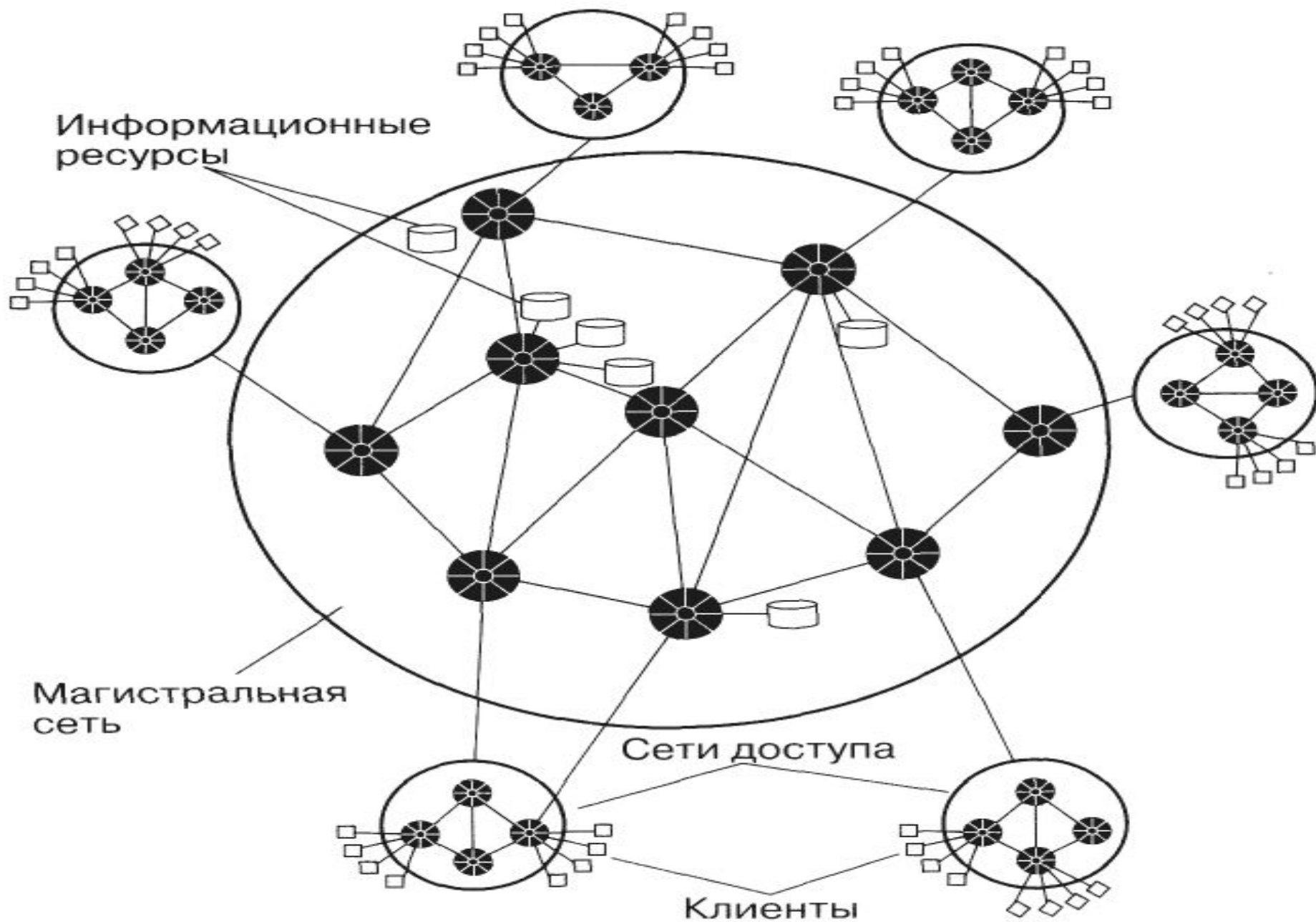


**Теория построения
инфокоммуникационных
систем и сетей
(экзамен)**

Структура инфокоммуникационной сети



Виды трафика в сети по характеру потока

1. Трафик реального времени – РВ.

Допускает только незначительные задержки, но мало чувствителен к потерям пакетов. Это IP- телефония, ВКС, интерактивное ТВ, Skype и т.п.

2. Поточковый трафик – приложения аудио и видео информации, ПТ.

Потоки пакетов с определённой скоростью, которая должна быть сохранена во время сеанса связи путём ограничения задержек. При этом допустимы более длительные задержки по сравнению с трафиком РВ. Это музыка, видео клипы, ТВ по требованию, устные рассказы и т.п. В зависимости от типа информации всегда можно определить максимально требуемую скорость потока и в зависимости от этого устанавливать параметры организуемого соединения. Мало чувствителен к потерям пакетов.

3. Эластичный трафик – приложения типа Клиент-Сервер, ЭТ.

Это обычная передача файлов. Скорость может меняться в широких пределах. Поток чувствителен к потерям и очень мало чувствителен к

Основные виды контента Triple Play (A, V, D)

Параметры Аудио-трафика

- а. Телефон – ТЧ-канал – (0.3 – 3.4 кГц)
б. Основной цифровой канал – ОЦК – $8 \text{ бит} * 8 \text{ кГц} = 64 \text{ кбит/с}$
в. Музыка – n квантования = 16 или 24 бит, f – до 48 (96) кГц
Тогда скорость потока (Бит реит) – 1152 (2304) кбит/с

Расчёт скорости ТВ-сигнала

- Оцифровка аналогового сигнала: $C = k f 2 = 10 \times 13.5 \times 2 = 270 \text{ Мб/с}$
(Квантование $k = 2^{10}$. Канал яркости – 6 МГц)
Цифровой сигнал FHD: $C = 1920 \times 1080 \times 10 \times 3 \times 25 = 1555,2 \text{ Мб/с}$
(3 цвета. 25 кадров/с)

Распределение потоков в Internet

- D – клиент-сетвер (90%) – протокол TCP;
- A и V – 9% - протокол UDP;
- Управляющая информация – 1%.

Опережающий виды трафика

- Услуги e-health (M2M), в том числе – медицина.
Видео-трафик. Облачные вычисления. Internet-вещей.

Основные требования к обслуживанию пакетов в сетях

Класс QoS	IPTD	IPDV	IPLR
0	100 мс	50 мс	10^{-3} .
1	400 мс	50 мс	10^{-3} .
2	100 мс	U	10^{-3} .
3	400 мс	U	10^{-3} .
4	1 с	U	10^{-3} .
5	U	U	U

Требования к качеству передачи пакетов в 3GPP

Приоритет	Время задержки, мс	Вероятность потерь	Приложения
1	100	10^{-6}	Сигнализация. IMS
2	100	10^{-2}	VoIP
3	50	10^{-3}	Игры RT
4	150	10^{-3}	Видео звонки
5	300	10^{-6}	Потоковые услуги
6	300	10^{-6}	Web потоки

Статистика по времени задержки, $t_{\text{зад}}$:

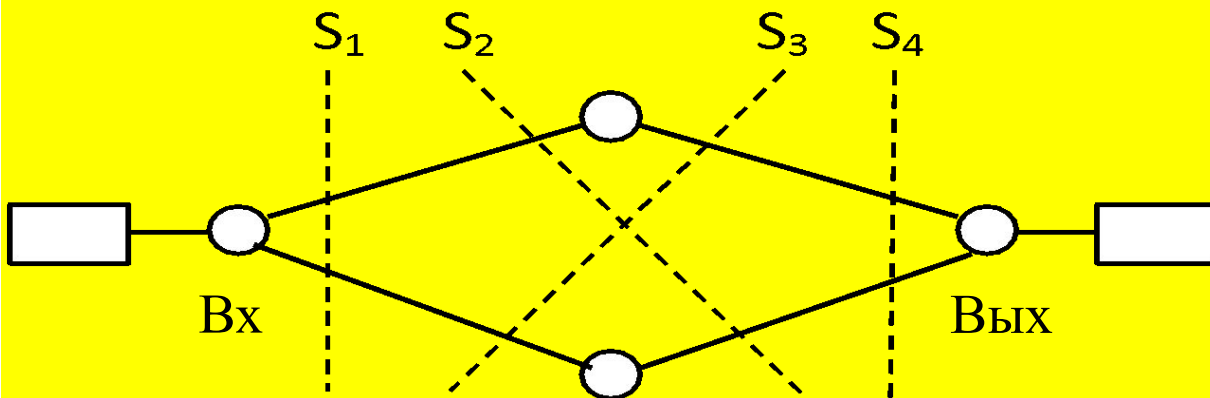
3GPP – 68 ms, HSPA – 51 ms, HSPA+ - 30 ms, LTE – 20 ms

Требования к качеству передачи пакетов в Internet (МСЭ-Т)

Показатель	Класс					
	0	1	2	3	4	5
Вид трафика	РВ	ПТ	ЭТ	ЭТ	ЭТ	-
IPTD (задержка), мс	100	400	100	400	1000	-
IPDV (джиттер), мс	50	50	-	-	-	-

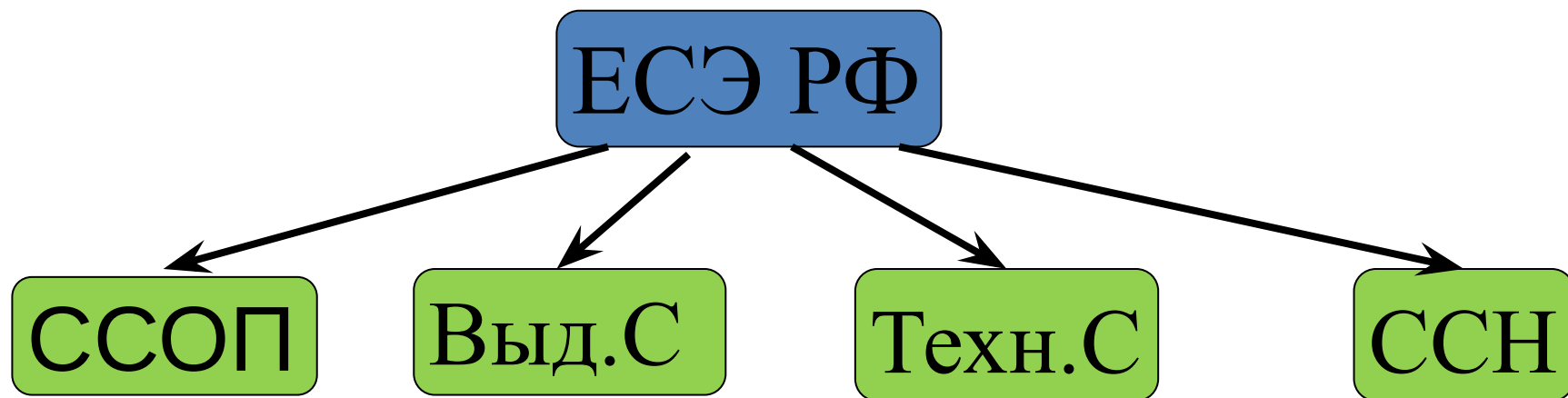
Составляющие производительности ТК-сетей

1. Пропускная способность.



