол OSPF



Обнаружение соседей и выборы
основного (DR) и запасного (BDR)
маршрутизаторов



Сбор информации о состоянии
звеньев сети

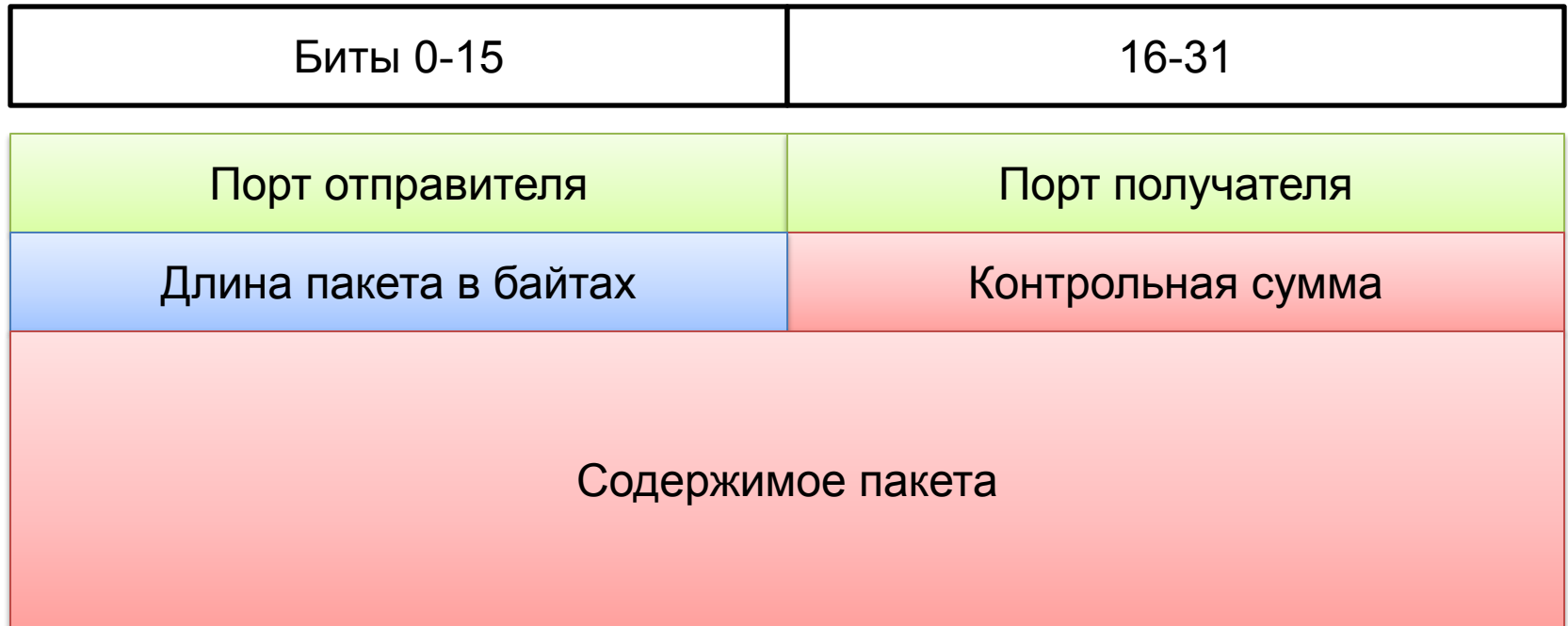


Распространение таблицы
маршрутизации

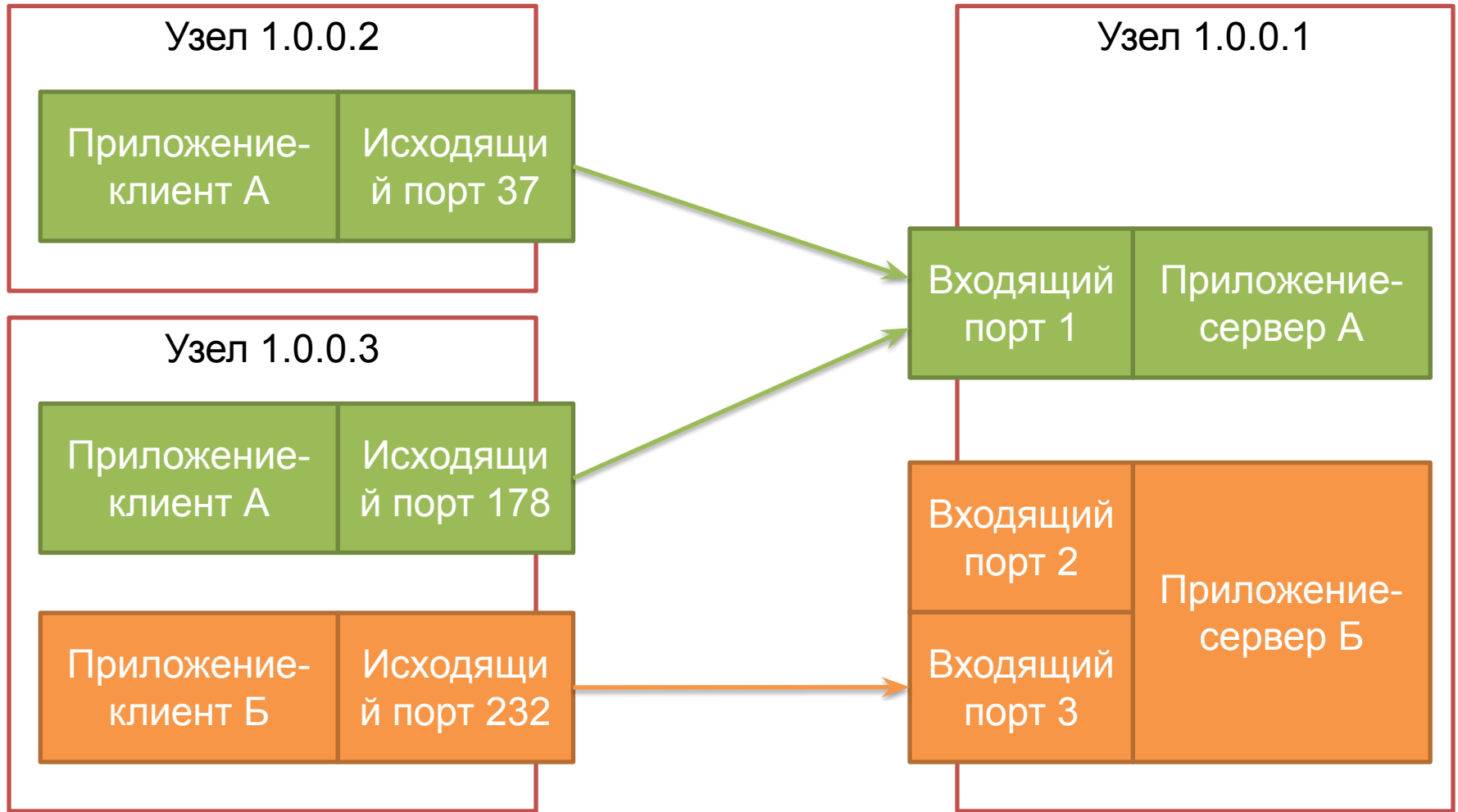
Формат пакета TCP

Биты 0-3	4-7	8-15	16-31
Порт отправителя		Порт получателя	
Порядковый номер первого передаваемого байта данных			
Порядковый номер последнего полученного байта данных			
Длина заголовка	Резерв	Флаги	Размер окна
Контрольная сумма		Указатель срочных данных	
Опции (необязательное поле)			
Содержимое пакета			

Формат пакета UDP



Порты TCP и UDP



Временные порты

Фиксированные порты

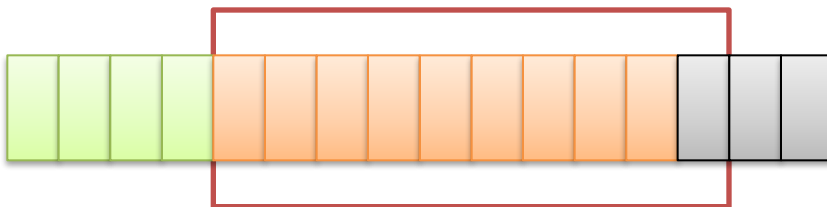
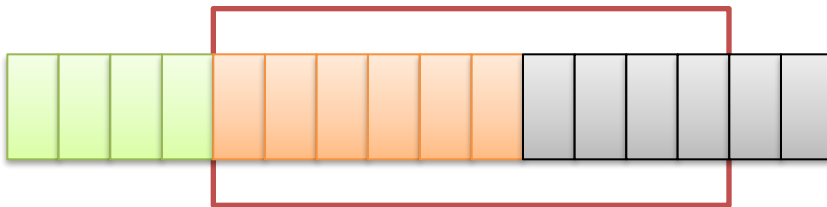
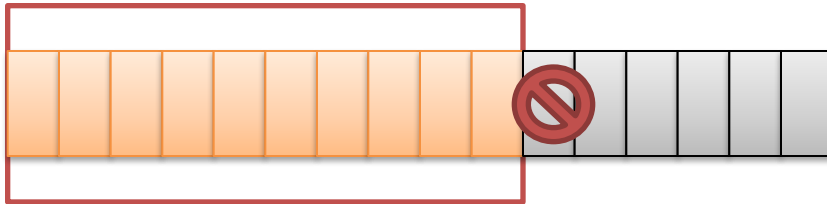
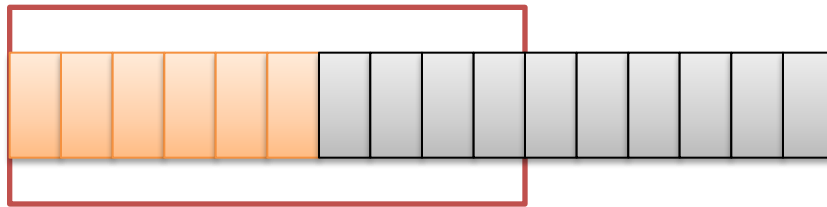
Установка и завершение соединения TCP

Узел А

Узел Б



Принцип скользящего окна



Размер окна



Данные в очереди на передачу

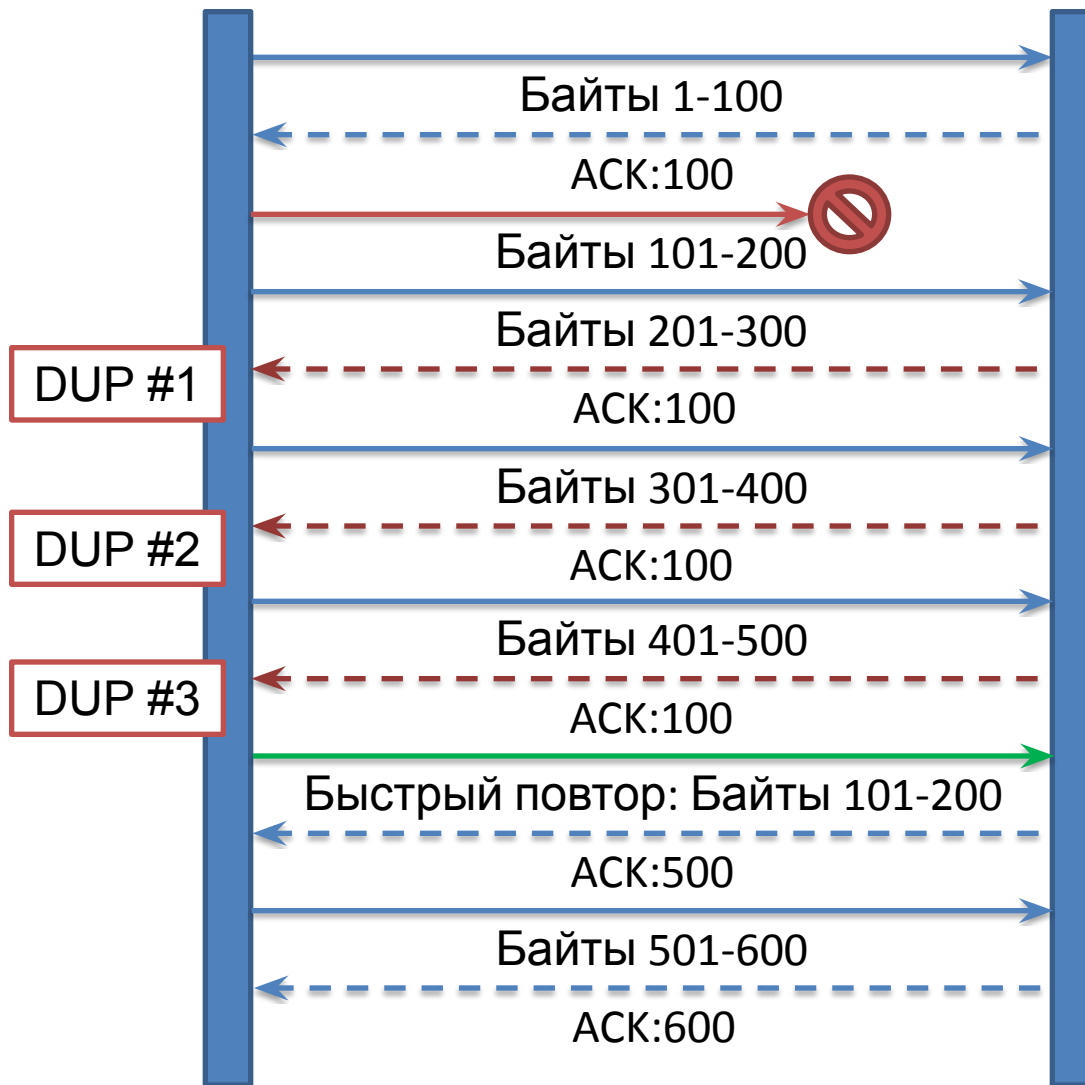


Переданные данные

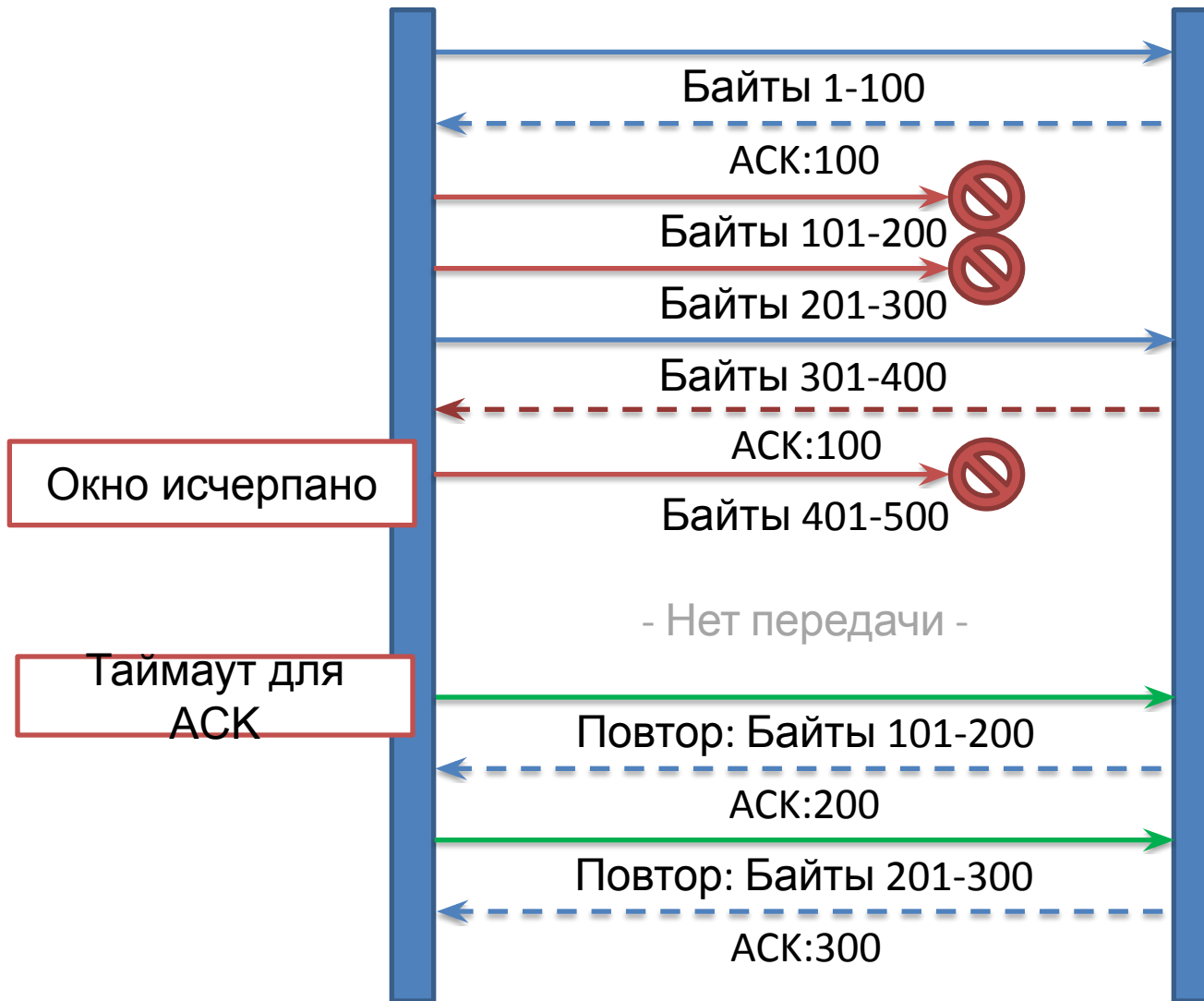


Данные, подтвержденные принимающей стороной

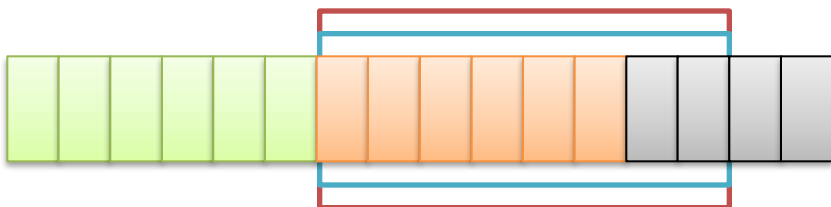
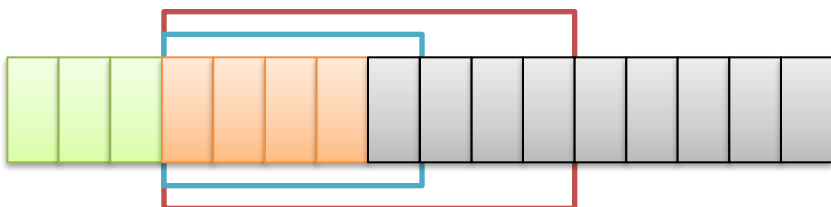
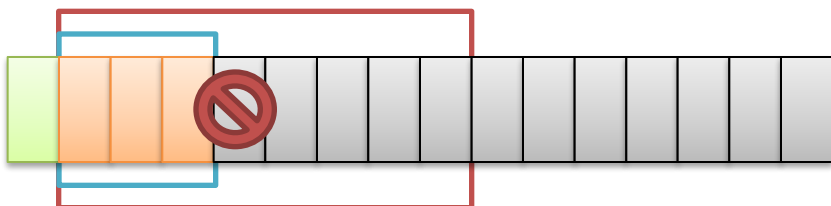
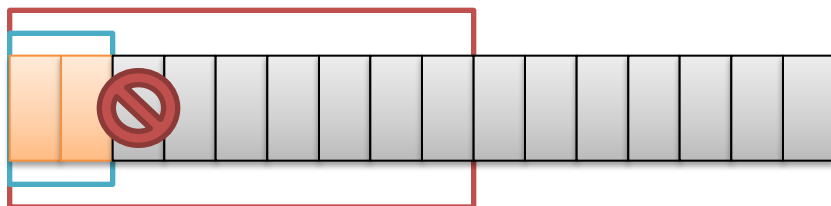
Быстрый повтор потерянных пакетов