Максимальный поток между двумя узлами равен пропускной способности минимального сечения, разделяющего эти узлы:
(Теорема Форда-Фалкерсона)

2. Задержка пакета в сети – время передачи пакета между входным и выходным узлами сети (от момента полной записи пакета в память входного узла до начала его выдачи из выходного узла)
3. Время доведения пакета (сообщения) – время передачи между абонентскими терминалами
4. Джиттер – вариации задержек по различным причинам (очереди к направлениям передачи в маршрутизаторах, изменение путей передачи пакетов в сети, отказы и др.)
5. Время реакции:
$$\text{Треак} = \text{trc подг} + \text{tkл-серв} + \text{точ.серв} + \text{тобр.серв} + \text{tсерв-кл} + \text{trc пр}$$



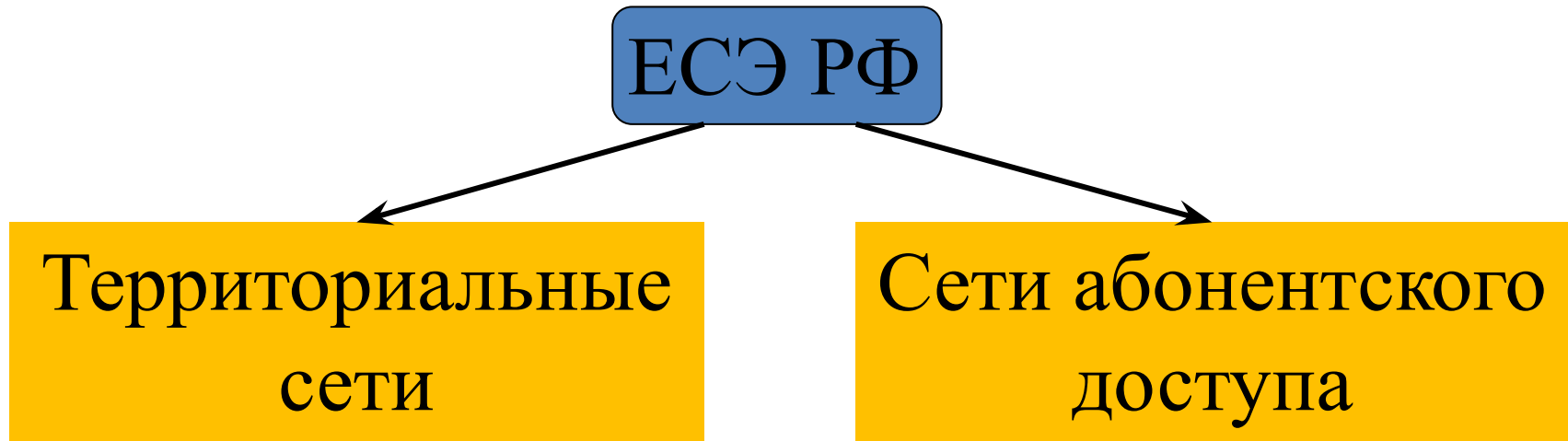
ССОП – Сети связи общего пользования

Выд.С – Выделенные сети связи

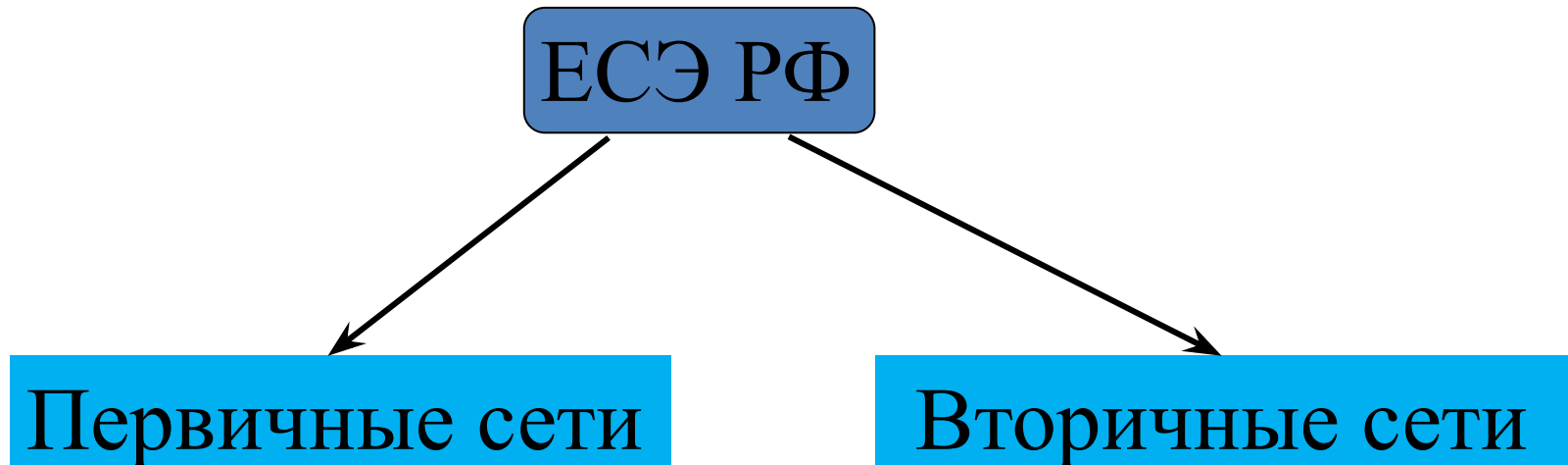
Техн.С – Технологические сети

ССН – сети специального назначения

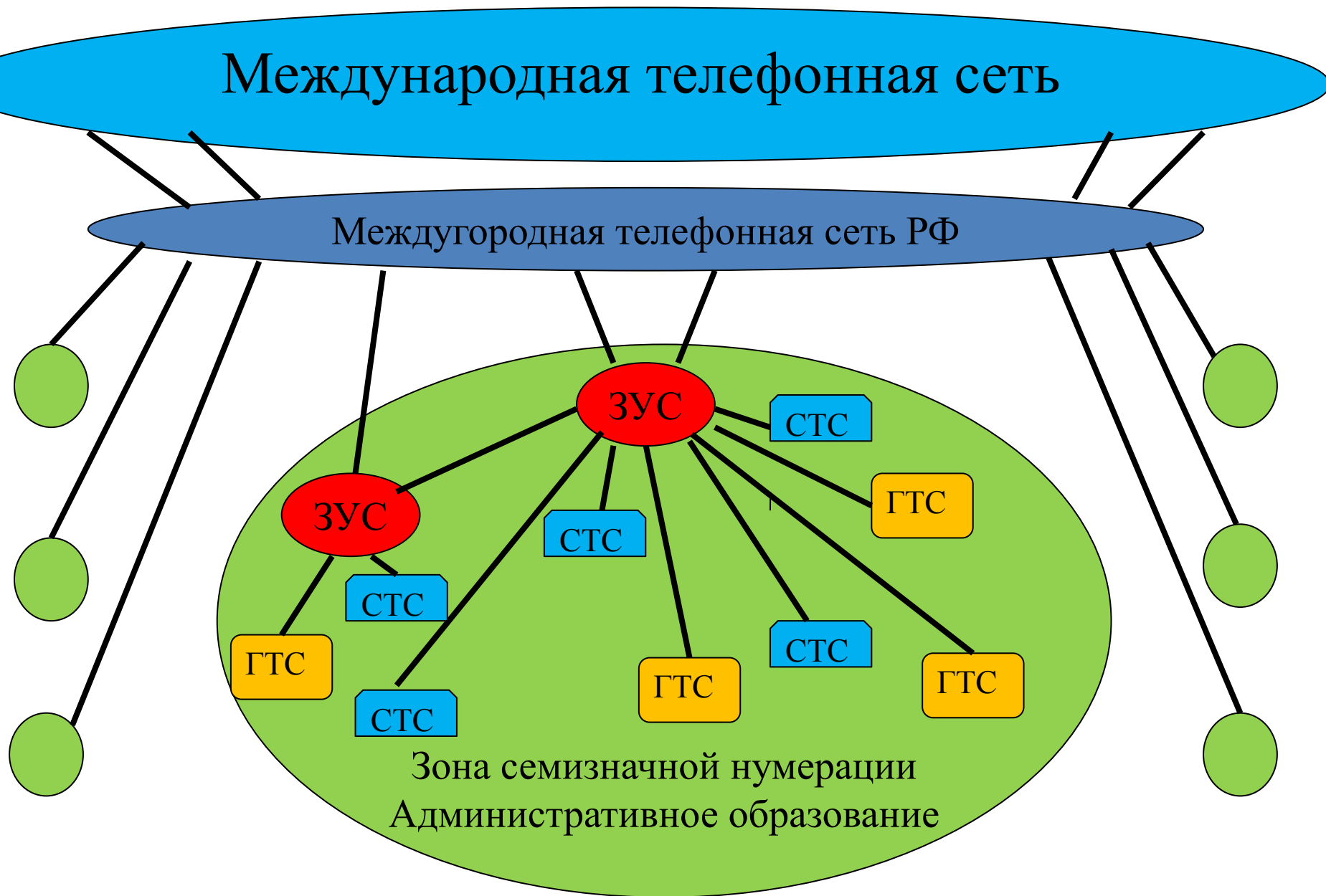
Классификация ЕСЭ РФ по функциональному признаку