Медленный повтор потерянных пакетов



Принцип медленного старта



Размер окна передачи



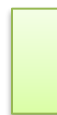
Размер окна затора



Данные в очереди на передачу

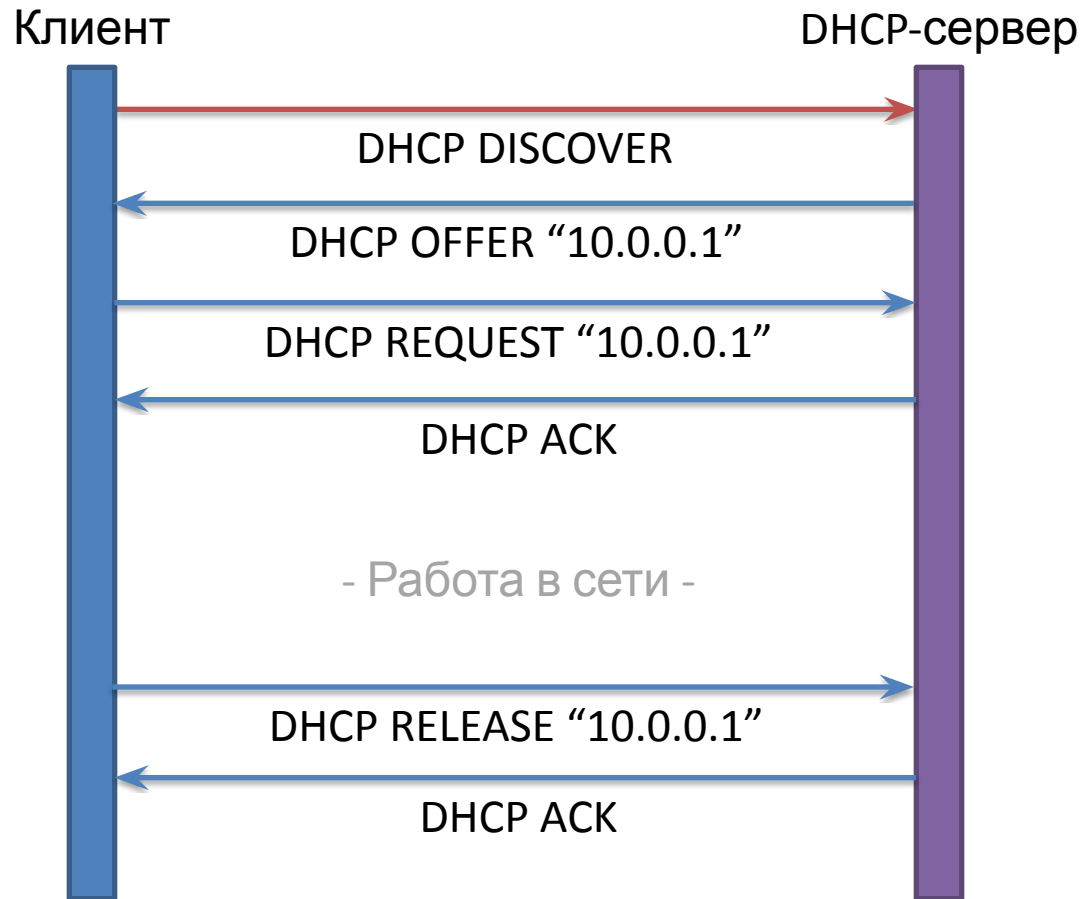


Переданные данные



Данные, подтвержденные принимающей стороной

Протокол назначения адресов DHCP



→ Широковещательная рассылка

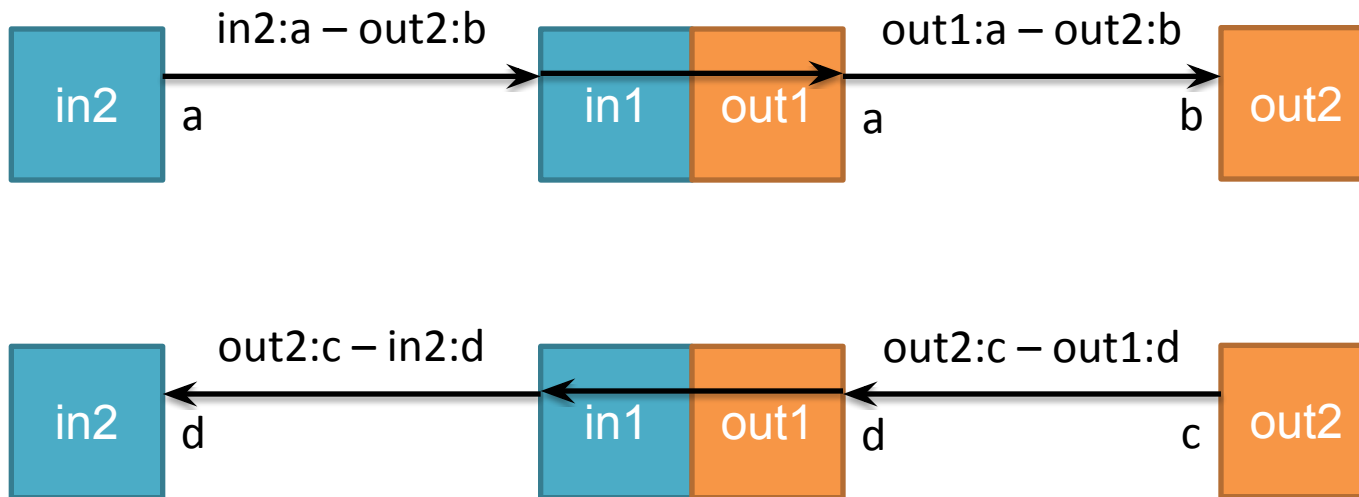
→ Адресная рассылка

Опции протокола DHCP

- 1 Маска подсети
- 3 Адрес шлюза
- 4 Адрес сервера времени (Time)
- 6 Адрес DNS-сервера
- 12 Имя узла
- 15 Имя домена
- 37 Время жизни для IP-пакетов (TTL)
- 42 Адрес сервера точного времени (NTP)
- 50 Запрашиваемый IP-адрес
- 51 Время аренды адреса
- 53 Тип пакета DHCP
- 54 Адрес DHCP-сервера
- 69 Адрес сервера исходящей почты (SMTP)
- 70 Адрес сервера входящей почты (POP3)
- 72 Адрес Web-сервера
- 66, 150 Адрес TFTP-сервера

Трансляция адресов (NAT)

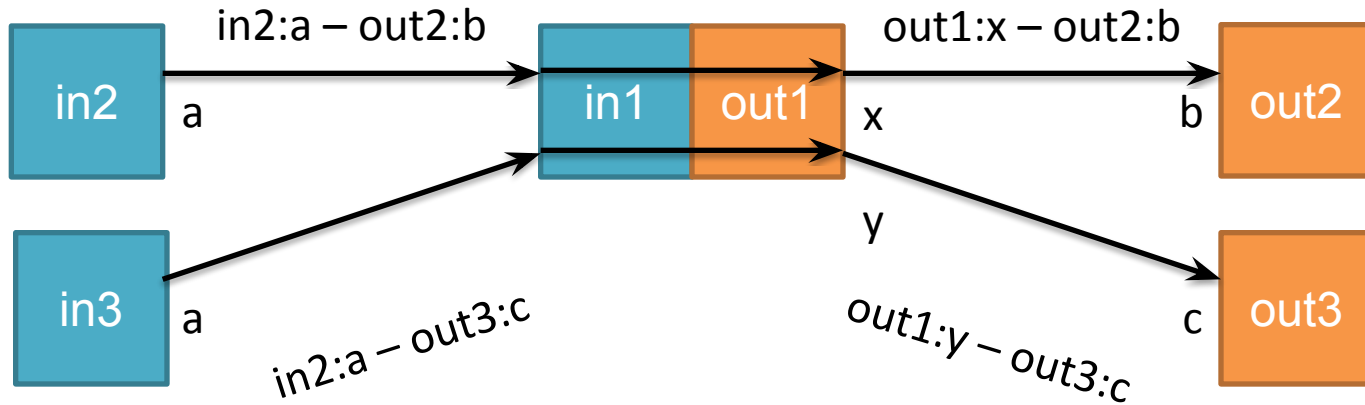
Статическая трансляция адресов



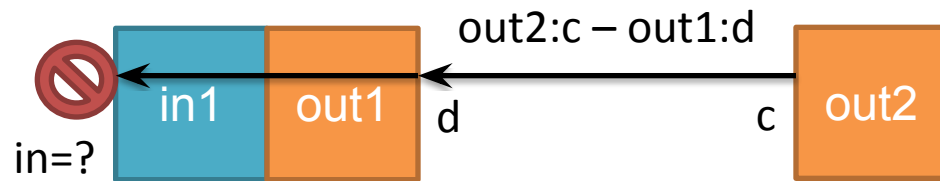
Только один
внутренний
адрес

Трансляция адресов (NAT)

Динамическая трансляция адресов

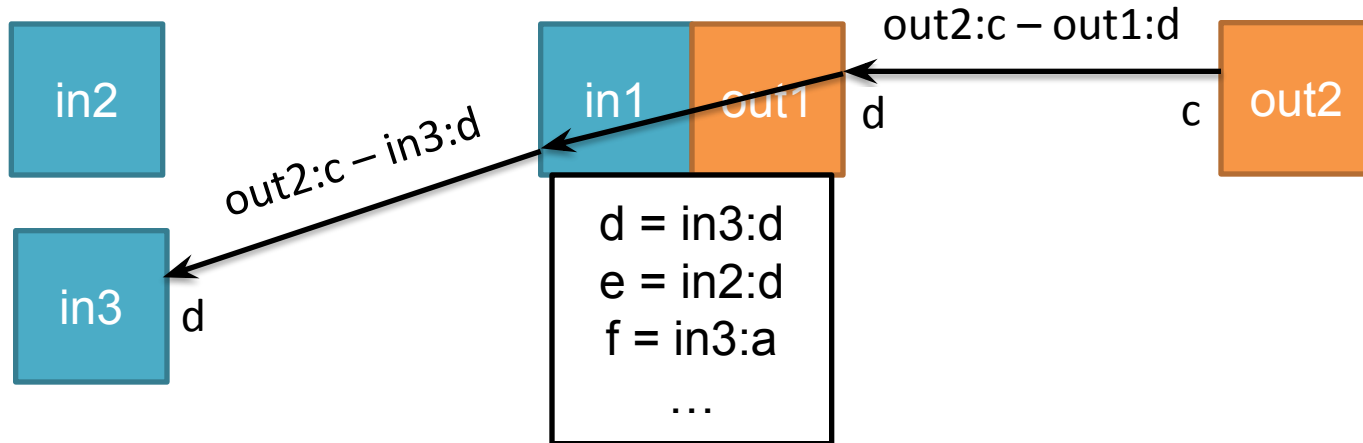


Много
внутренних
адресов



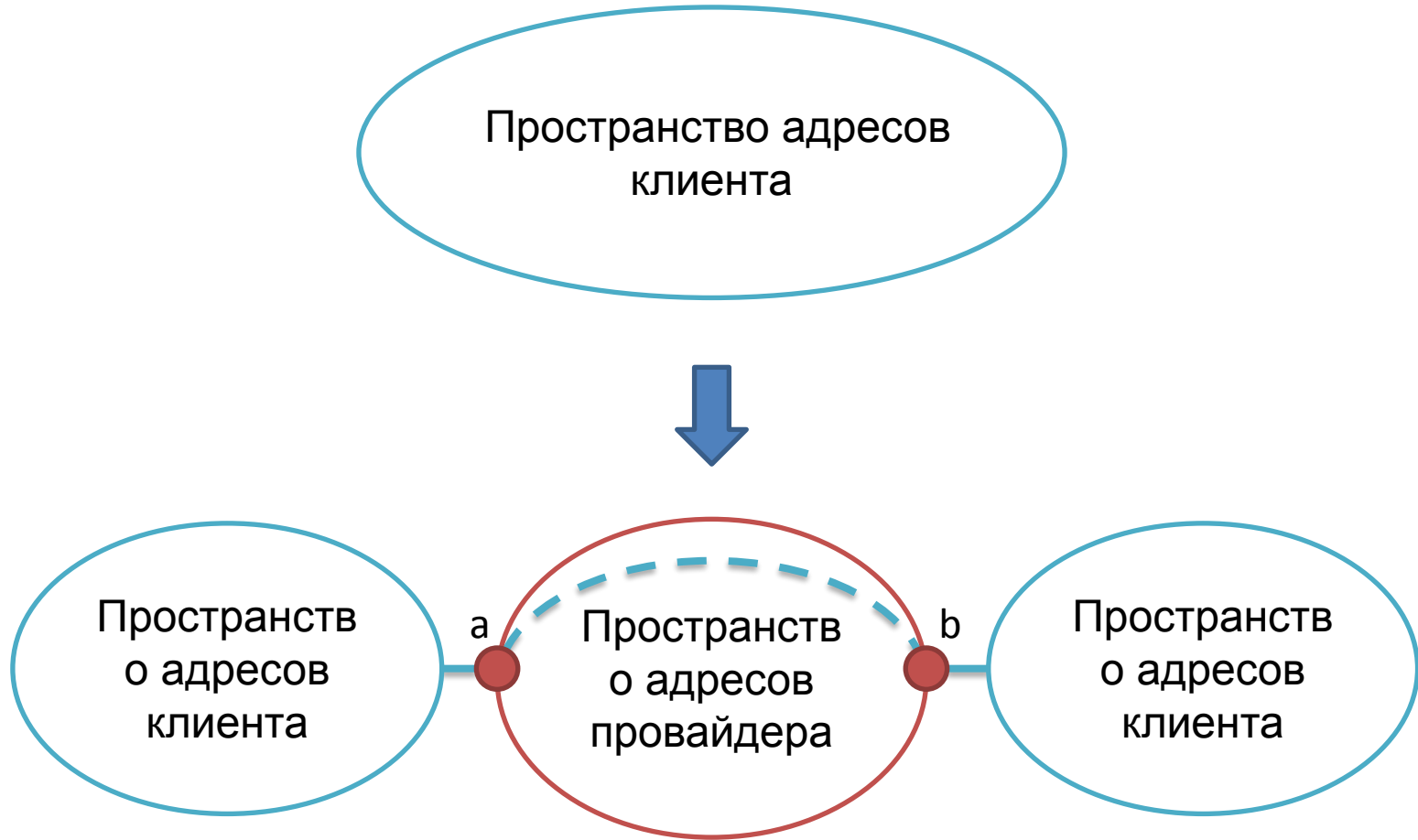
Трансляция адресов (NAT)

Трансляция порт-адрес

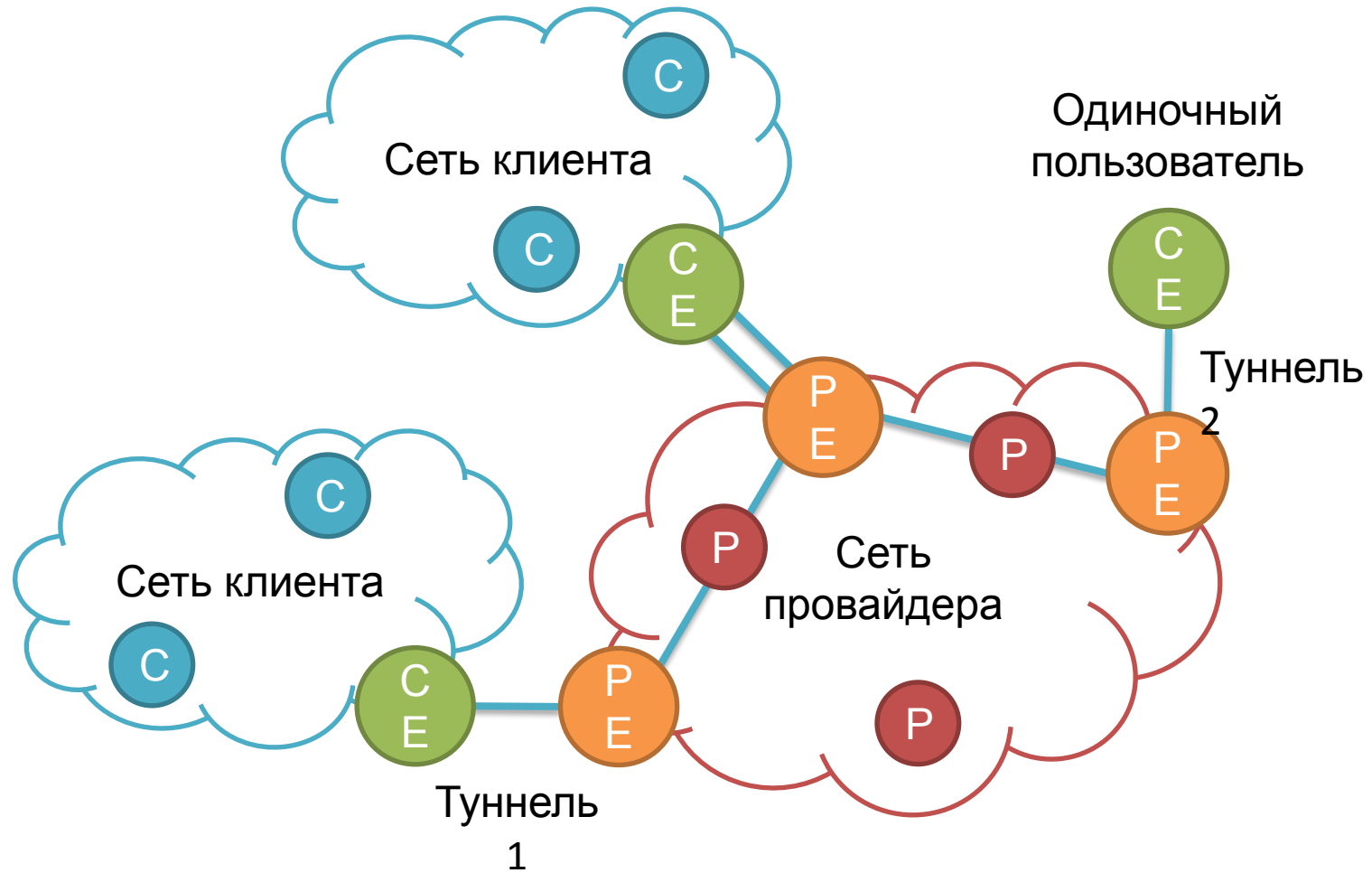


1. Ручная конфигурация
2. Отправка пакета из указанного порта (только для записей вида $x = in2:x$)
3. Протоколы автоматической конфигурации (UPnP Internet Gateway Device Protocol, NAT-PMP)

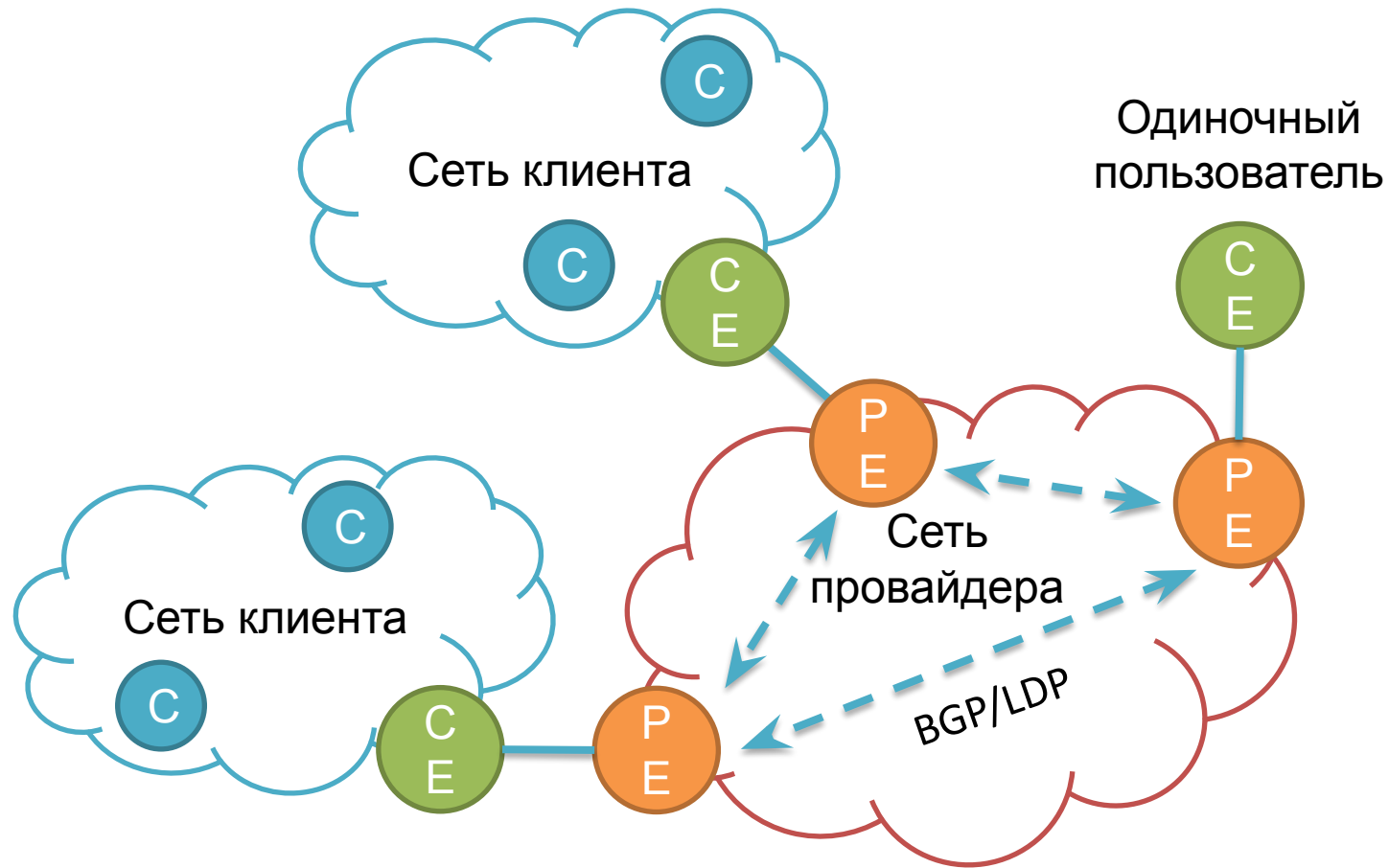
Виртуальная частная сеть (VPN)



VPN с туннелями «точка-точка» (PPTP, L2TP)



VPN с многоточечным туннелированием (VPLS)

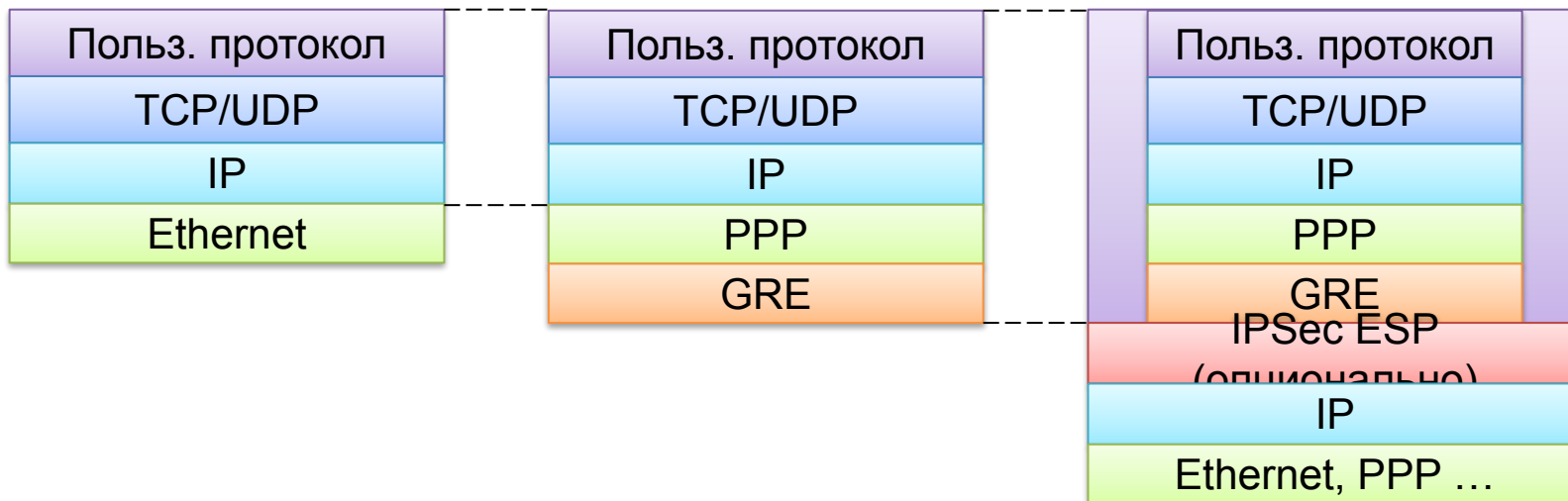


Туннелирование PPTP

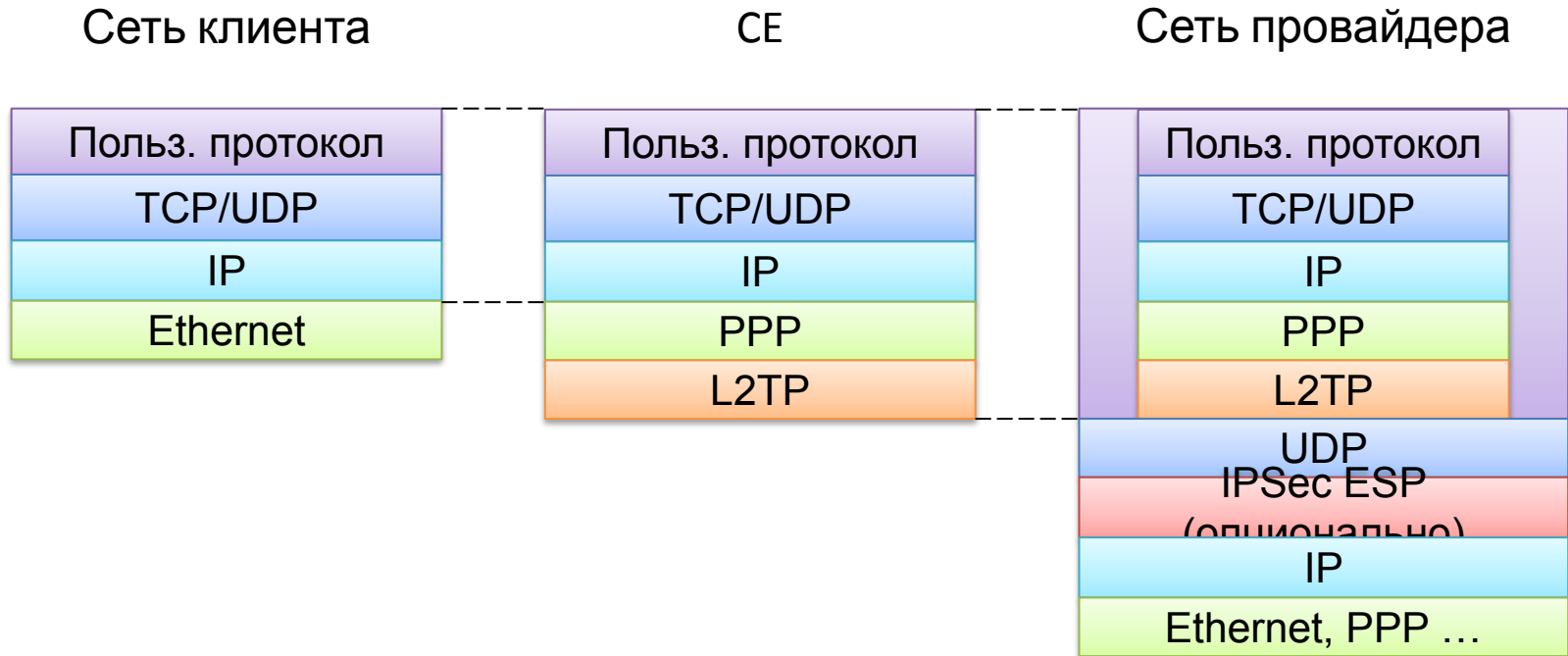
Сеть клиента

CE

Сеть провайдера



Туннелирование L2TP



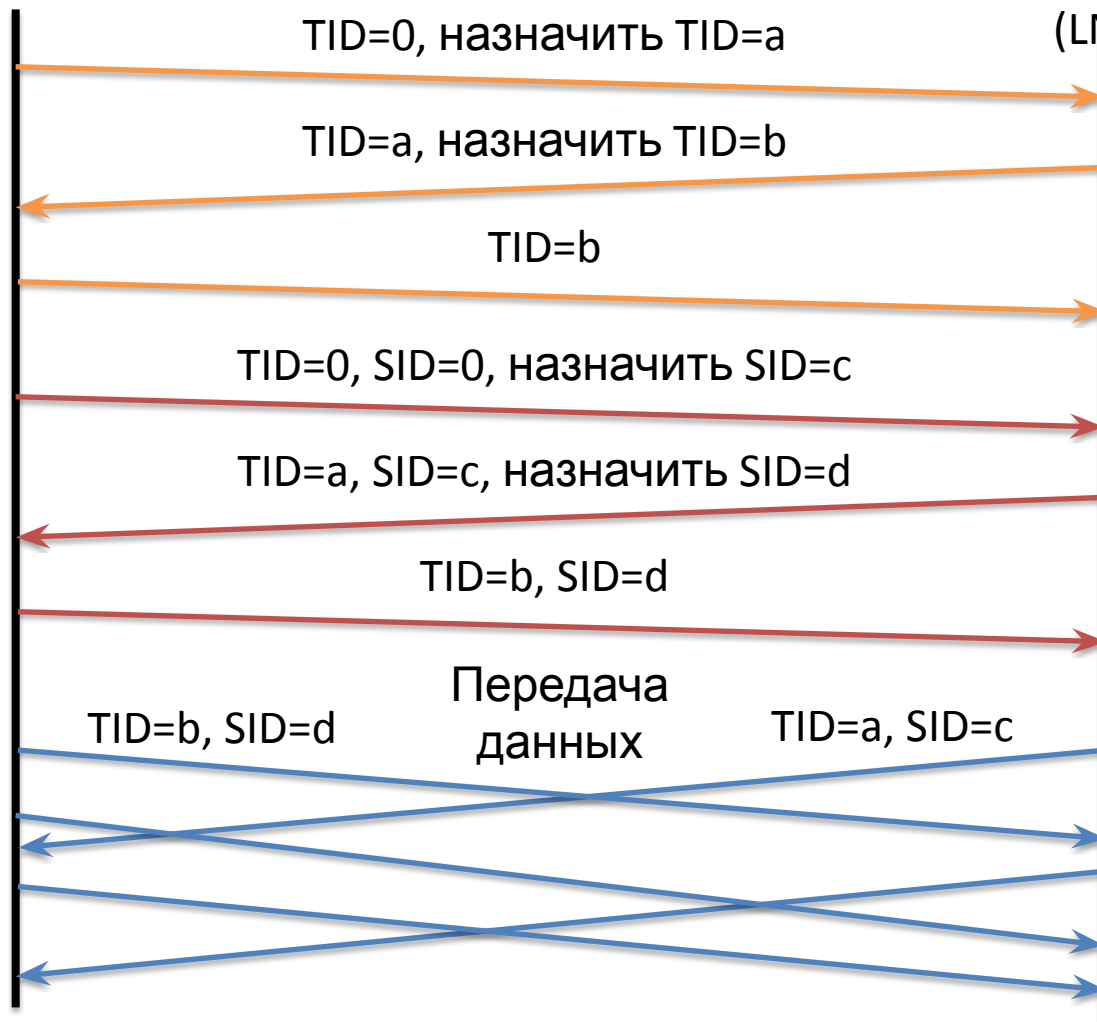
Формат пакета L2TP

Биты 0-15	Биты 16-31
Версия и флаги	Длина*
Идентификатор туннеля (Tunnel ID)	Идентификатор сеанса (Session ID)
Номер посылки (Ns)*	Номер приема (Nr)*
Длина заполнения*	Заполнение*
Содержимое пакета	

Установка соединения L2TP

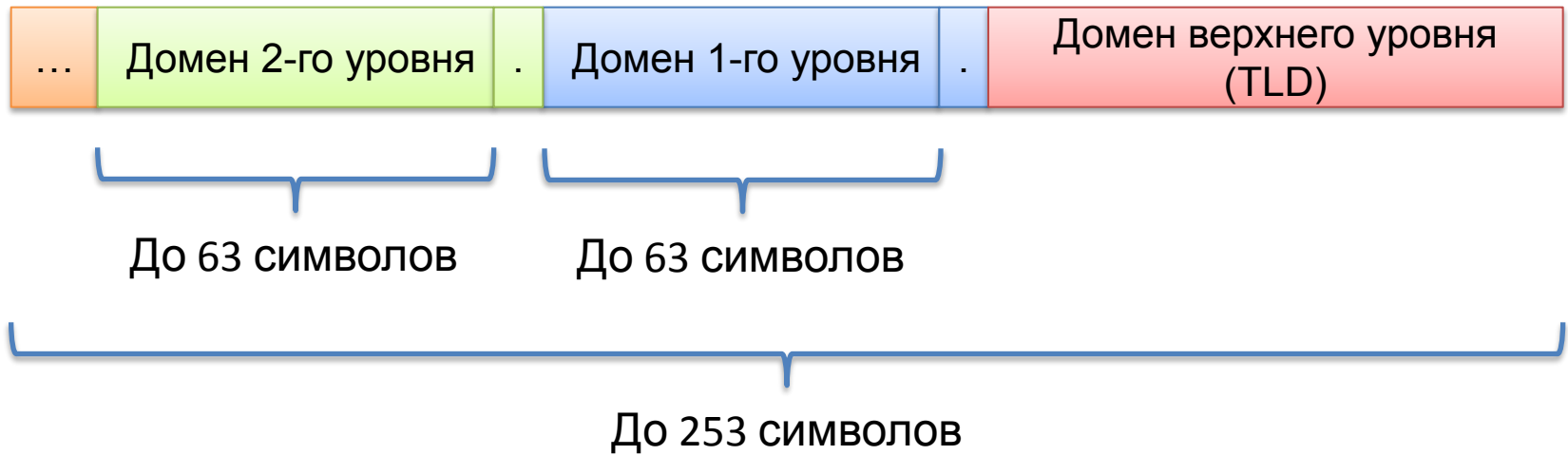
Клиент (LAC)

Сервер (LNS)