Классификация ЕСЭ РФ по способам организации каналов



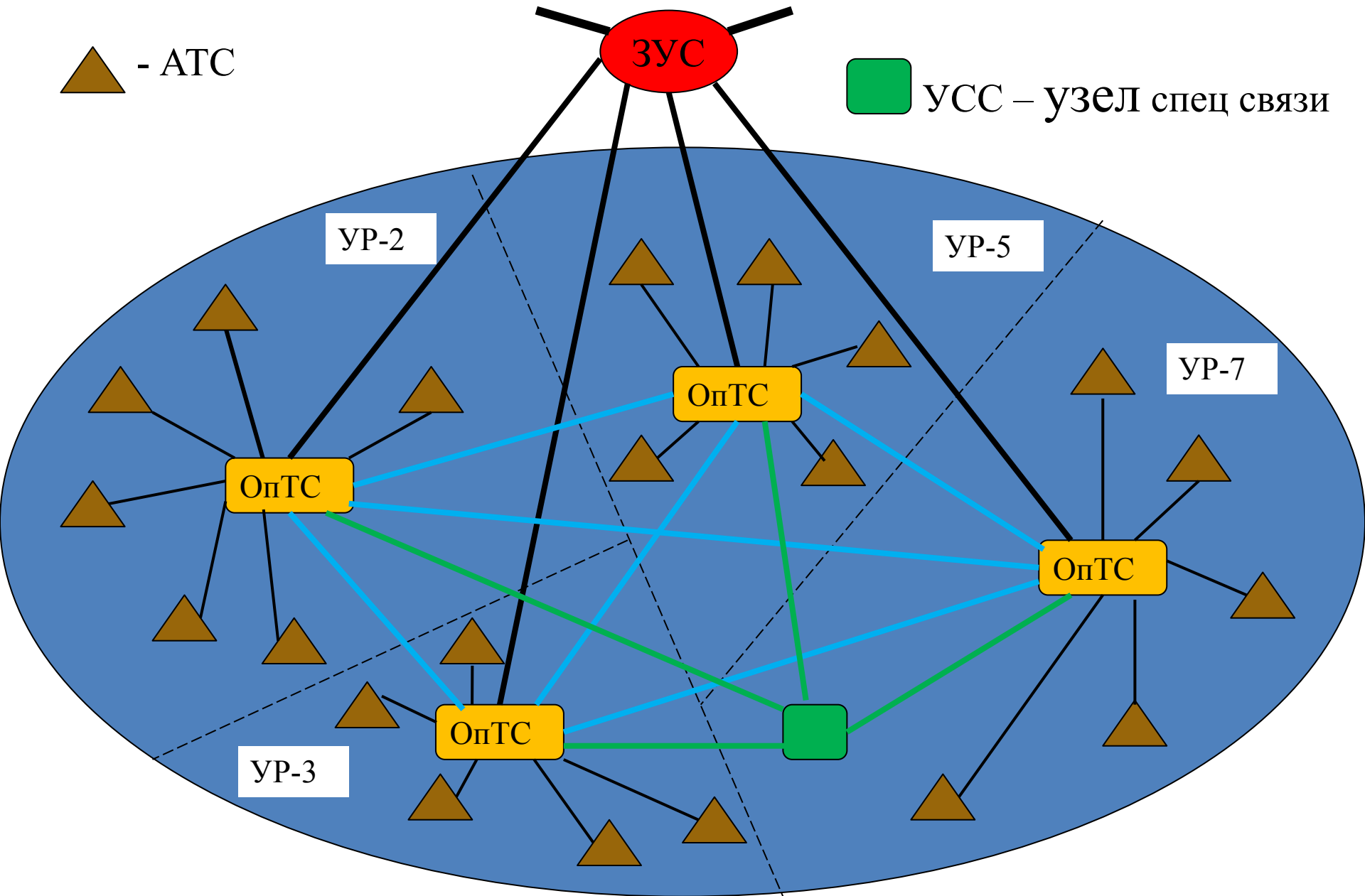
Структура телефонной сети общего пользования



Структура ГТС с узловыми районами

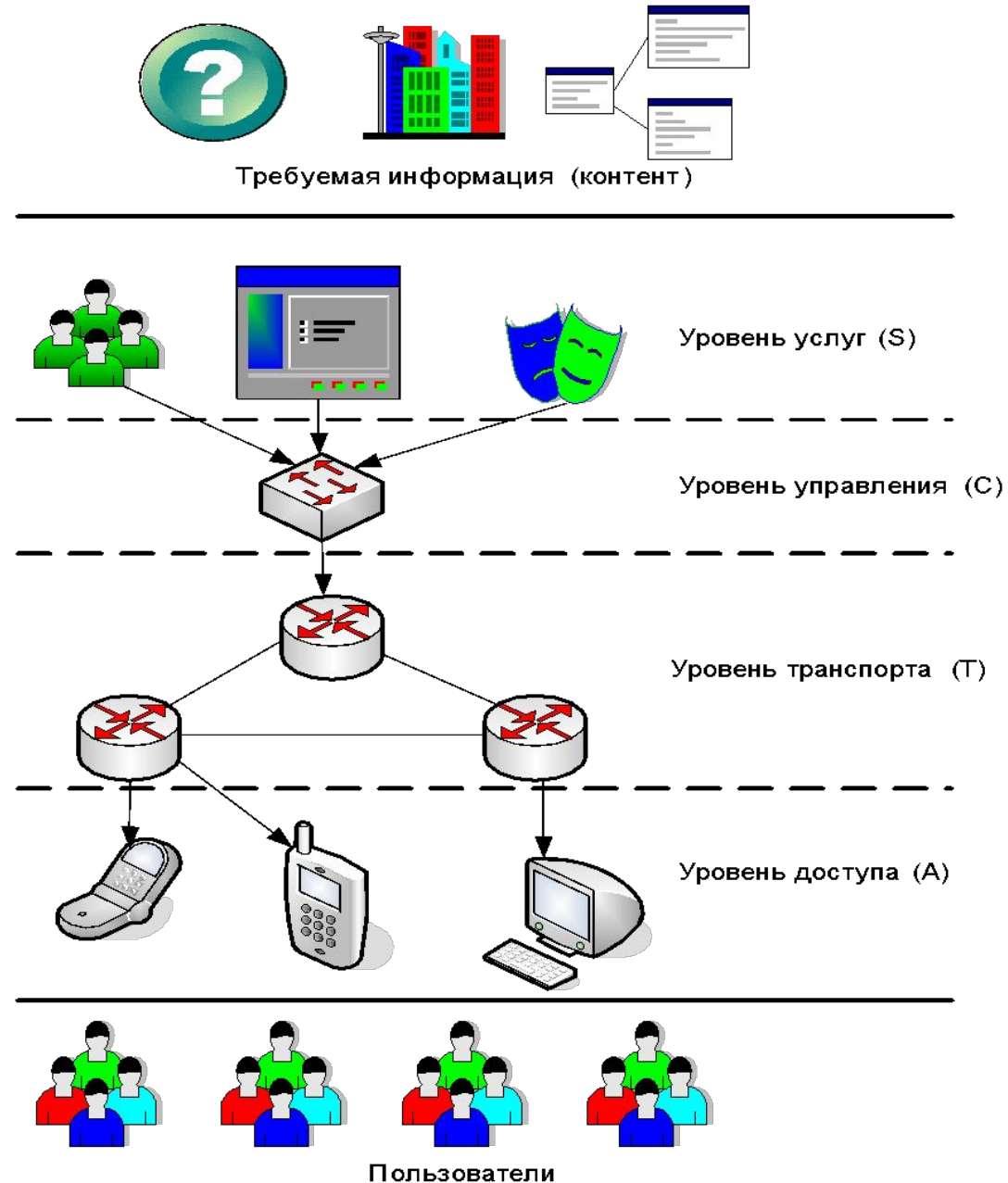
▲ - АТС

■ УСС – узел спец связи



Архитектура NGN. Назначение уровней

- Уровень доступа (A - Access) обеспечивает доступ пользователям к ресурсам сети.
- Уровень транспорта (T - Transport) представляет собой основной ресурс сети, обеспечивающий передачу информации от пользователя к пользователю.
- Уровень управления (C - Control) представляет собой новую концепцию коммутации, основанную на применении технологии компьютерной телефонии и SoftSwitch
- Уровень услуг (S - Service) определяет состав информационного наполнения сети. Здесь находится полезная нагрузка сети в виде услуг по доступу пользователей к информации