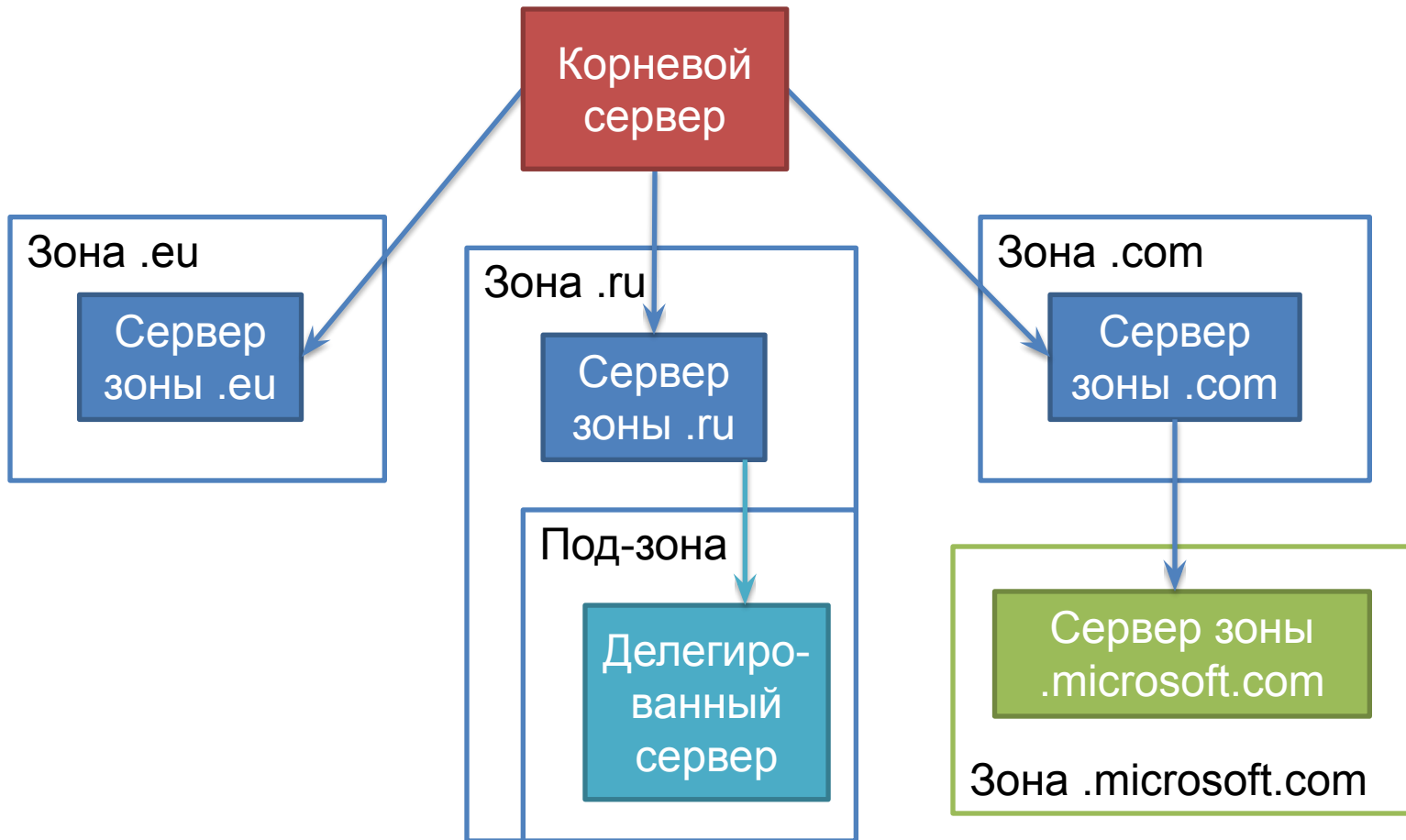


Доменные имена

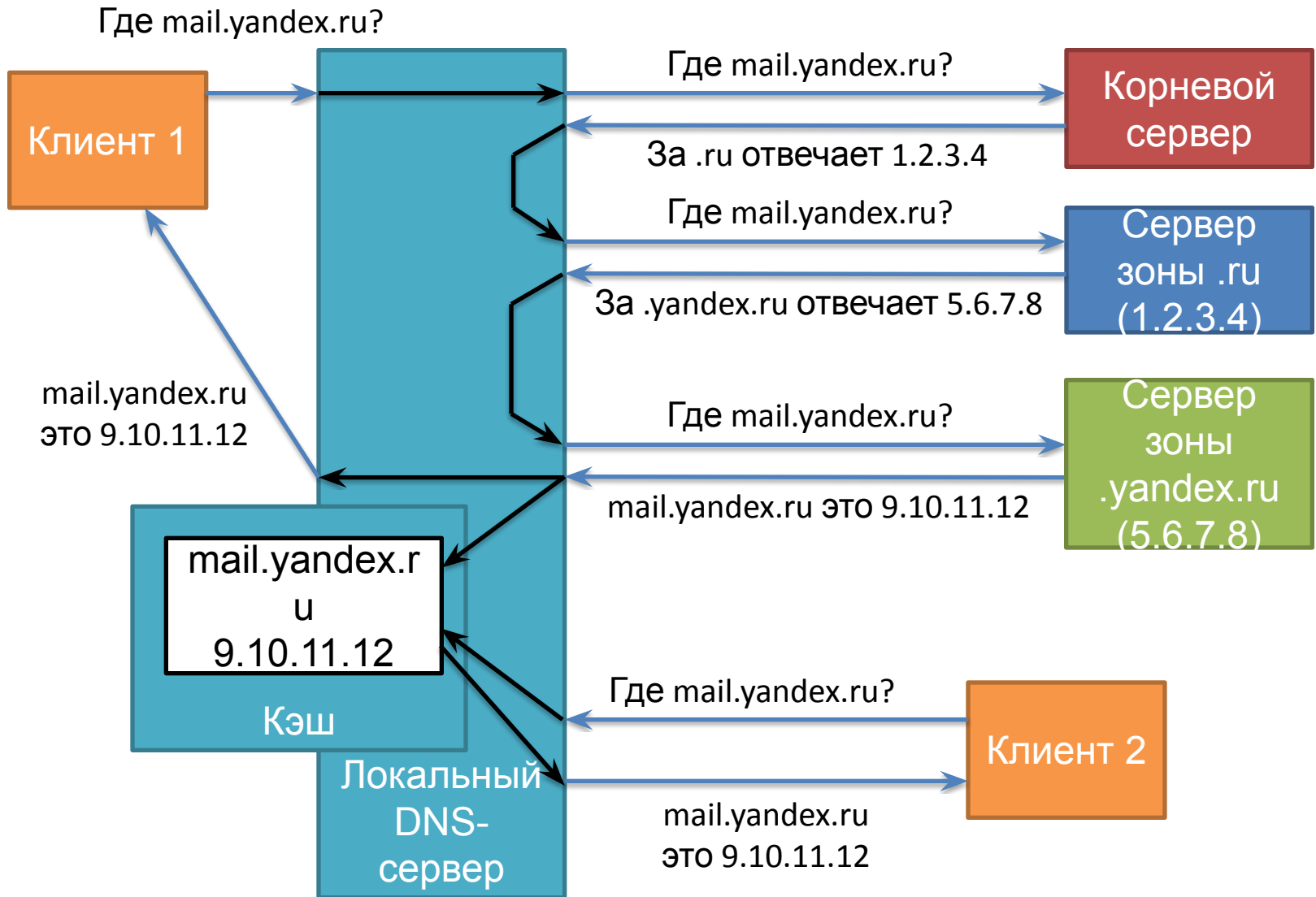
www.example.com



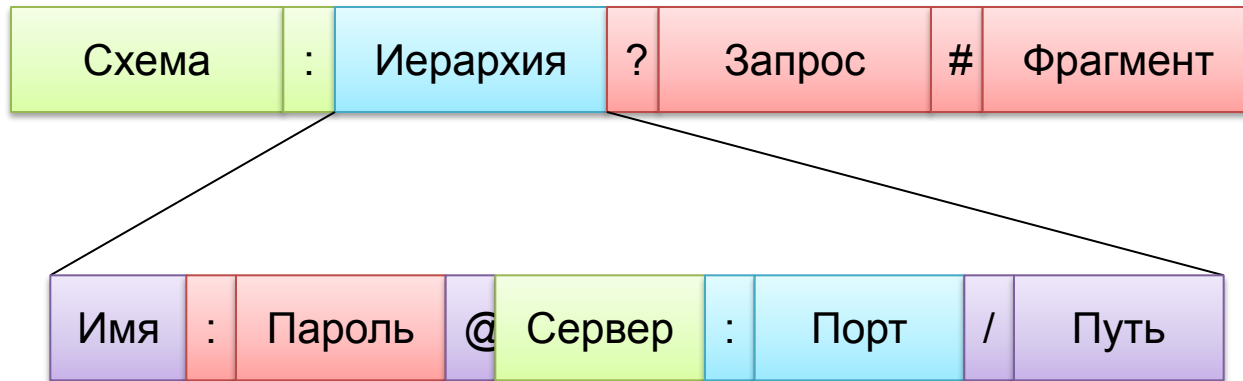
Служба доменных имен (DNS)



Рекурсия и кэширование DNS



Унифицированные идентификаторы ресурсов (URI)