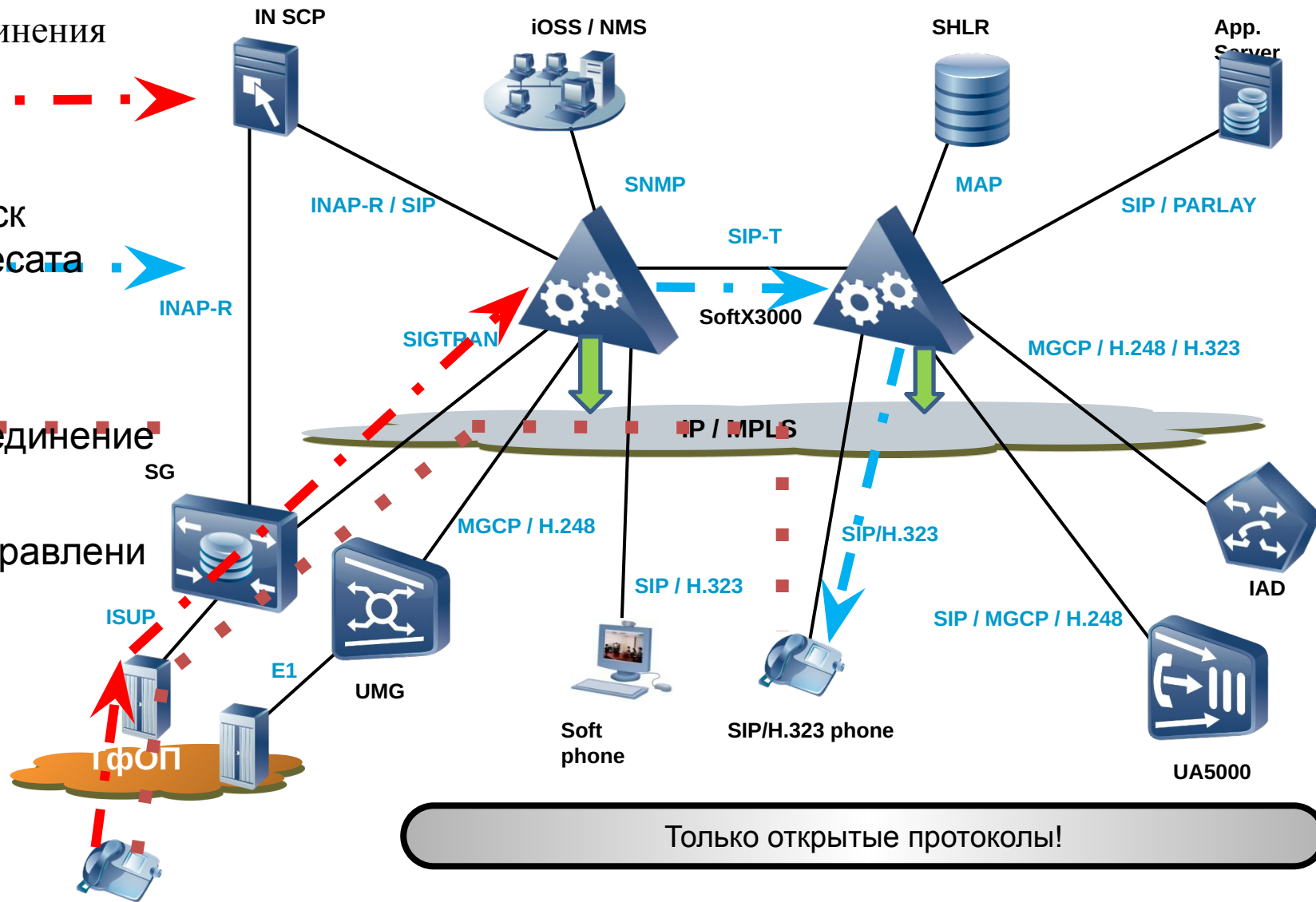
Взаимодействие элементов NGN при соединении клиентов

Заявка на
установление
соединения

Поиск
адресата

Соединение

Управлени
е



S

C

T

A

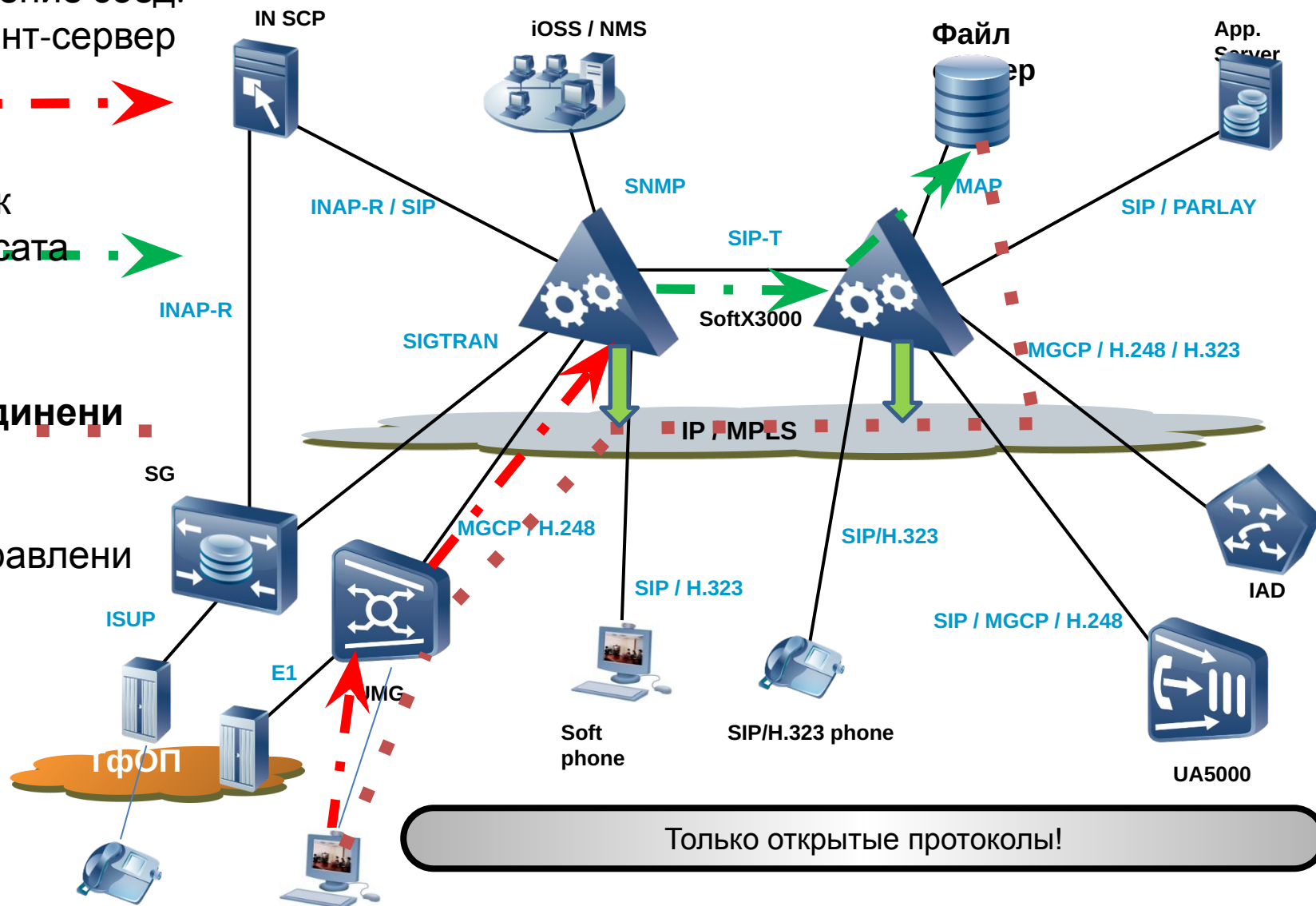
Взаимодействие элементов NGN в системе клиент-сервер

Заявка на управление соединением
Клиент-сервер

Поиск адреса

Соединение

Управление



S
C
T
A

Линейки канальных скоростей

PDH (Плeзиохронная цифровая иерархия)

E1	E2	E3	E4
Мб/с 2048	8448 (4x2048 + 256)	34368 (4x8448 + 576)	139264 (4x34368 + 1792)

SDH (Синхронная цифровая иерархия)

STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	STM-256
155.52 Мб/с	622.08 Мб/с	2.5 Гб/с	10 Гб/с	40 Гб/с

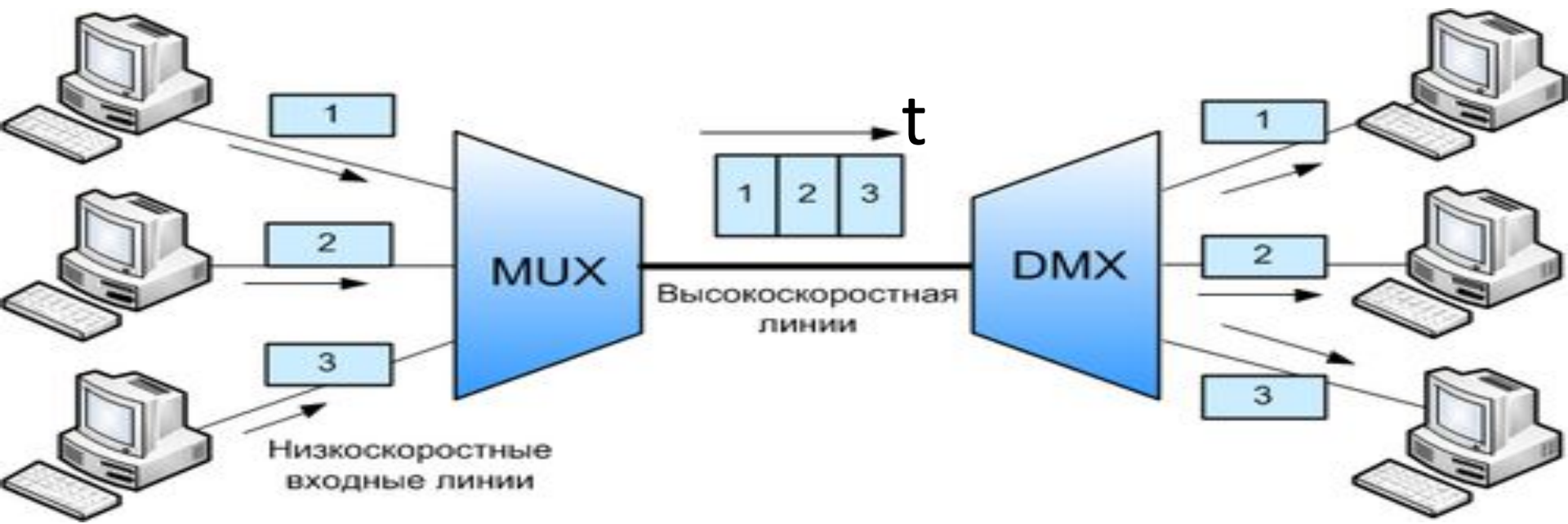
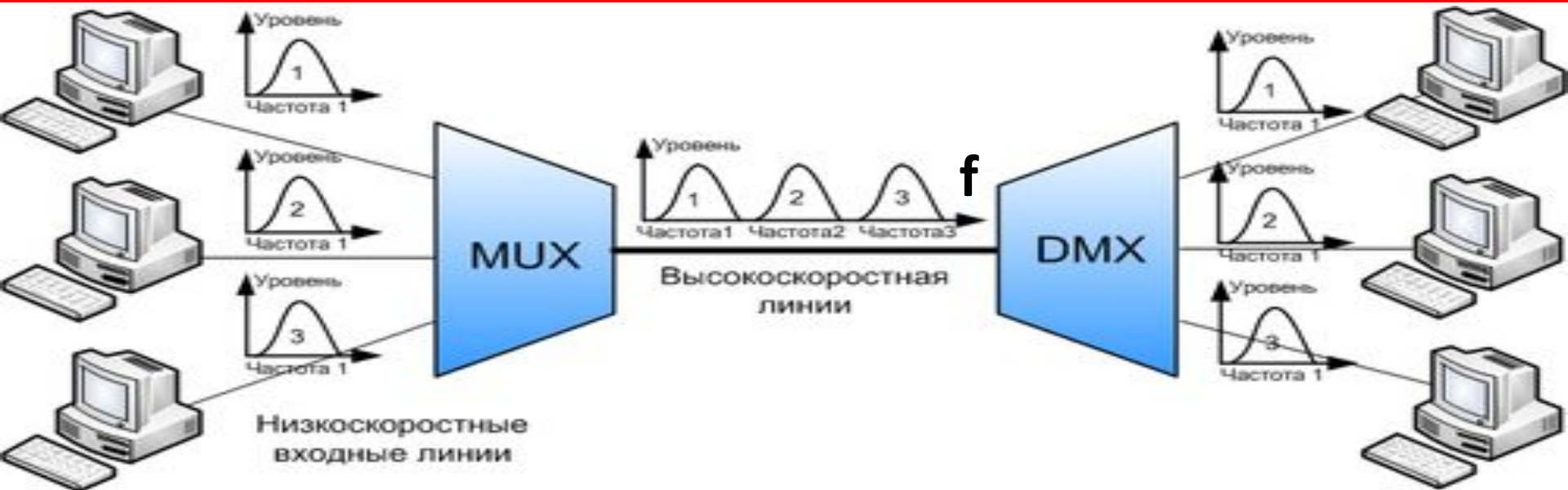
Технология Ethernet

10 Мб/с	100 Мб/с	1 Гб/с	10 Гб/с	40 Гб/с	100 Гб/с
---------	----------	--------	---------	---------	----------

Оптические транспортные сети (OTN)

OTU-1	OTU-2	OTU-3	OTU-4
2,7 Гбит/с	10,7 Гбит/с	43 Гбит/с	112 Гбит/с.

FDM и TDM мультиплексирование



Технологии спектрального мультиплексирования

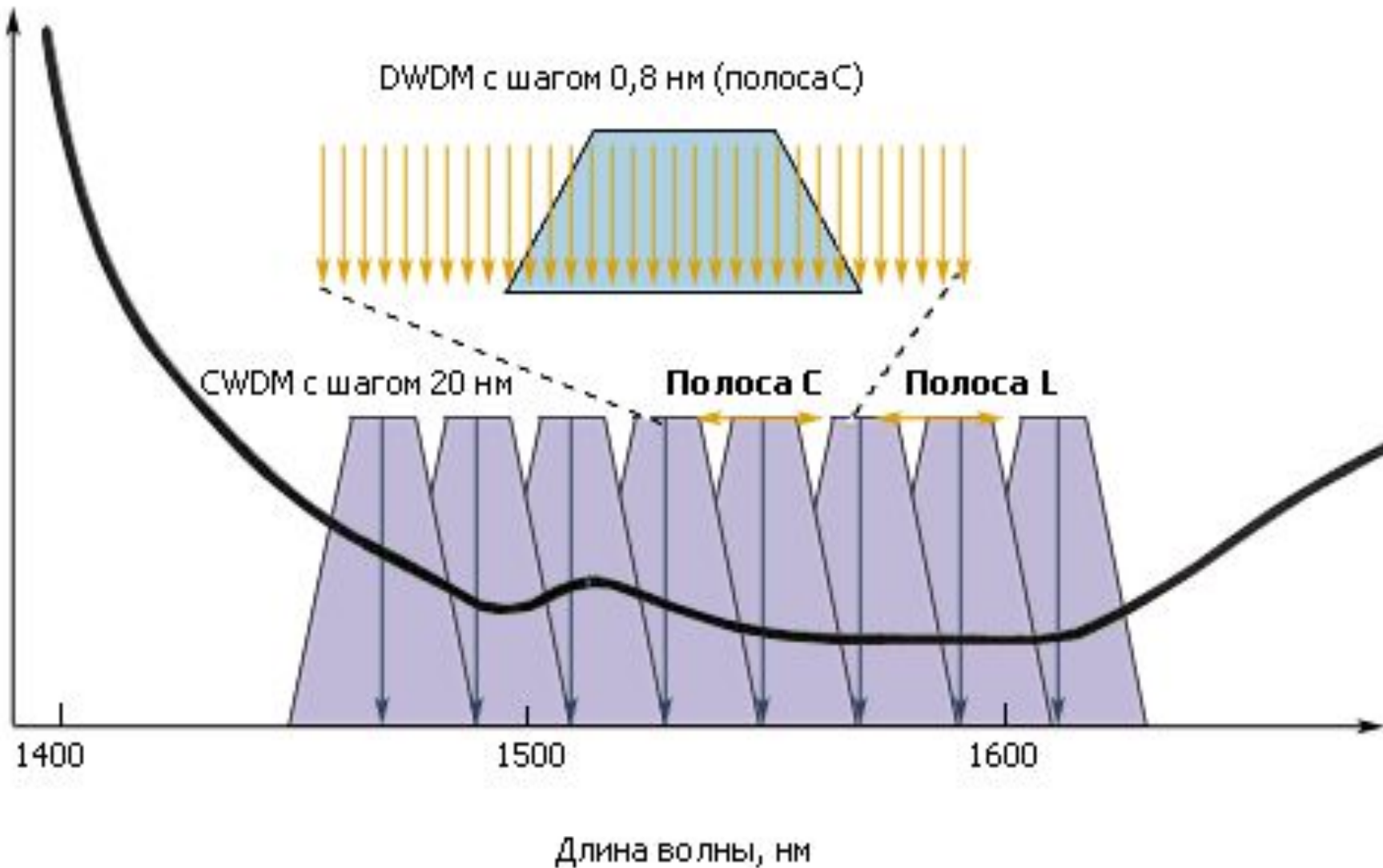
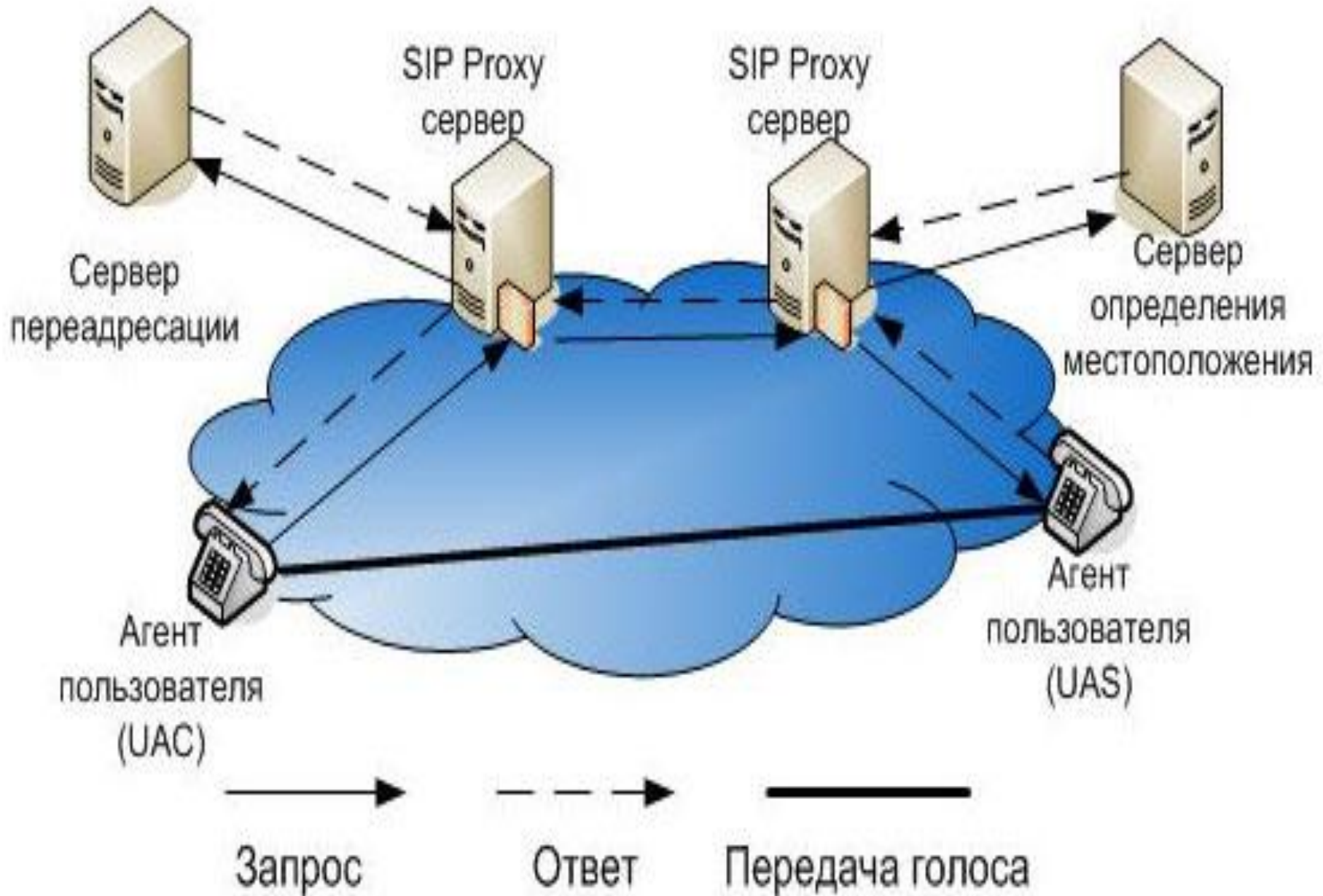