http://en.wikipedia.org/wiki/URI_scheme#Generic_syntax

<http://yandex.ru/yandsearch?text=ПГУПС>

<ftp://ftp.ubuntu.com/ubuntu/dists/natty/>

<telnet://vasya:12345@pgups.ru:10500>

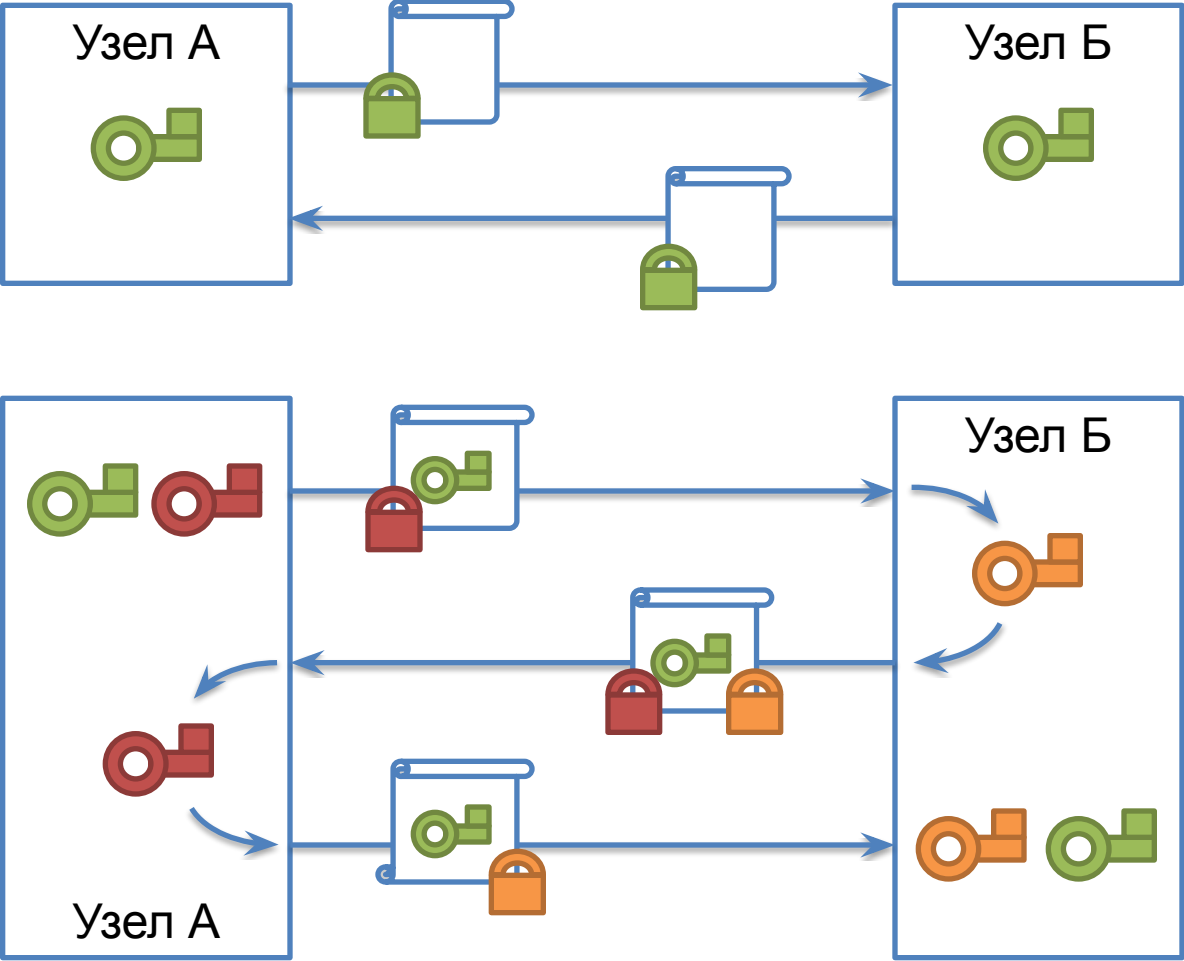
<sip:pupkin@pgups.ru>

<mailto:pupkin@pgups.ru>

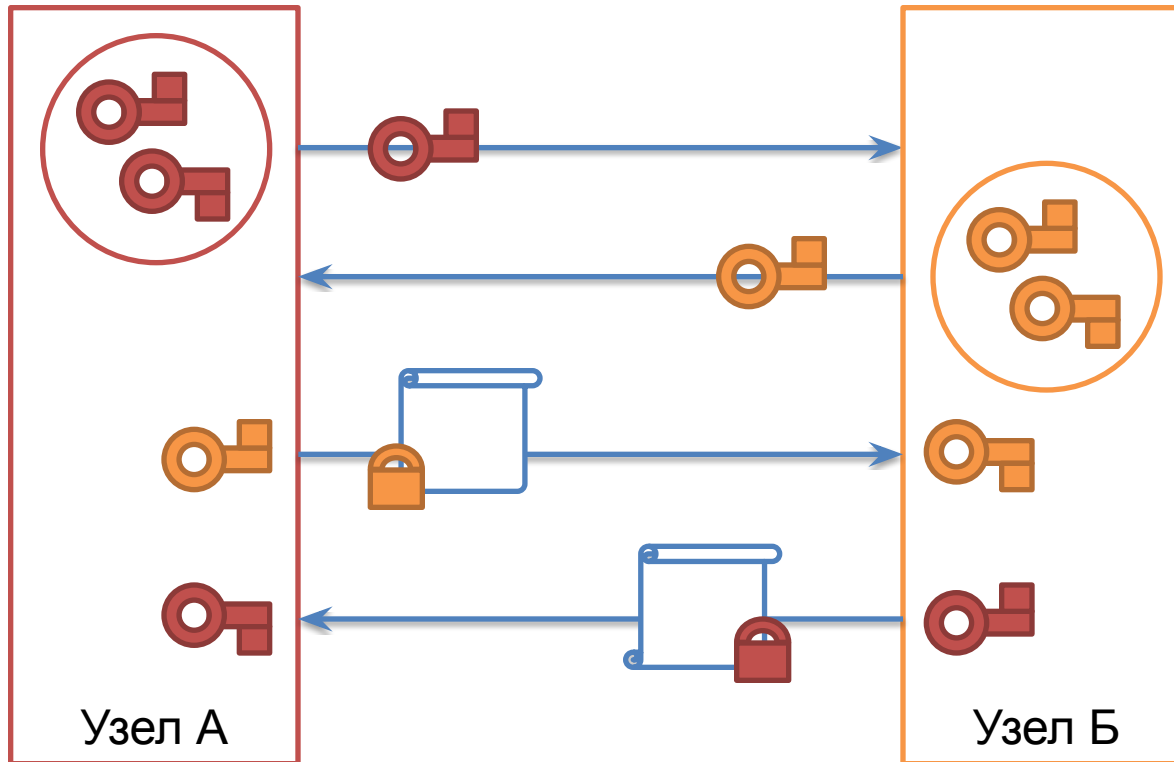
<sms:+1234567890?text=hahaha>

<urn:isbn:0451450523>

Симметричное шифрование и трехшаговая передача ключа



Асимметричное шифрование

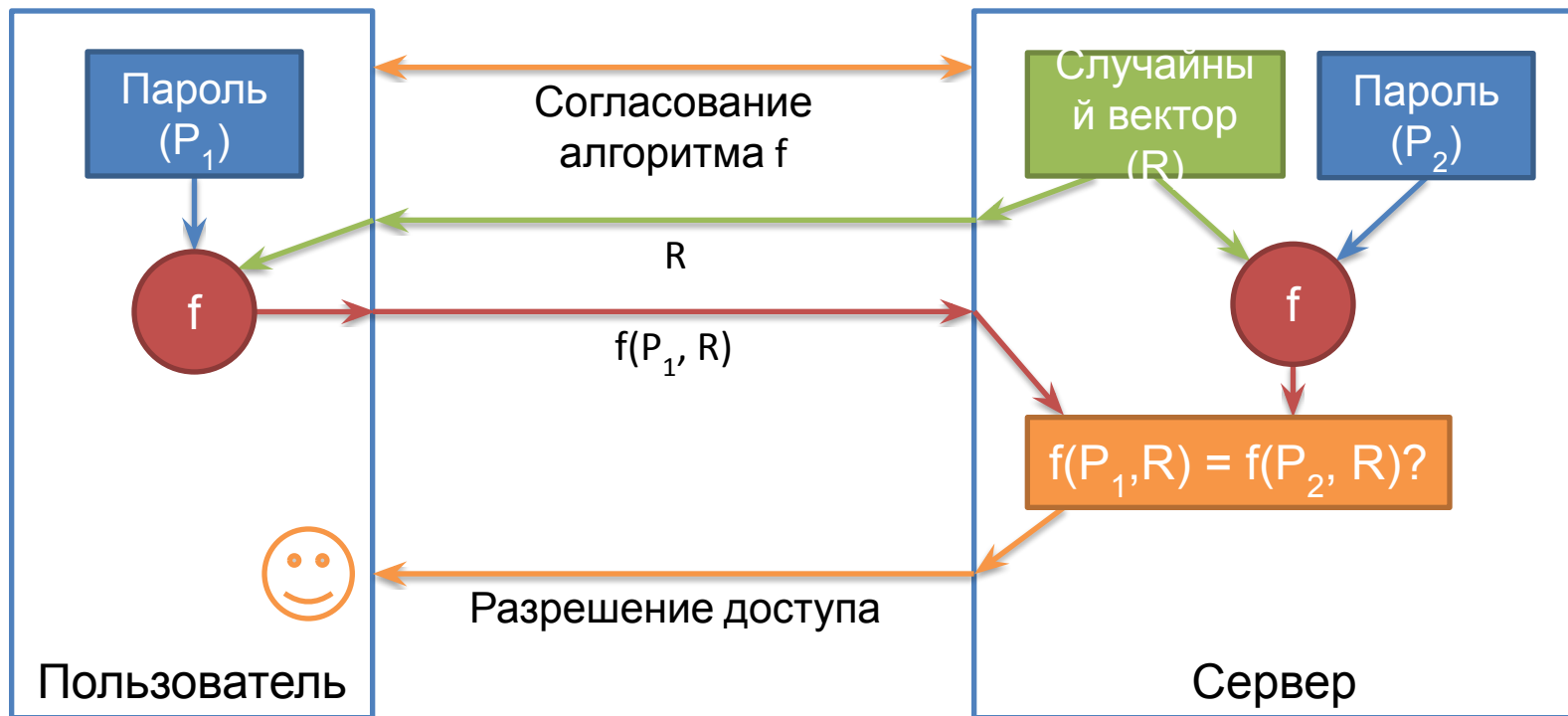


«Открытый ключ» (public key) – только для шифрования



«Закрытый ключ» (private key) – только для дешифрования

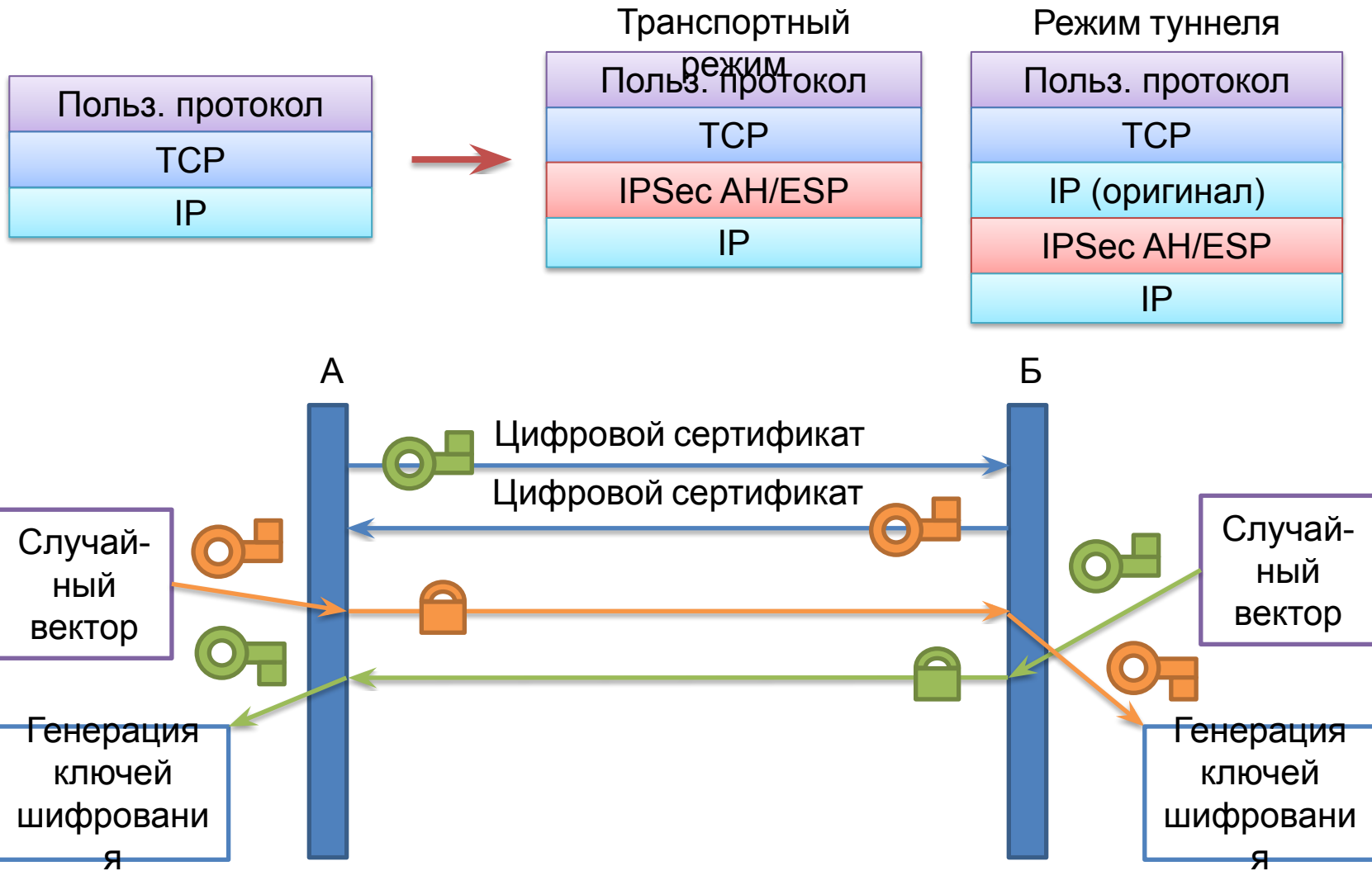
Защищенная проверка паролей



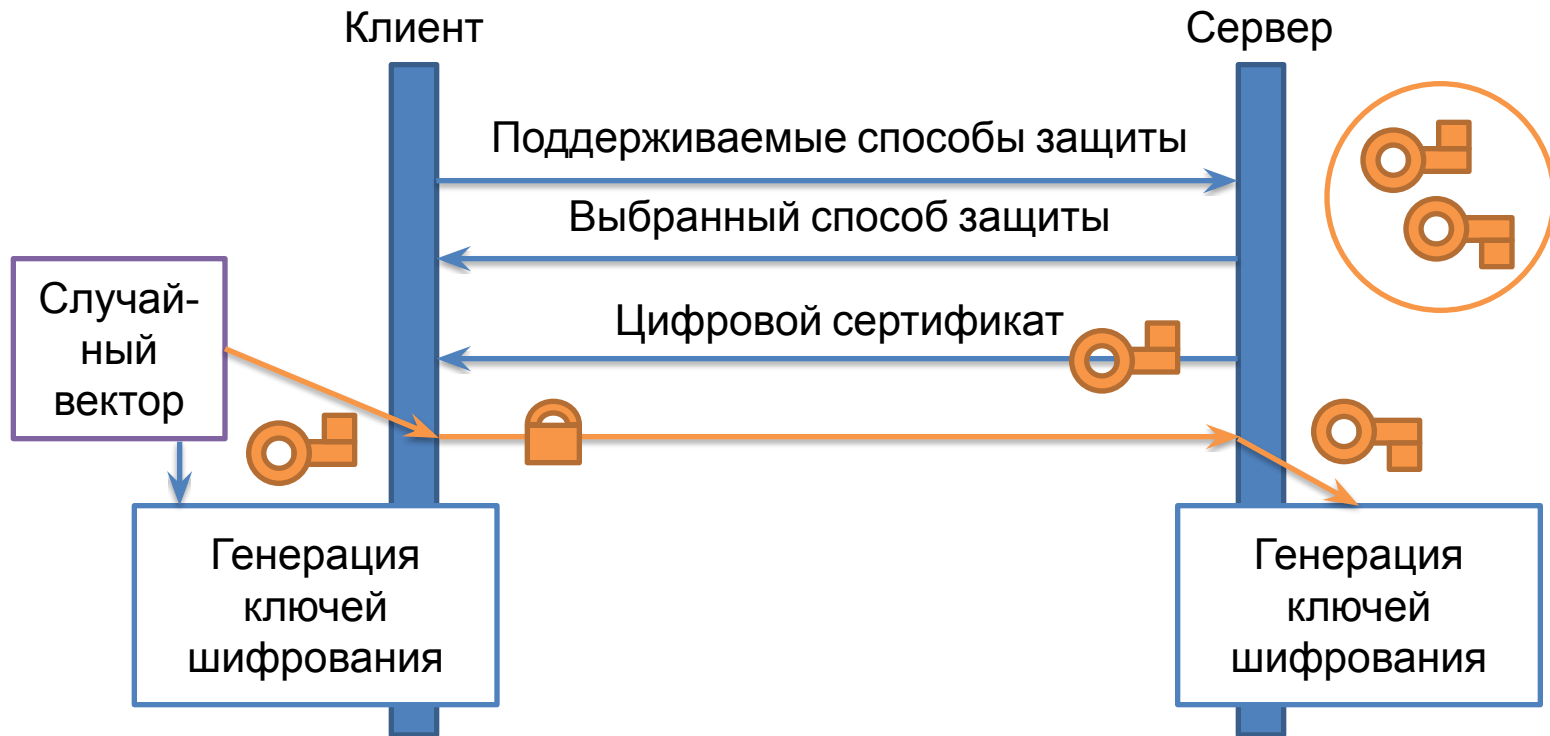
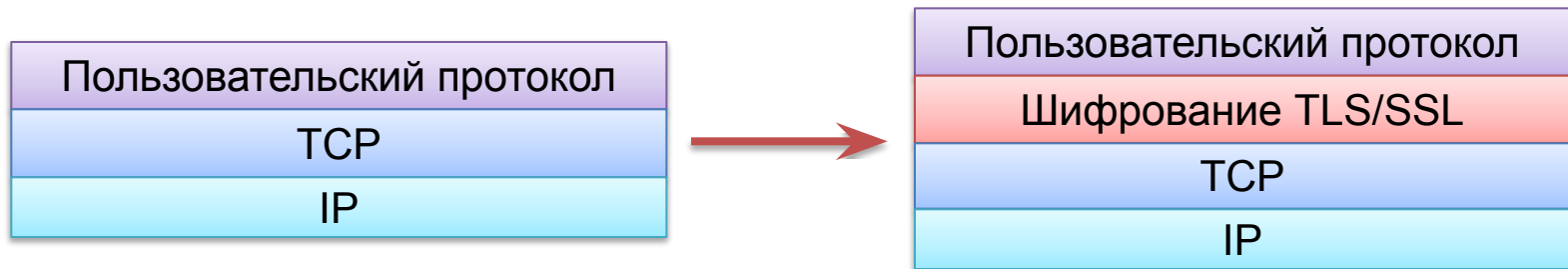
Требования к алгоритму $f(P, R)$:

1. $f(P_1, R) \neq f(P_2, R)$ при $P_1 \neq P_2$
2. $f(P, R_1) \neq f(P, R_2)$ при $R_1 \neq R_2$
3. Отсутствие обратного алгоритма $g(f, R) = P$