Схема организации SIP-соединения



Форматы блоков по протоколам OSI

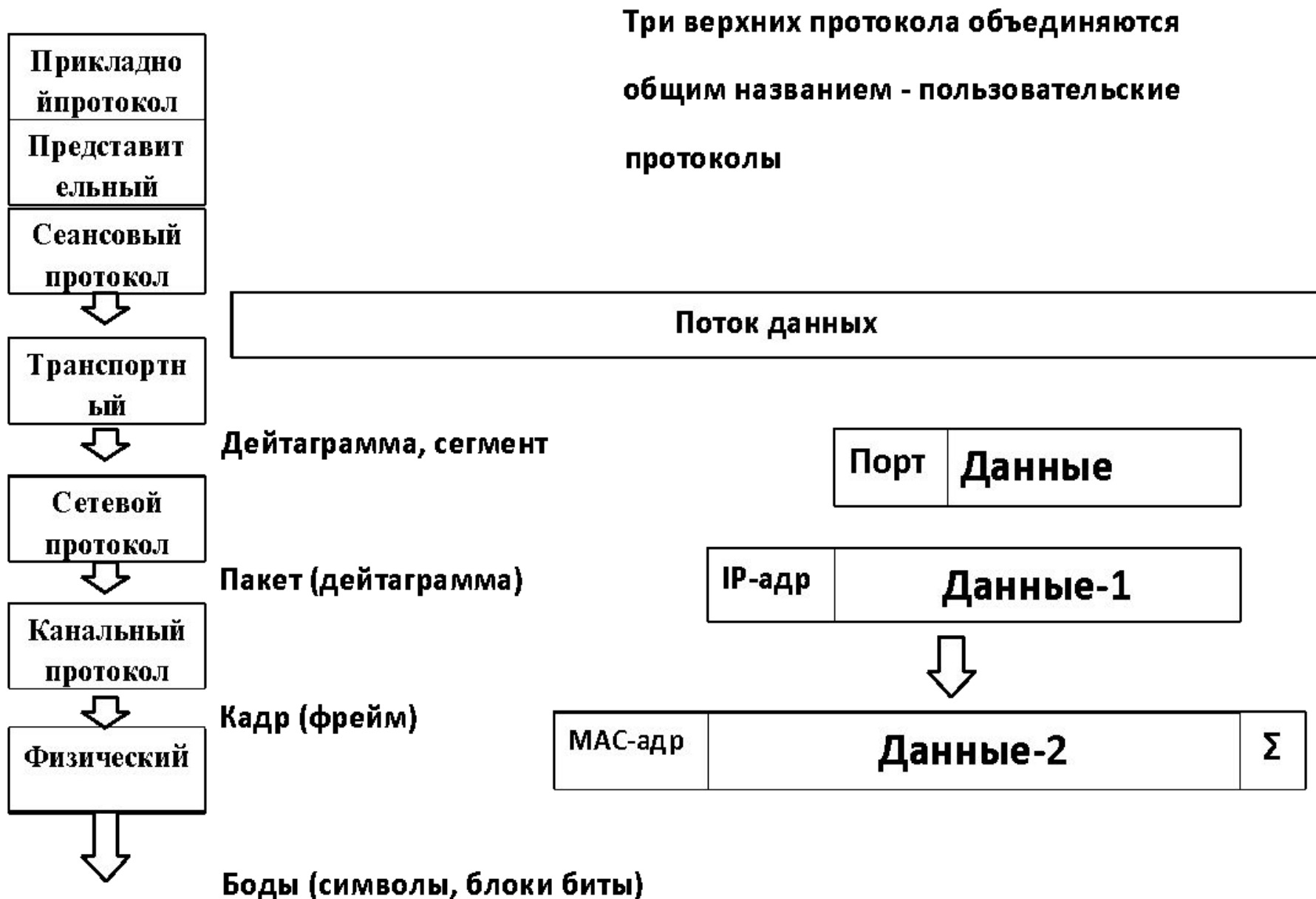
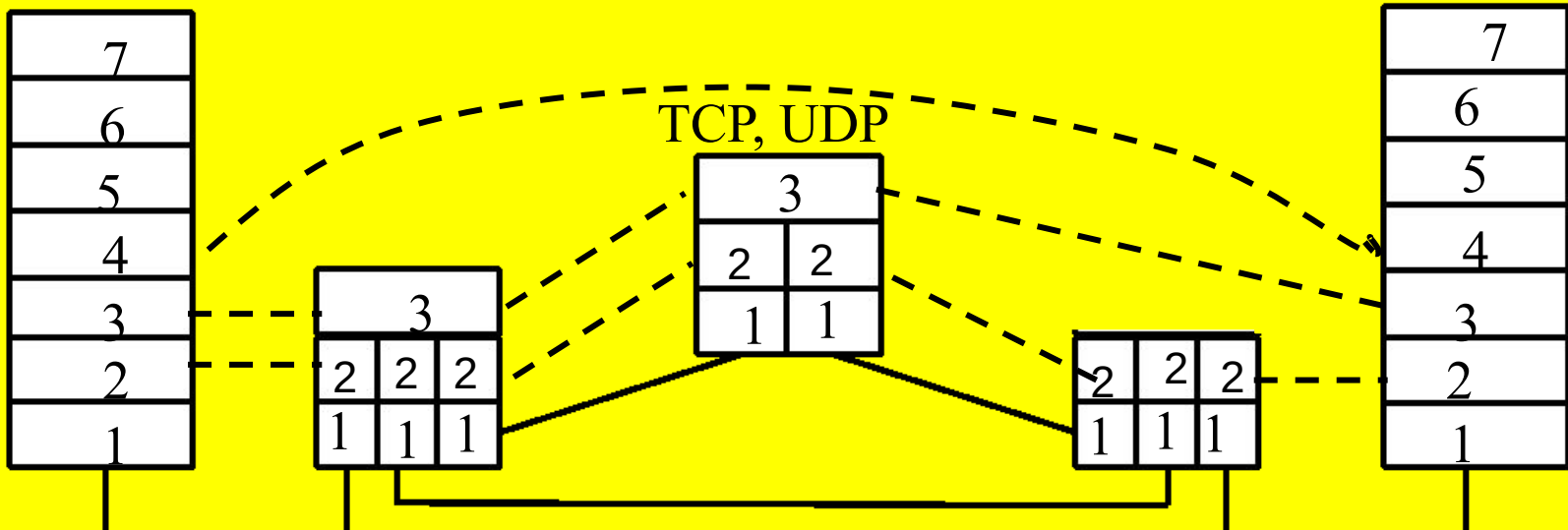
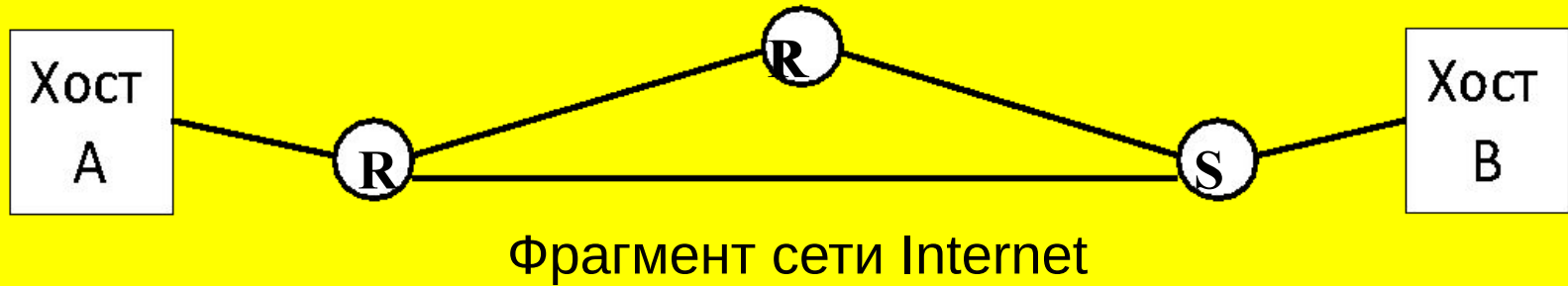


Схема взаимодействия уровней в 3-х узловой транспортной сети

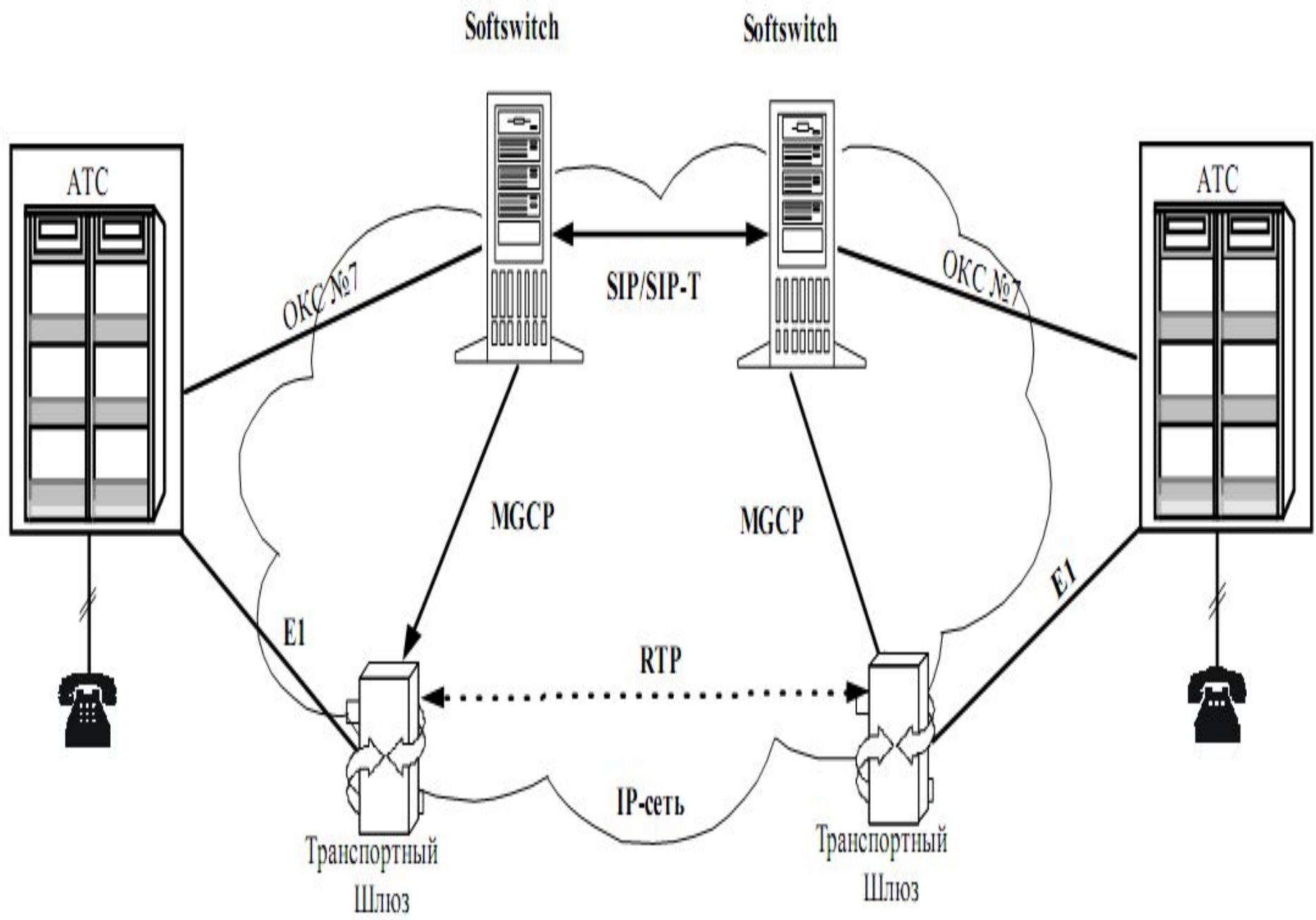
Сеть коммутации пакетов с 2-мя маршрутизаторами и 1-им коммутатором



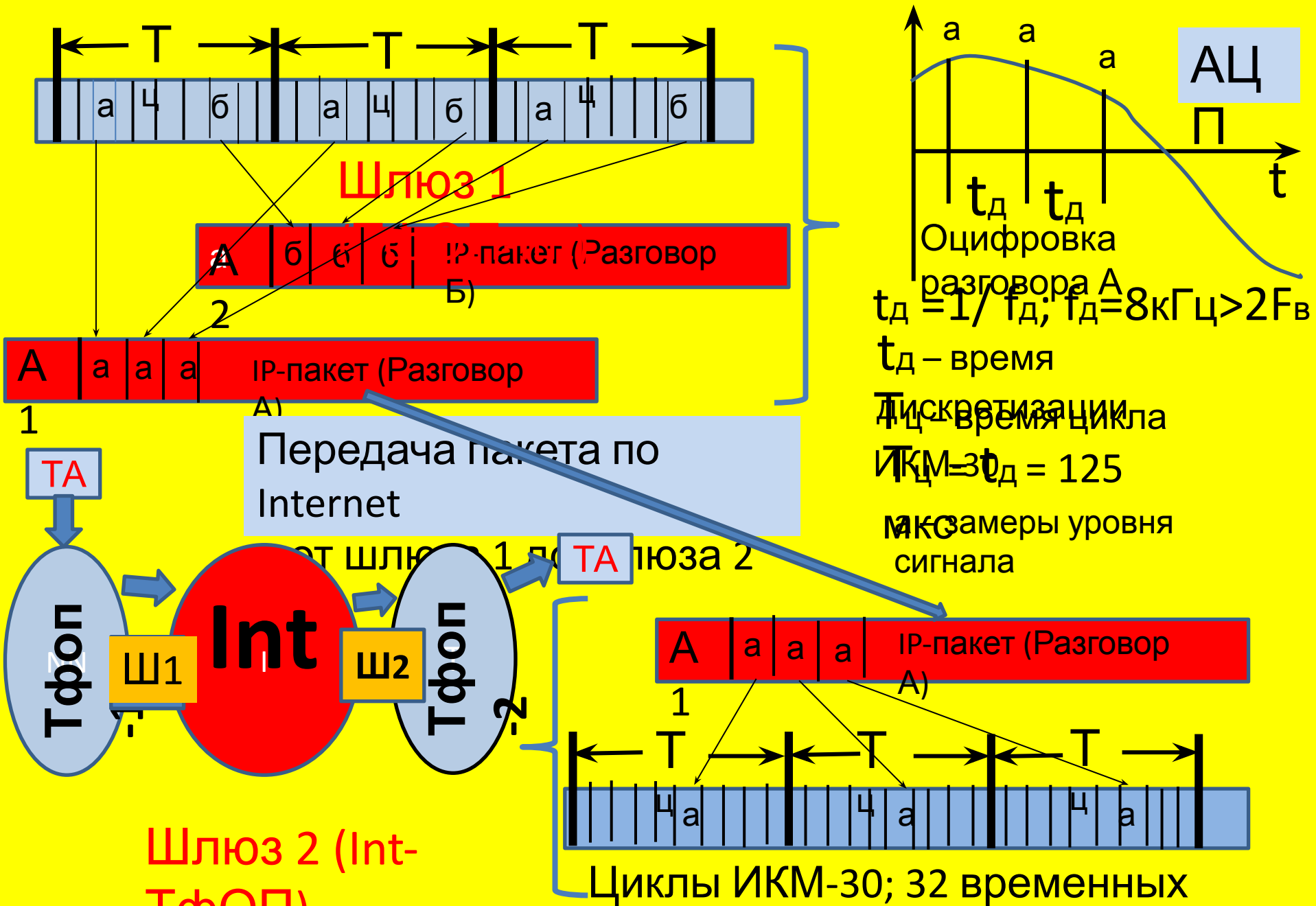
1-й (физический уровень). 2-й (канальный) уровень
R – router (маршрутизатор). 3-й (сетевой) уровень