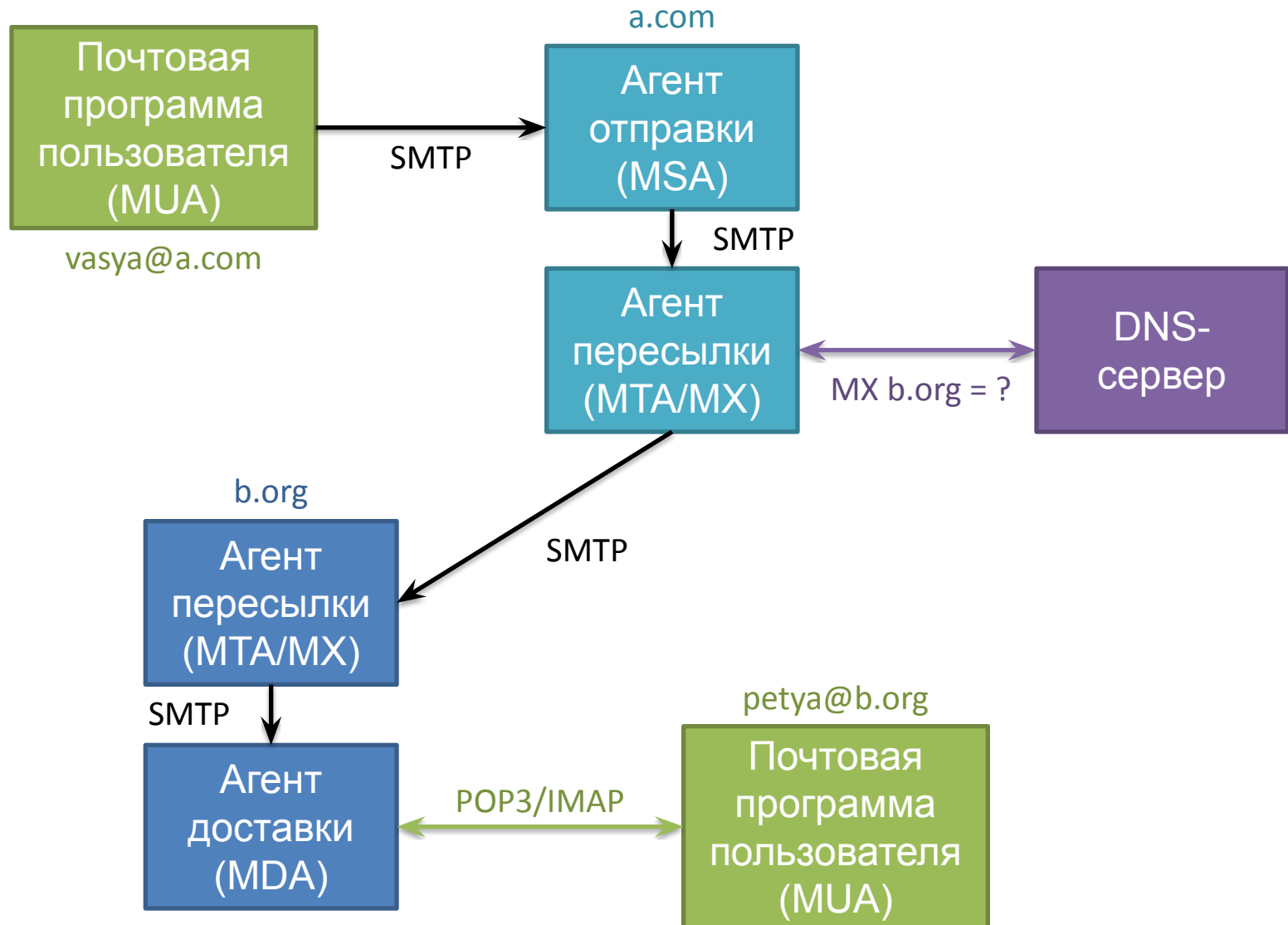
Протокол шифрования IPSec



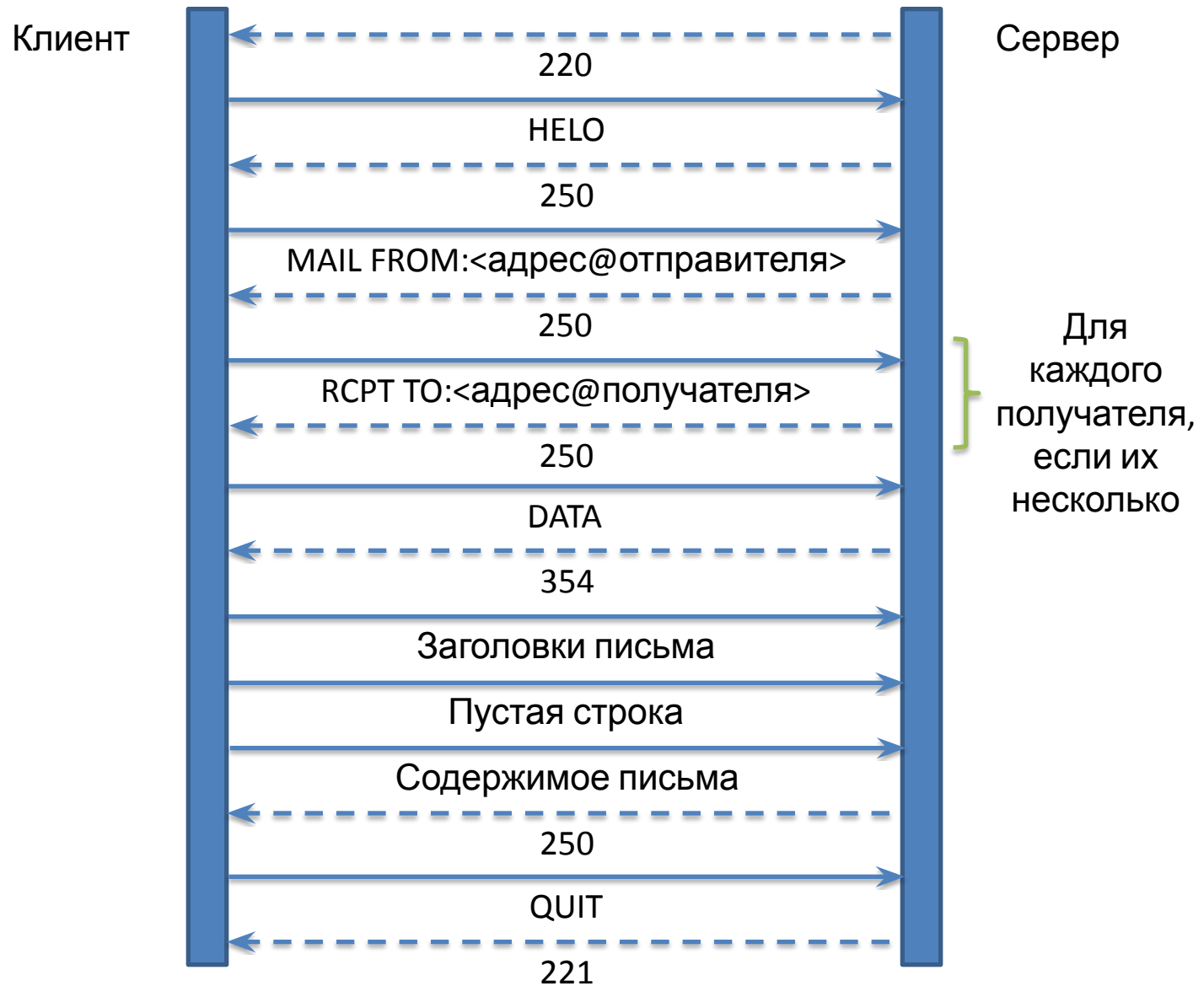
Протокол шифрования TLS/SSL



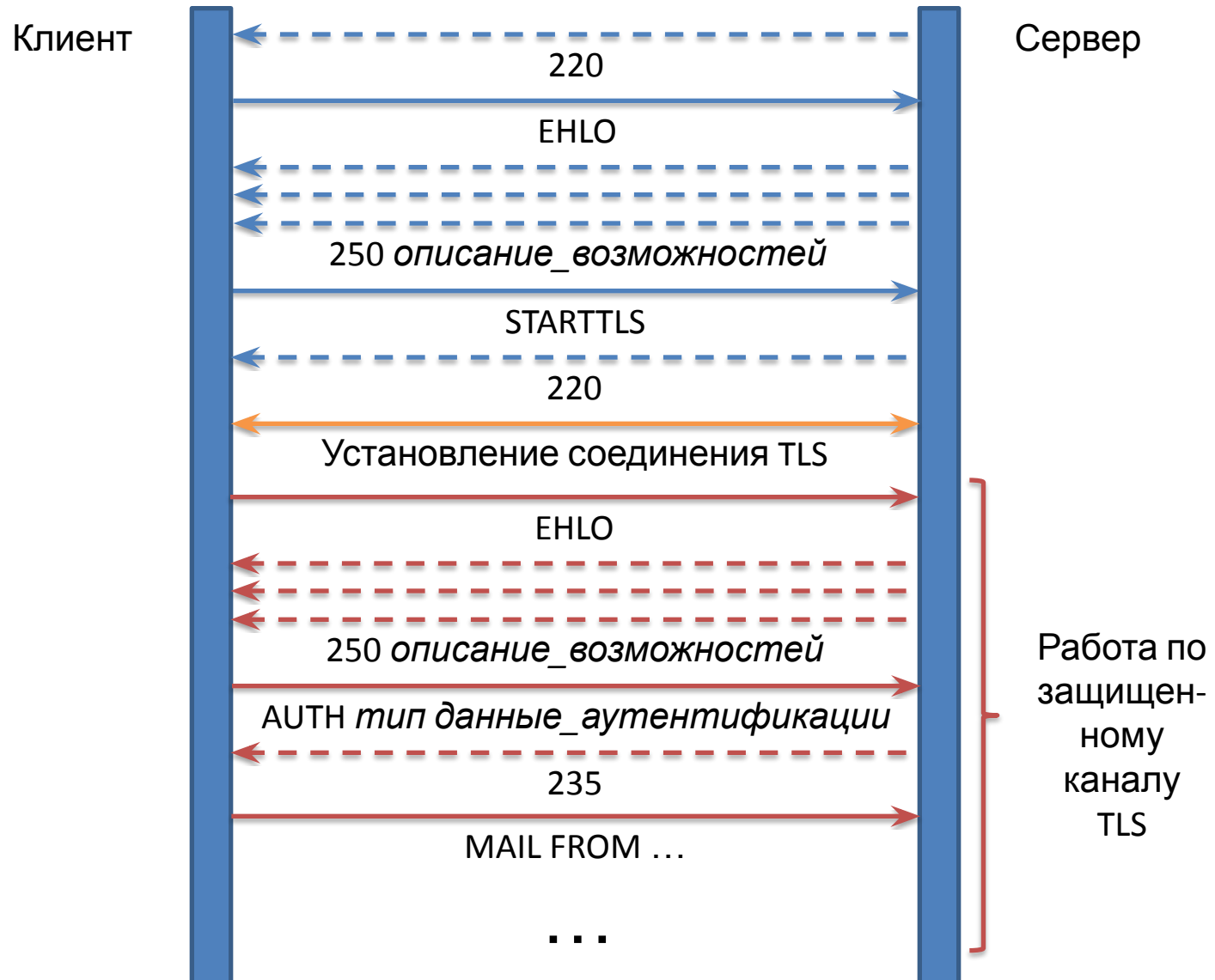
Электронная почта



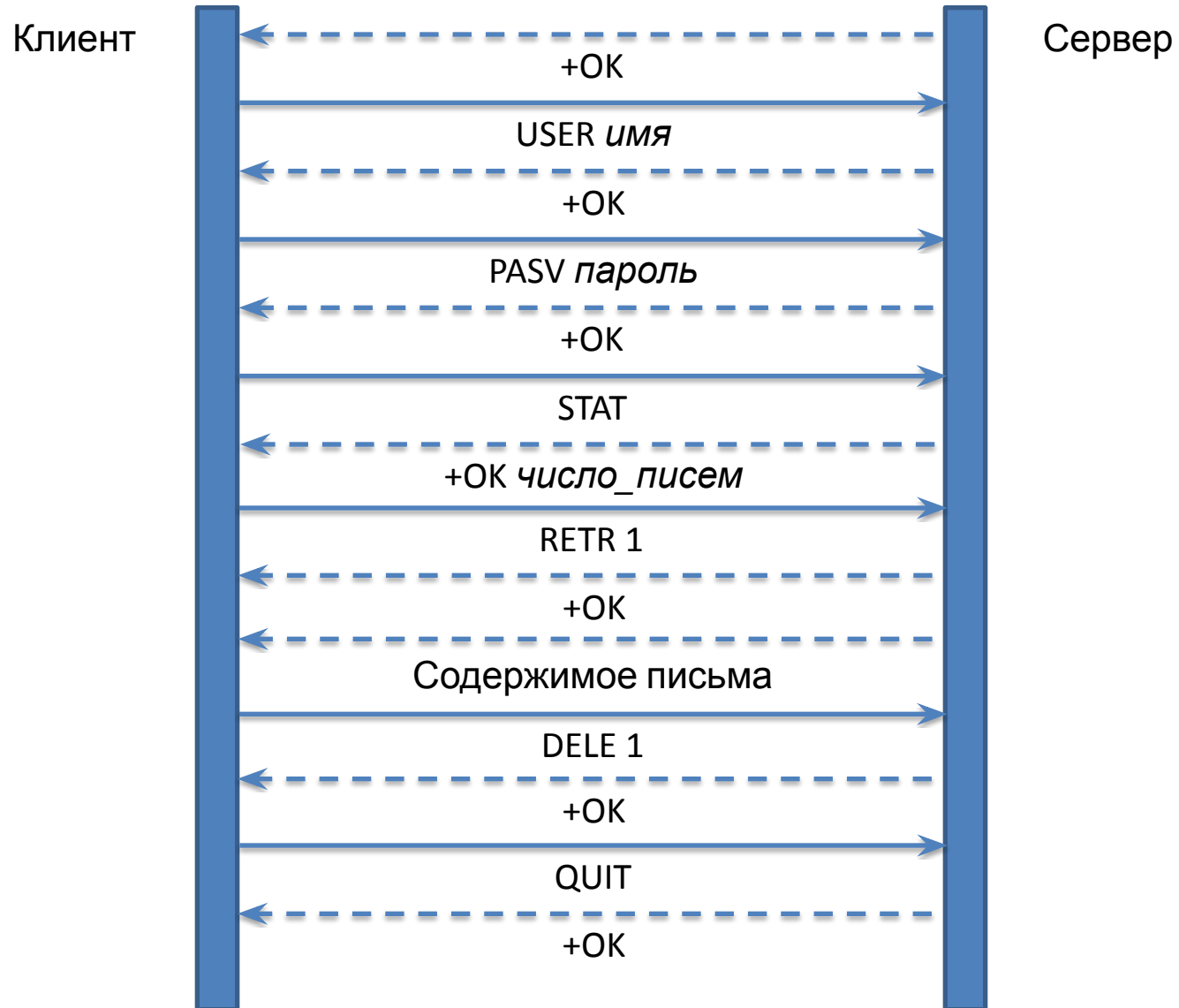
Протокол SMTP



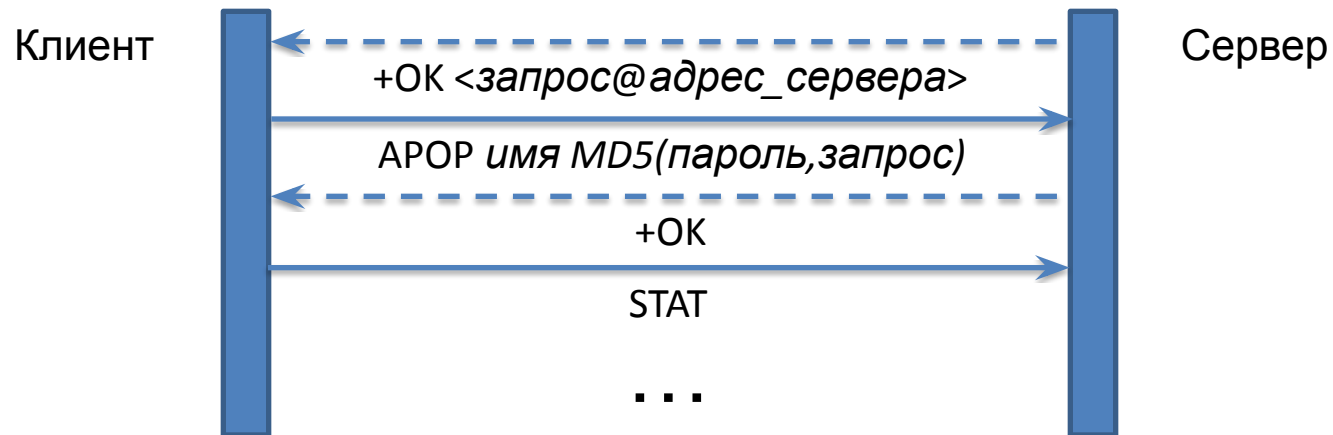
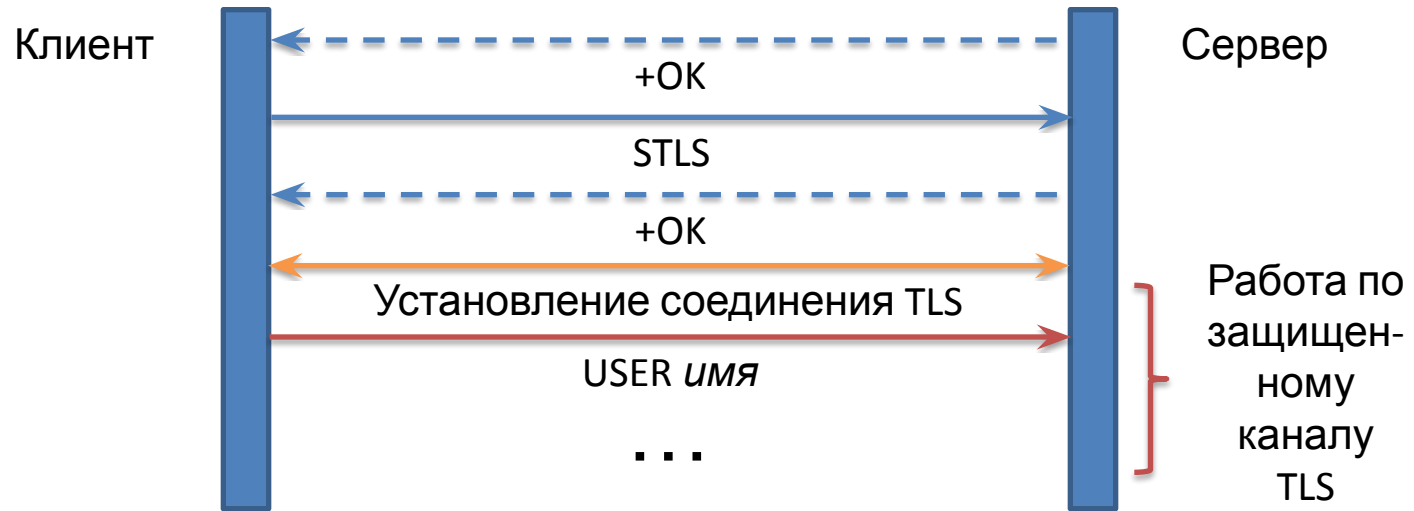
Защита и аутентификация в SMTP



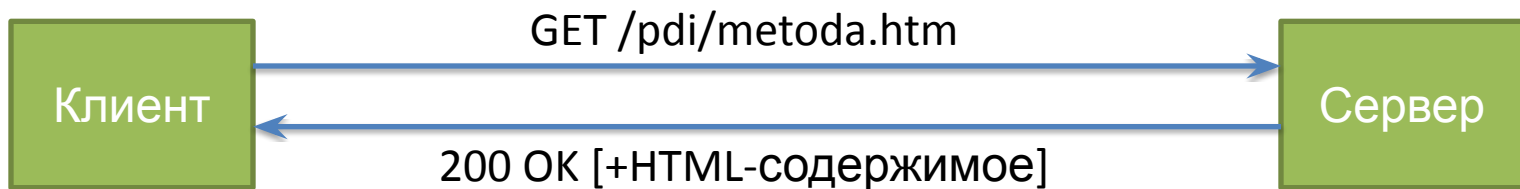
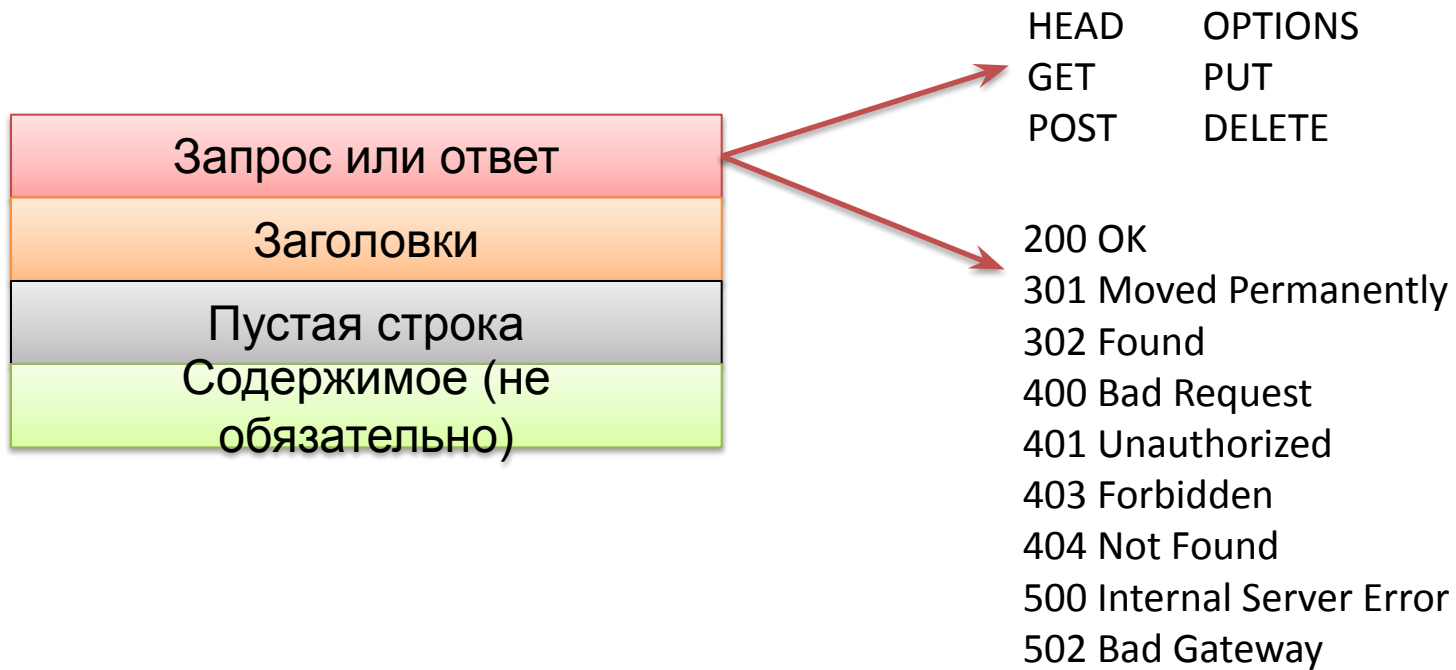
Протокол POP3



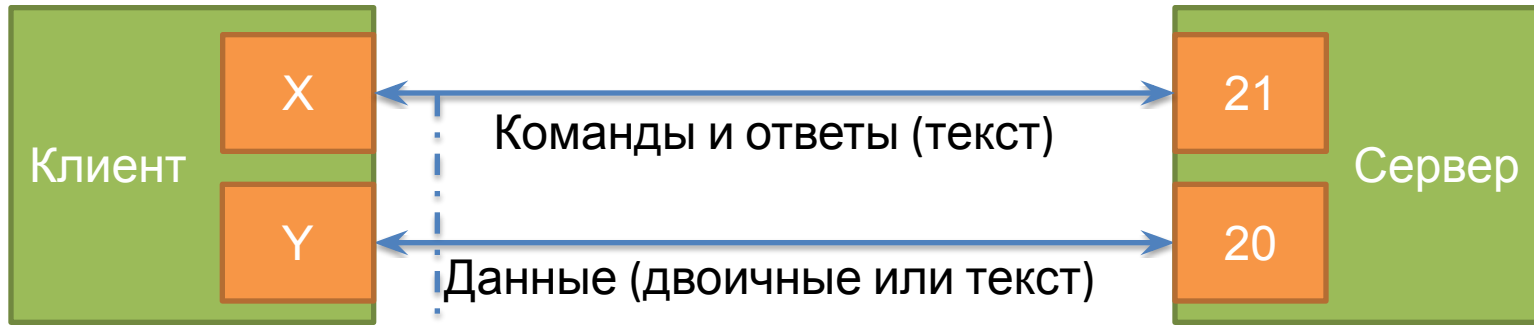
Защита и аутентификация в POP3



Протокол HTTP



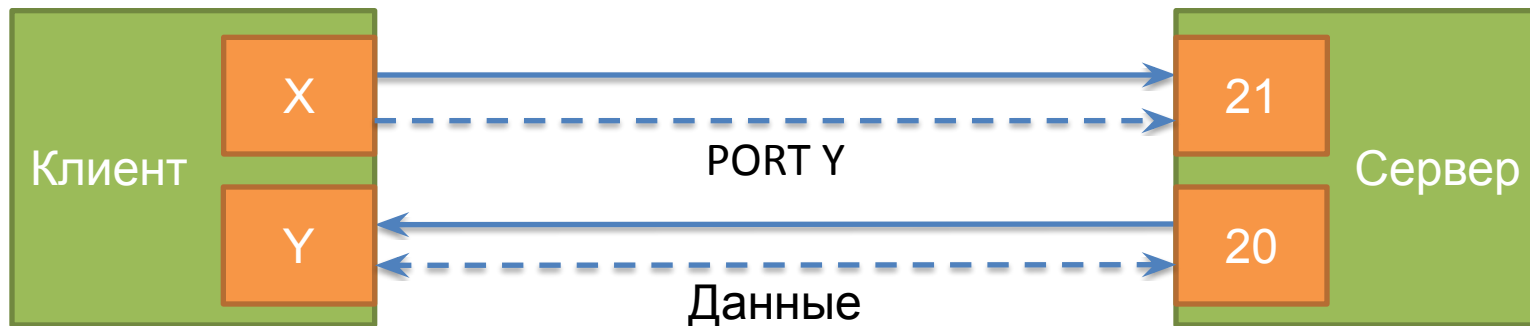
Протокол FTP



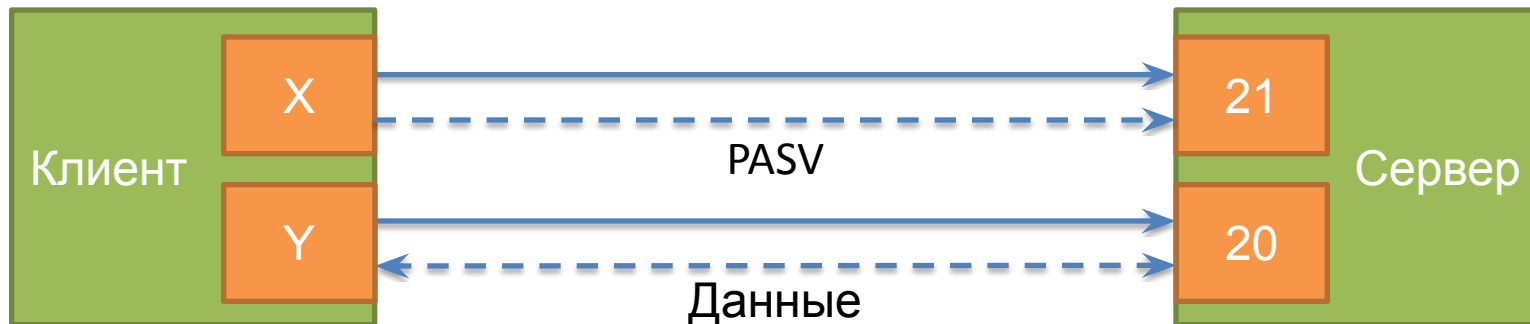
USER	TYPE	CWD	RETR
PASS	PORT	CDUP	STOR
QUIT	PASV	MKD	DELE

Протокол FTP

Стандартный (активный) режим

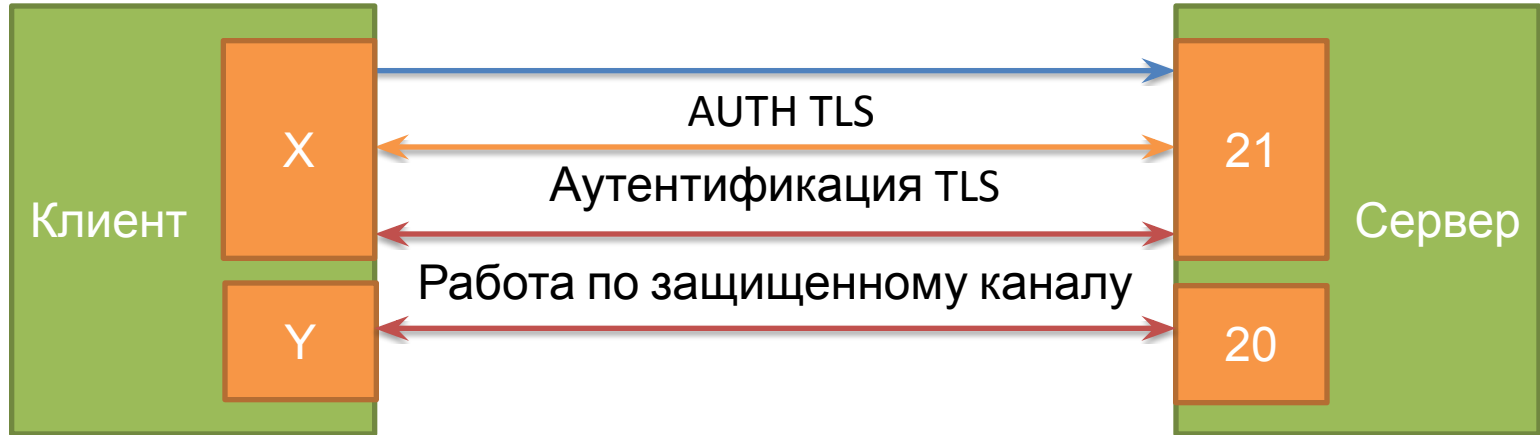


Пассивный режим

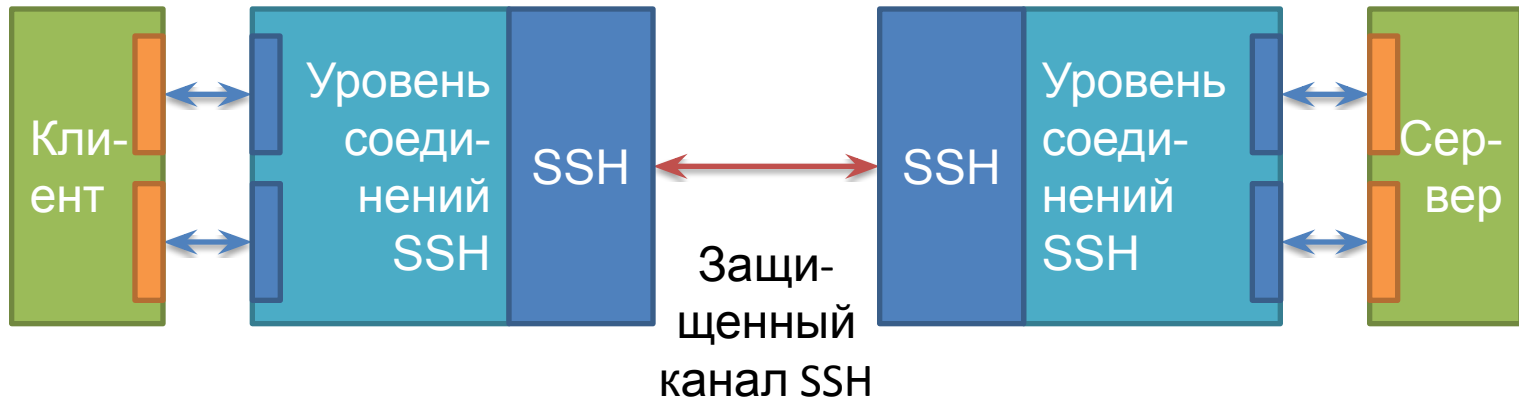


Защищенный FTP

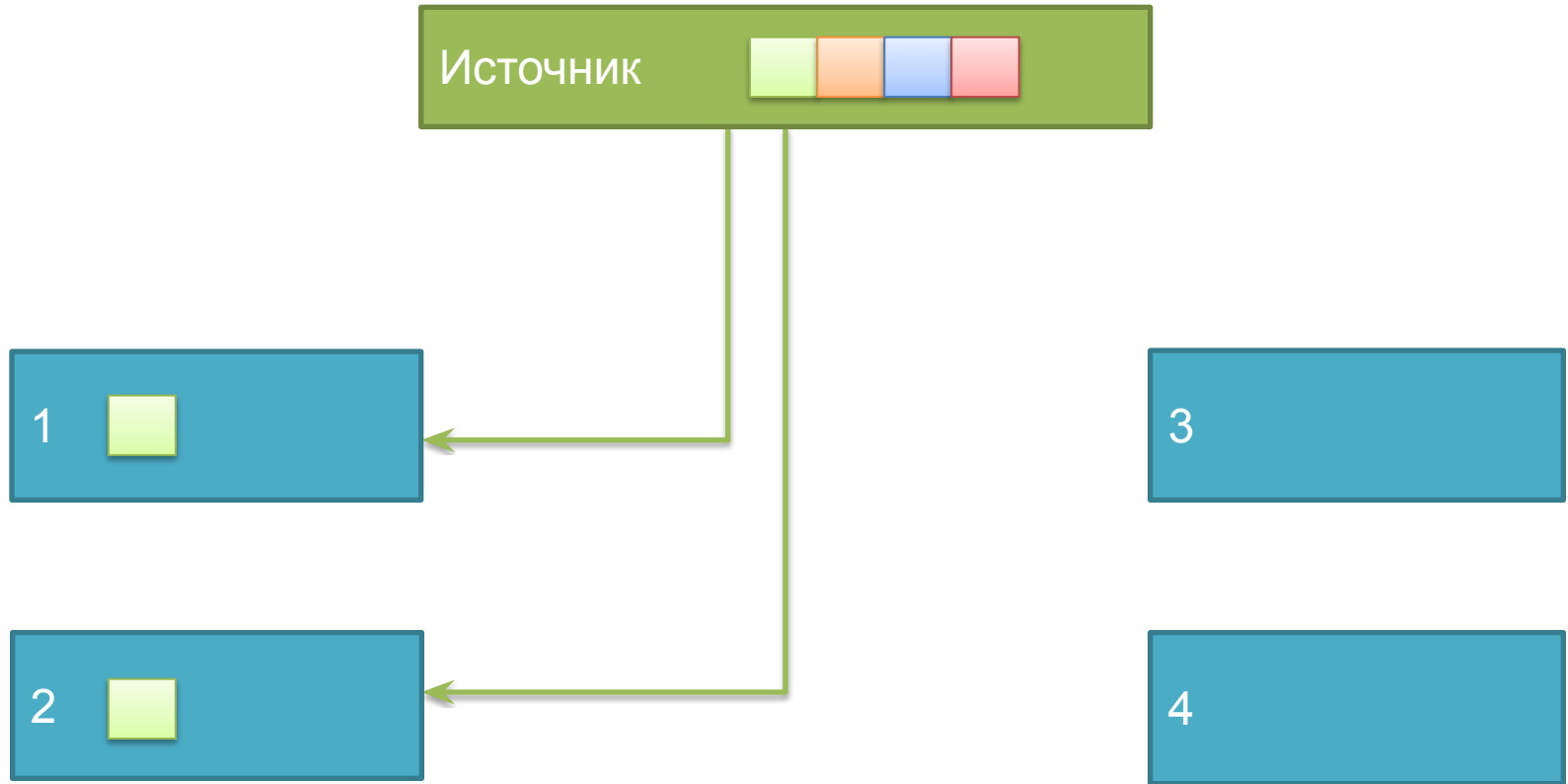
FTPS



FTP over SSH

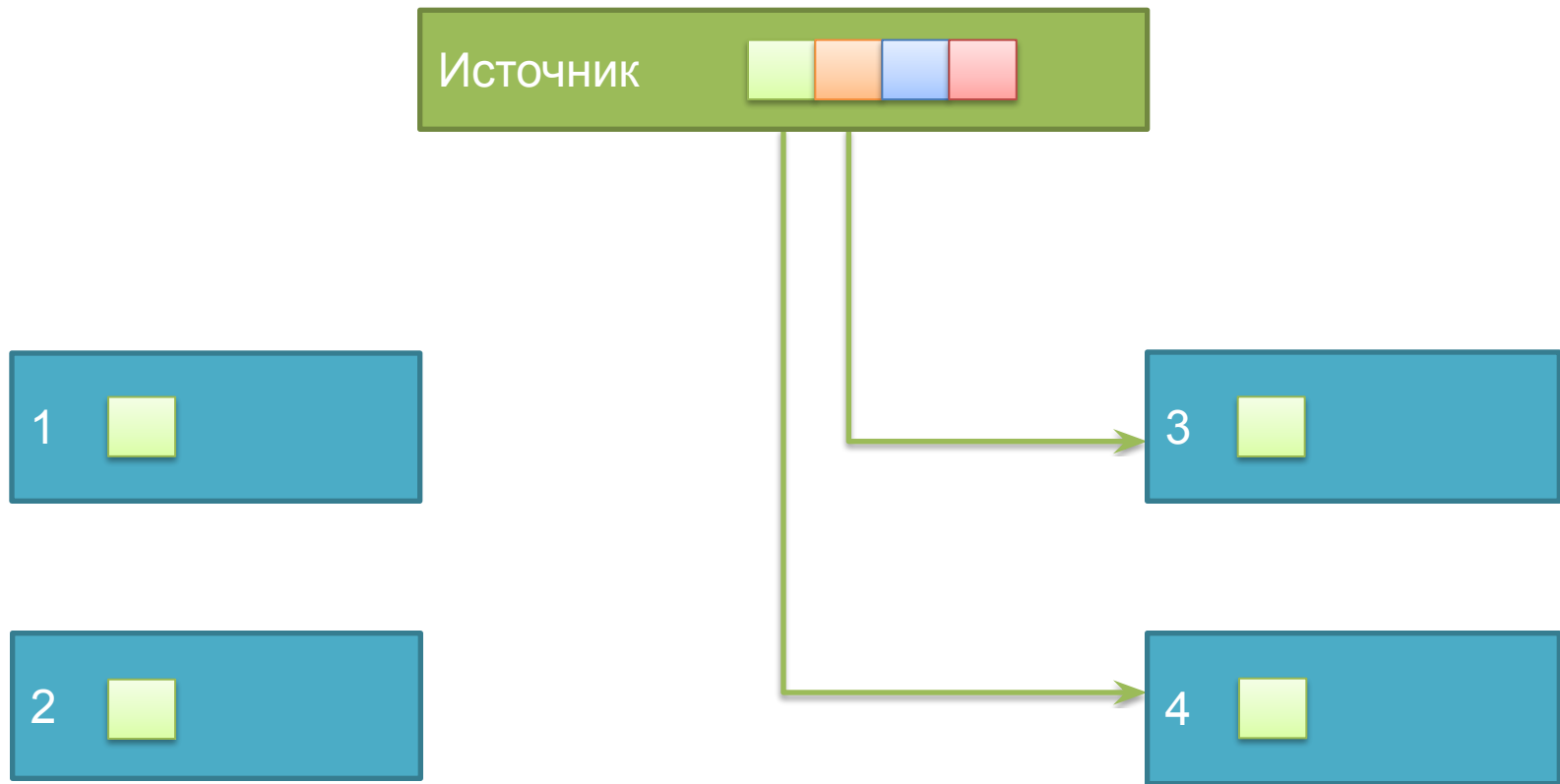


Централизованная загрузка файлов



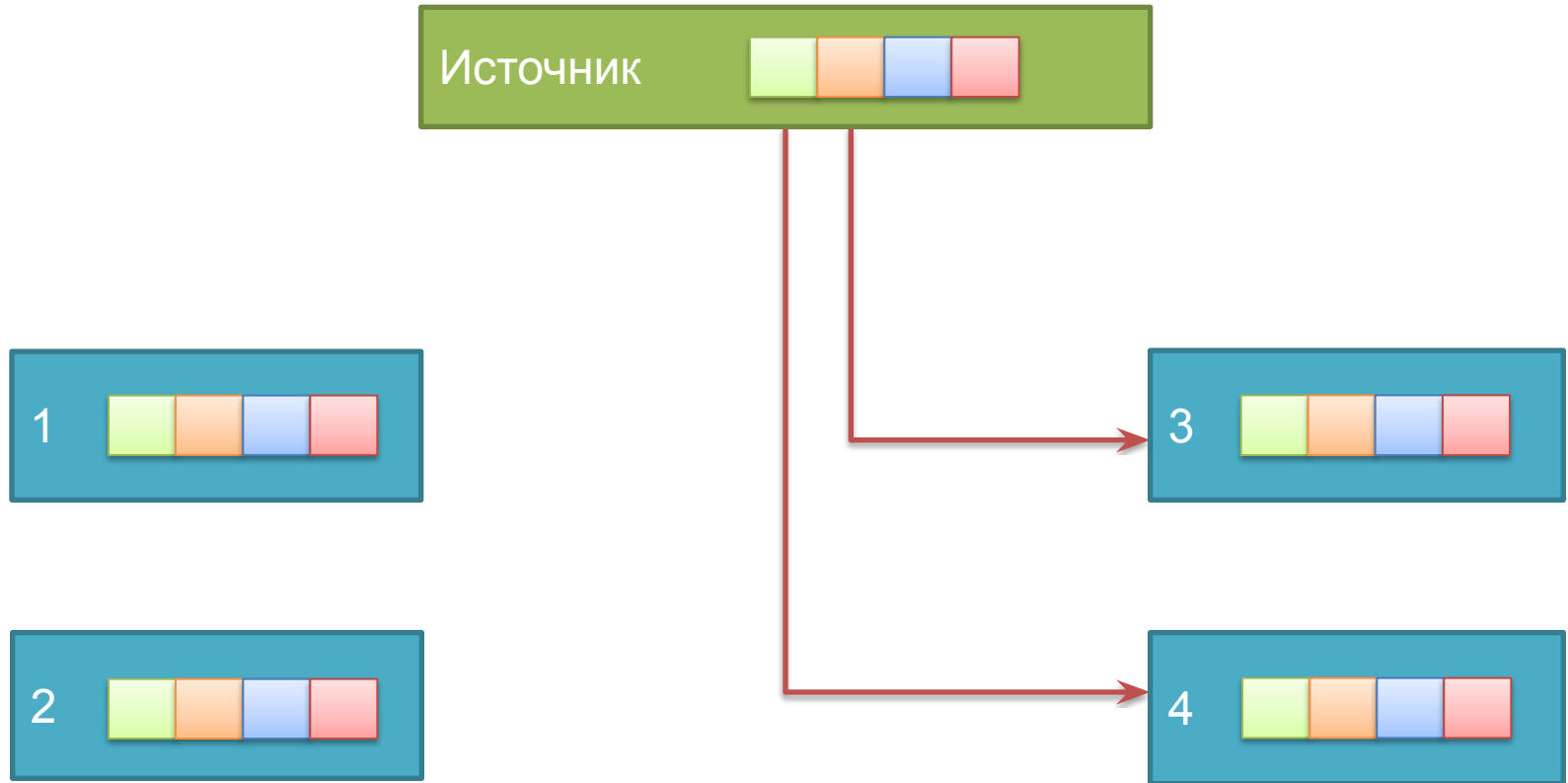
$T = 1$

Централизованная загрузка файлов



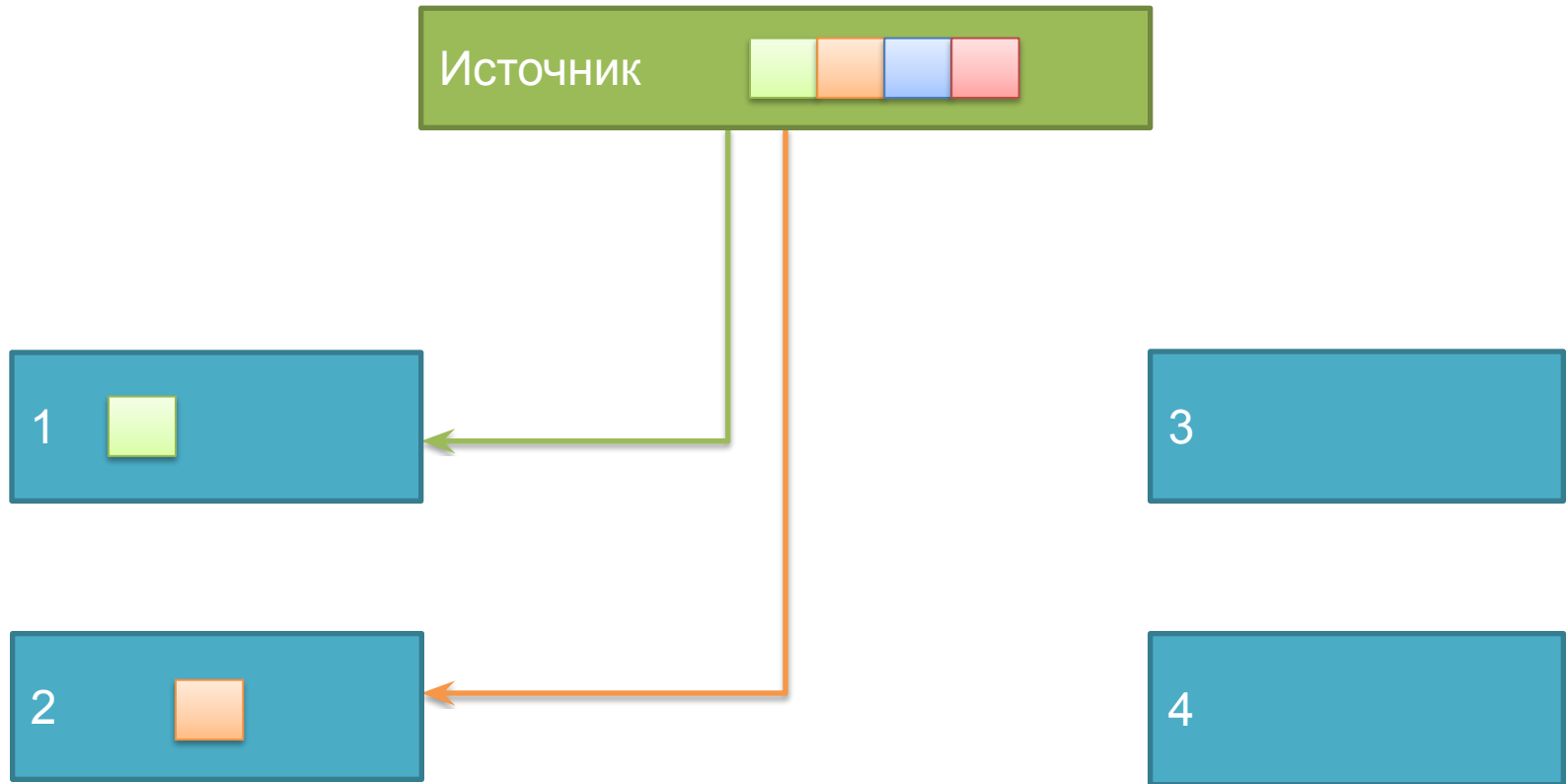
$T = 2$

Централизованная загрузка файлов



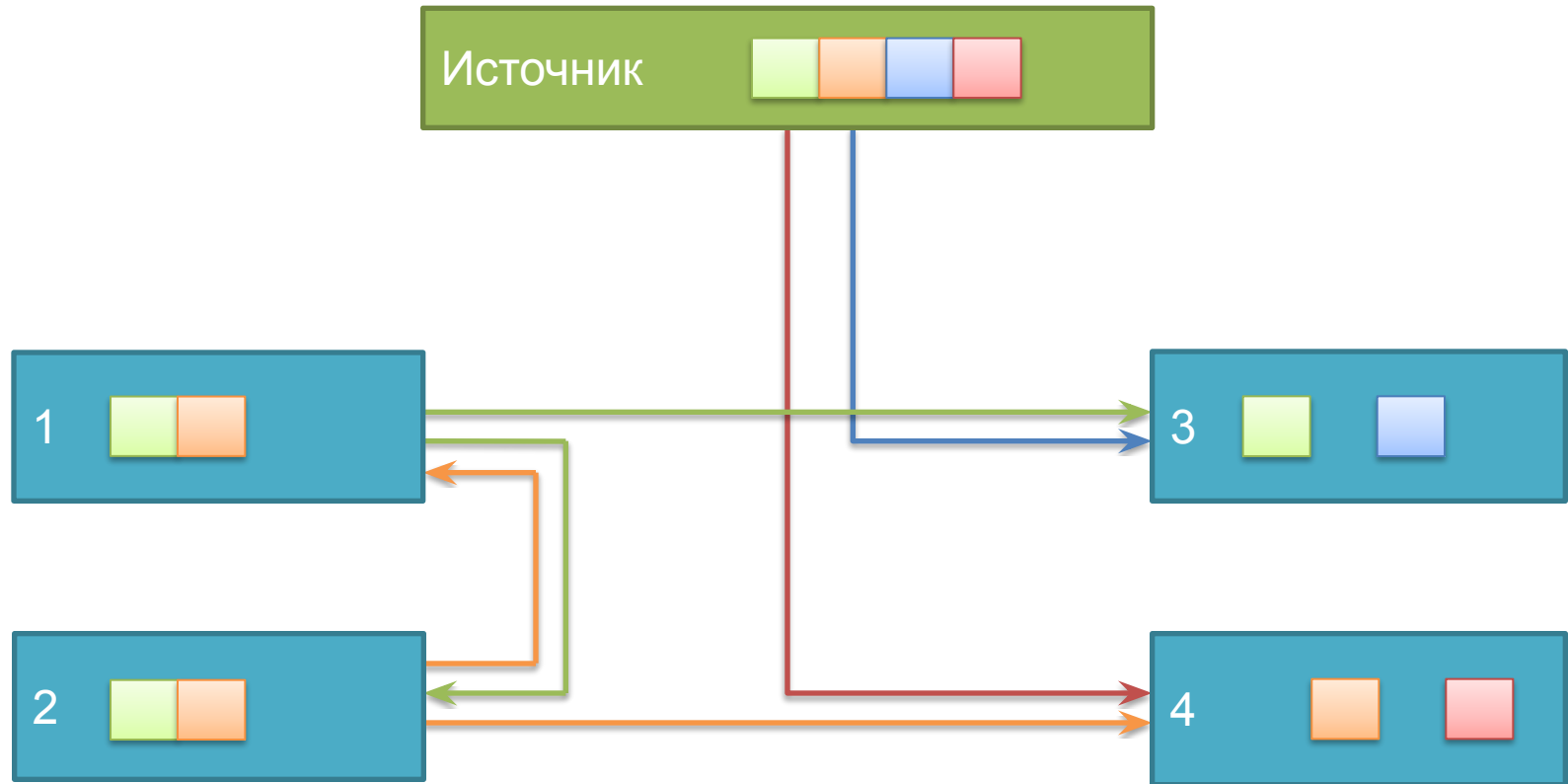
$T = 8$

Распределенная загрузка файлов



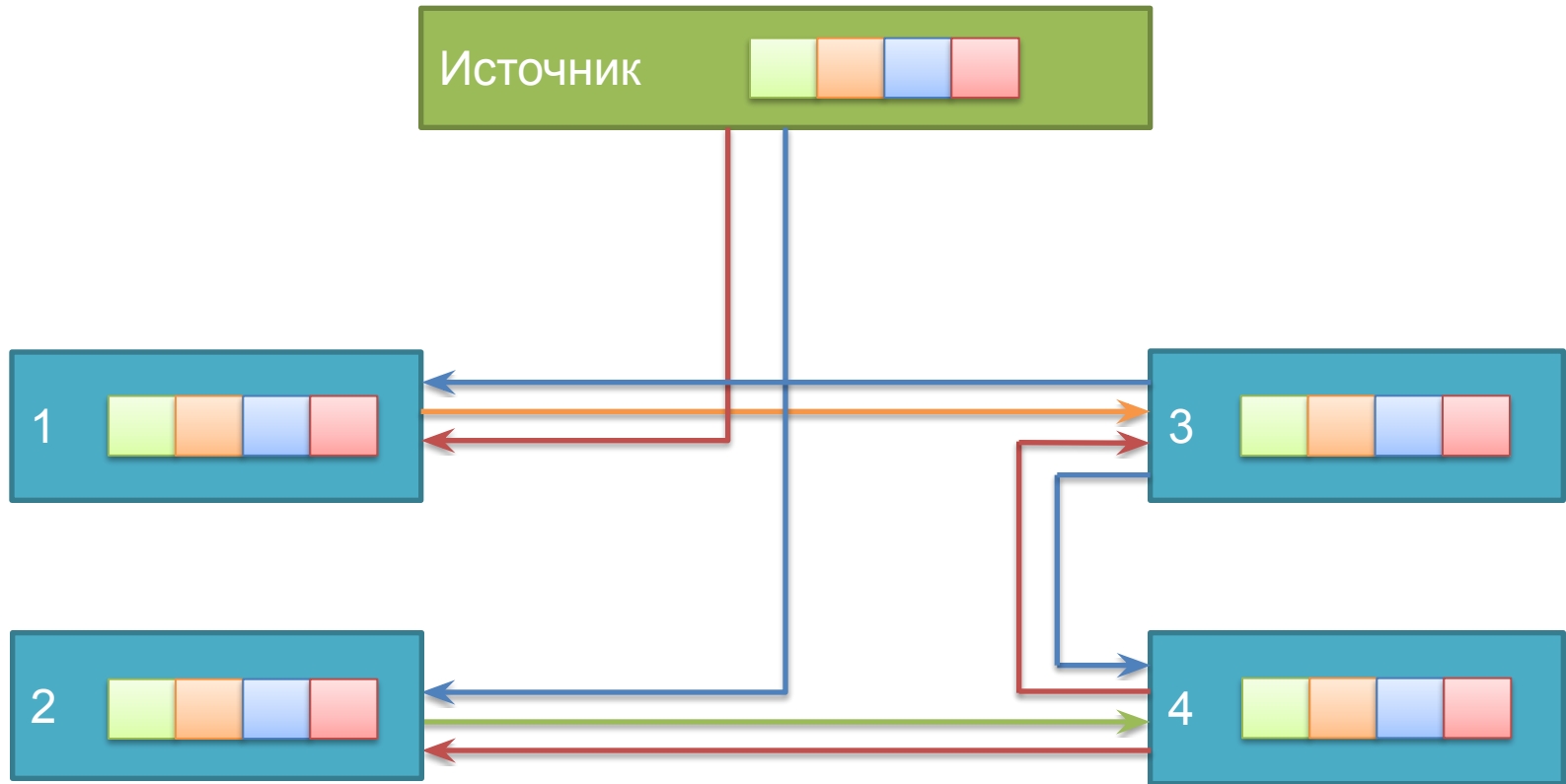
$T = 1$

Распределенная загрузка файлов



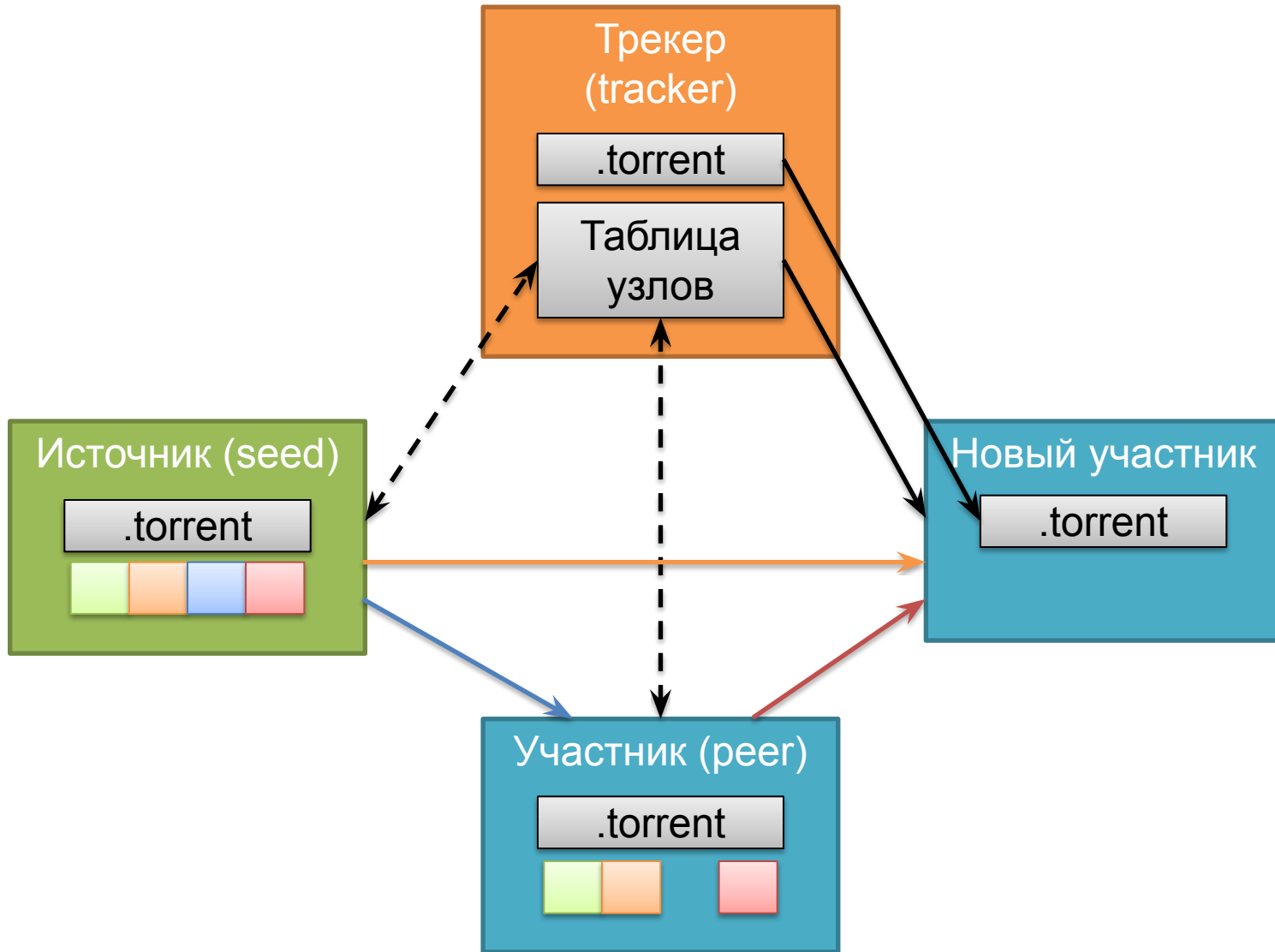
$T = 2$

Распределенная загрузка файлов



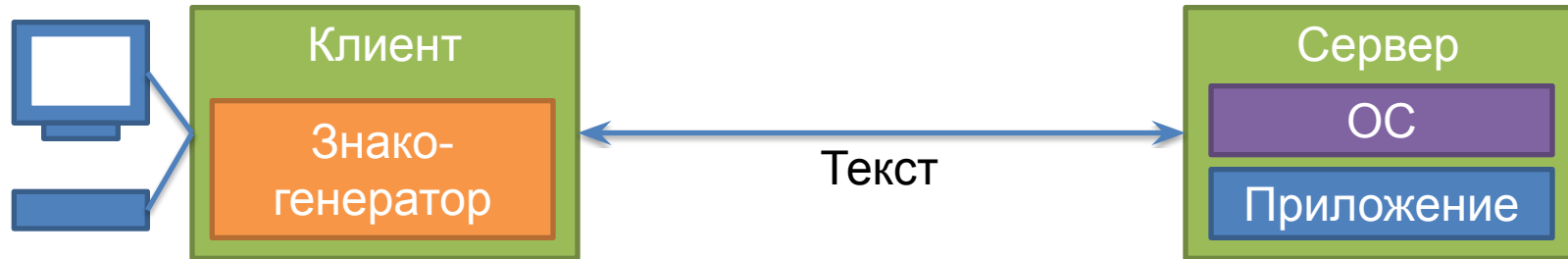
$T = 3$

Протокол BitTorrent

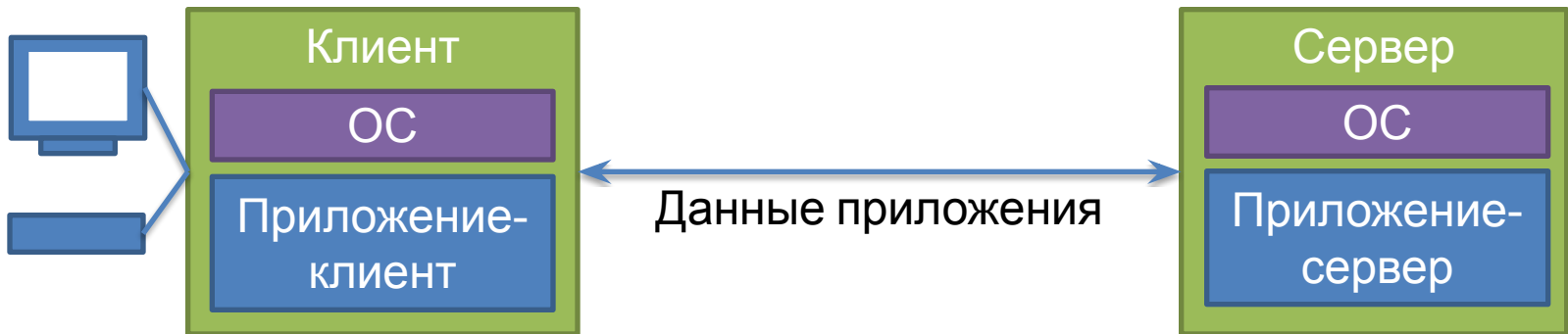


Удаленная работа и удаленное управление

Удаленная консоль

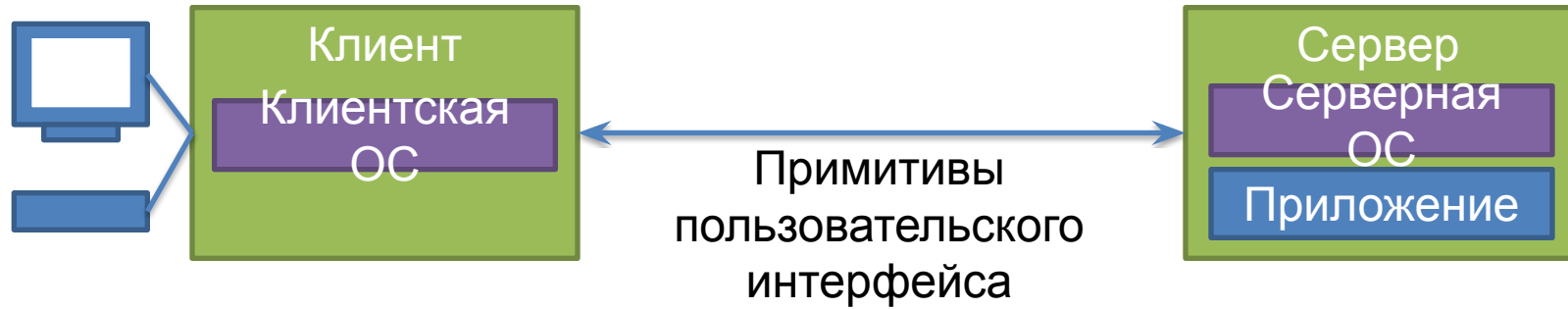


«Толстый клиент»

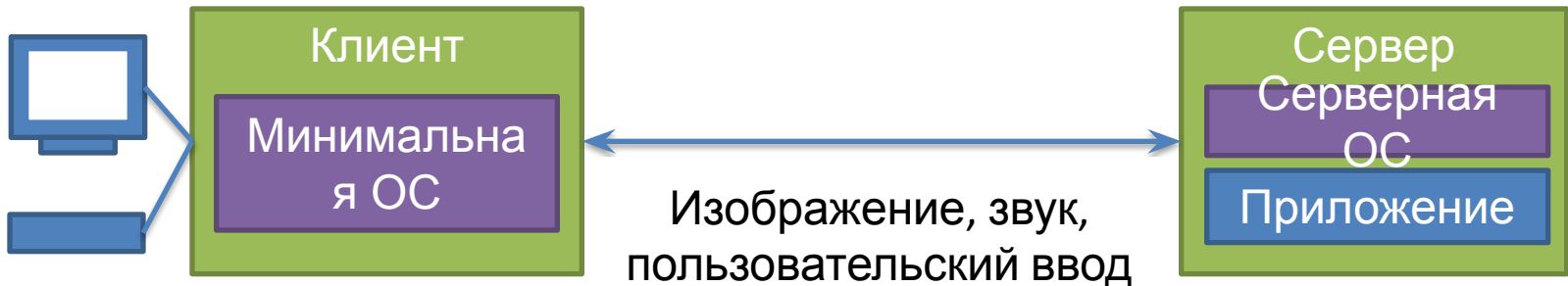


Удаленная работа и удаленное управление

«Тонкий клиент»



«Нулевой клиент»



Протоколы удаленного управления

Текстовая
консоль

Графический
интерфейс

Передача
файлов

Туннелирование
других протоколов

telnet

rlogin

rsh

rcp

RDP

SSH

Передача
примитивов X

SFTP, scp,
rsync