— — — — — логические (протокольные) связи между уровнями

Схема взаимодействия ТфОП – IP-сеть -ТфОП



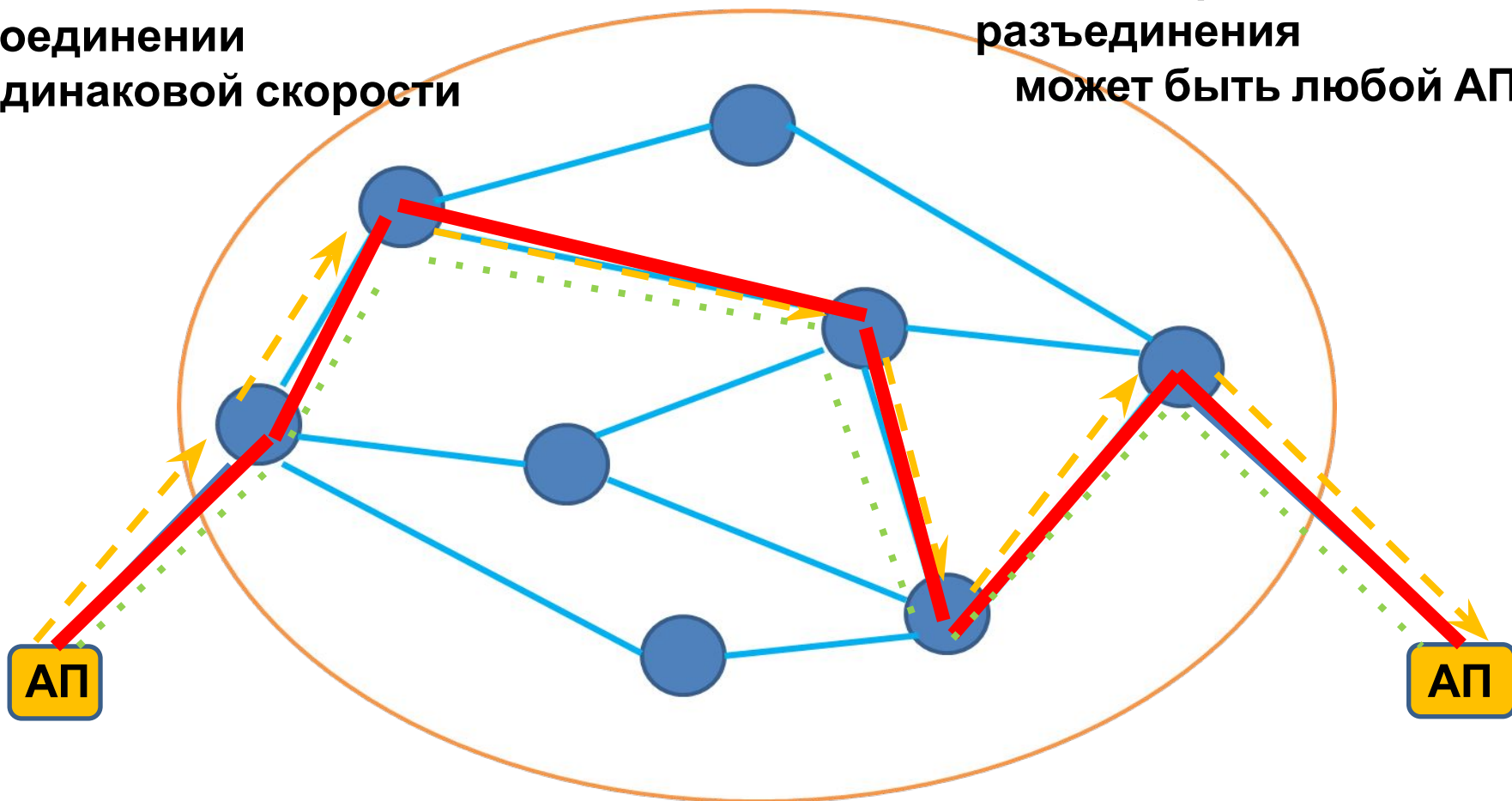
Работа медиа шлюзов в IP-телефонии



Способ коммутации каналов

Все каналы в соединении одинаковой скорости

Инициатором разъединения может быть любой АП



Фазы информационного обмена при коммутации каналов

Установление
соединения



Информац.
обмен

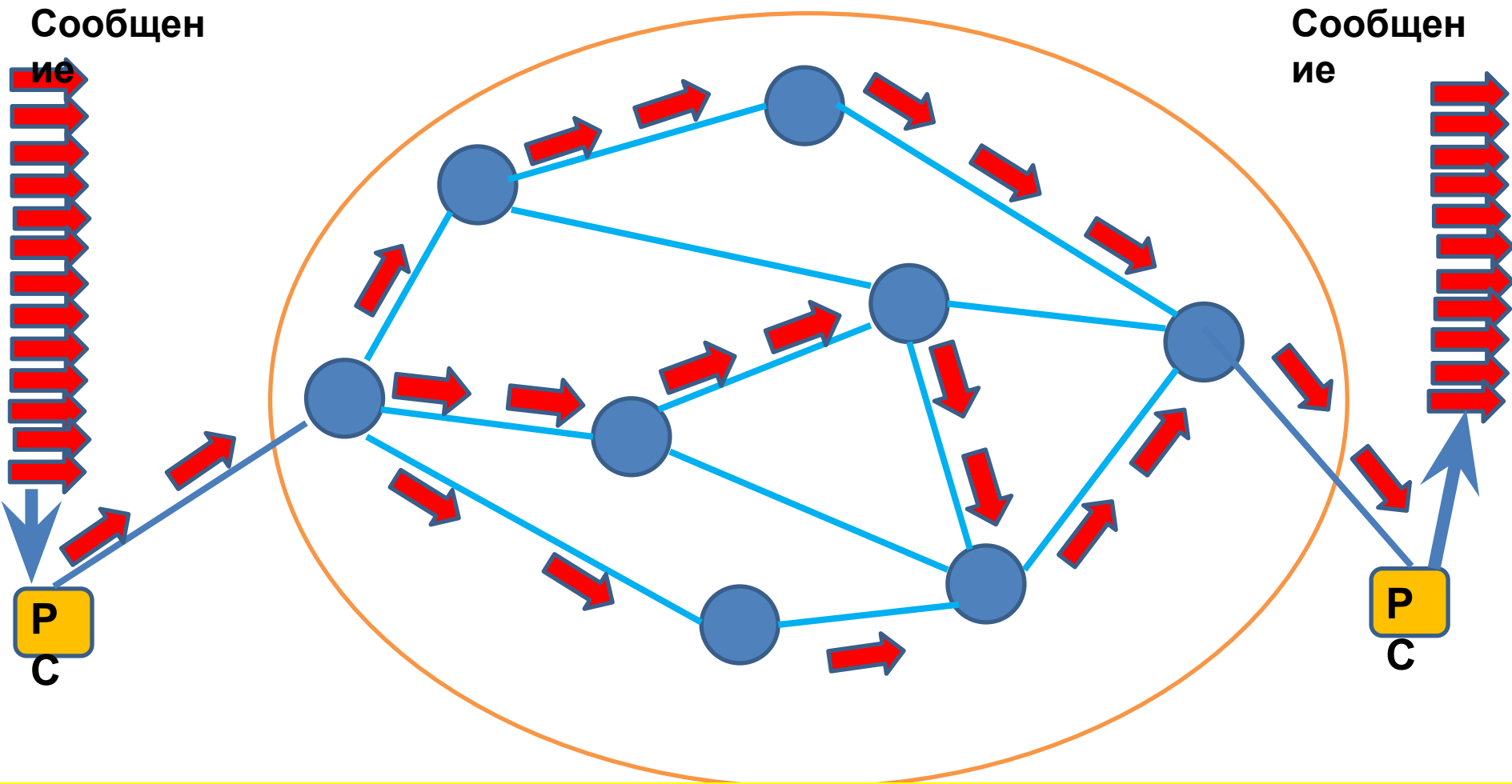


Разъединен
ие



Способ коммутации пакетов. Дейтаграммный режим

Все узлы имеют память для промежуточного хранения пакетов
каналы в соединении могут иметь различные скорости



Предварительное установление соединения на сетевом уровне не производится
IP-пакеты с сетевыми адресами PC-отправителя и PC-

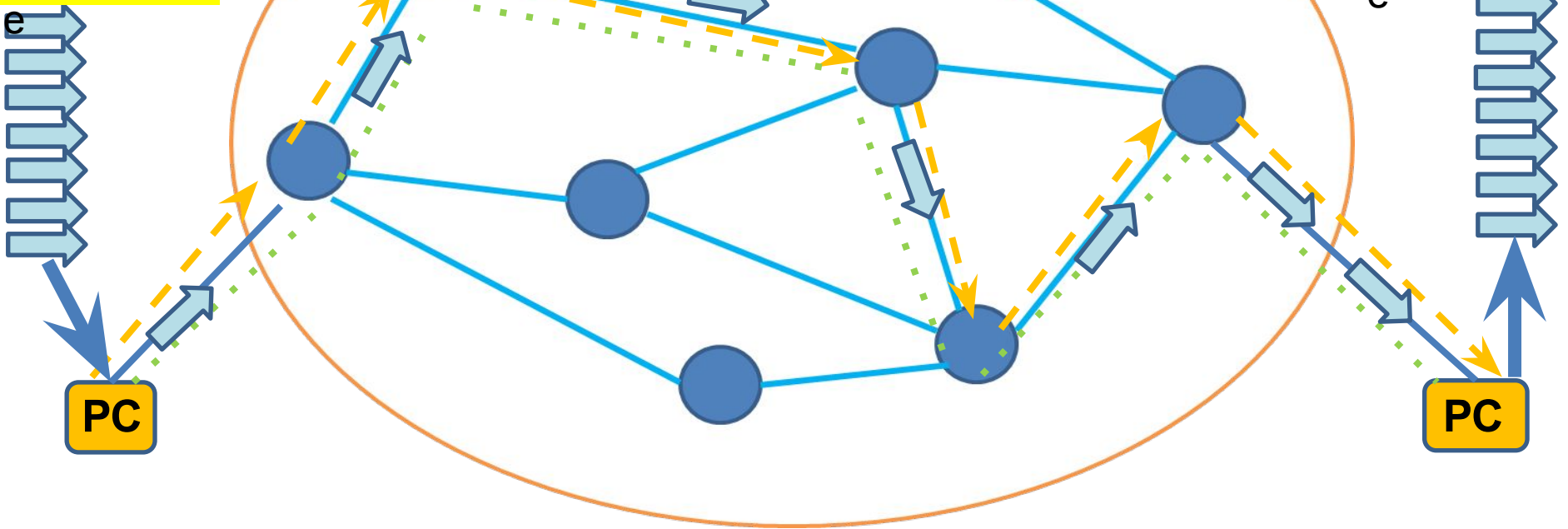
Способ коммутации пакетов. Режим виртуального канала

Соединение устанавливается по таблице маршрутизации

Пакеты передаются по Таблице коммутации

Сообщения

Сообщения



Установка соединения

IP-пакеты с идентификаторами

Разъединение

Упрощённые структуры таблиц ТМ и ТК

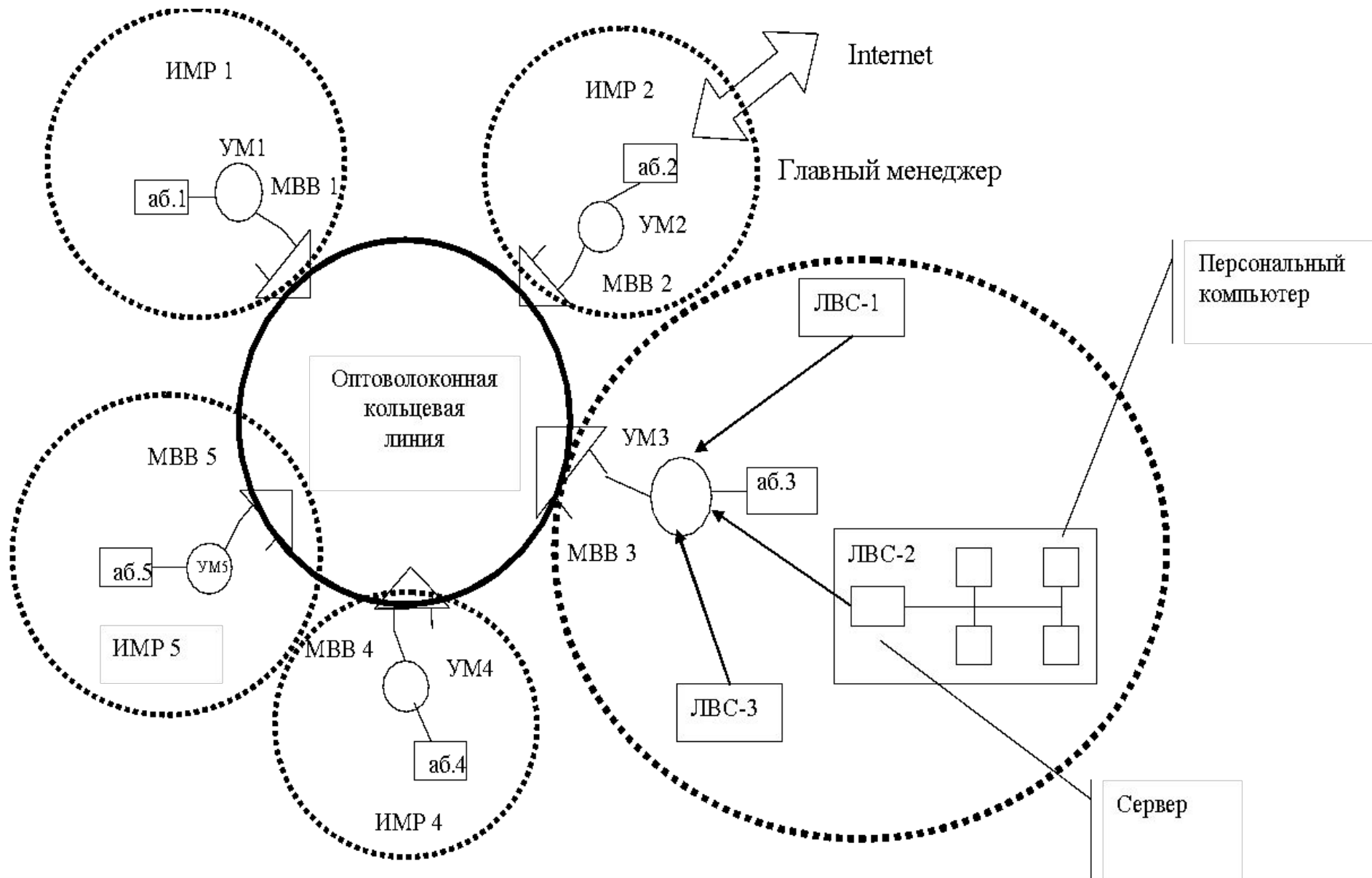
Таблица маршрутизации

IP-адрес получателя	IP-адрес порта выдачи
164.172.13.2	164.172.13.1
80.117.30.4/24	144.25.15.2
208.45.56.14	199.17.37.4
208.45.56.17	211.55.28.21

Таблица коммутации

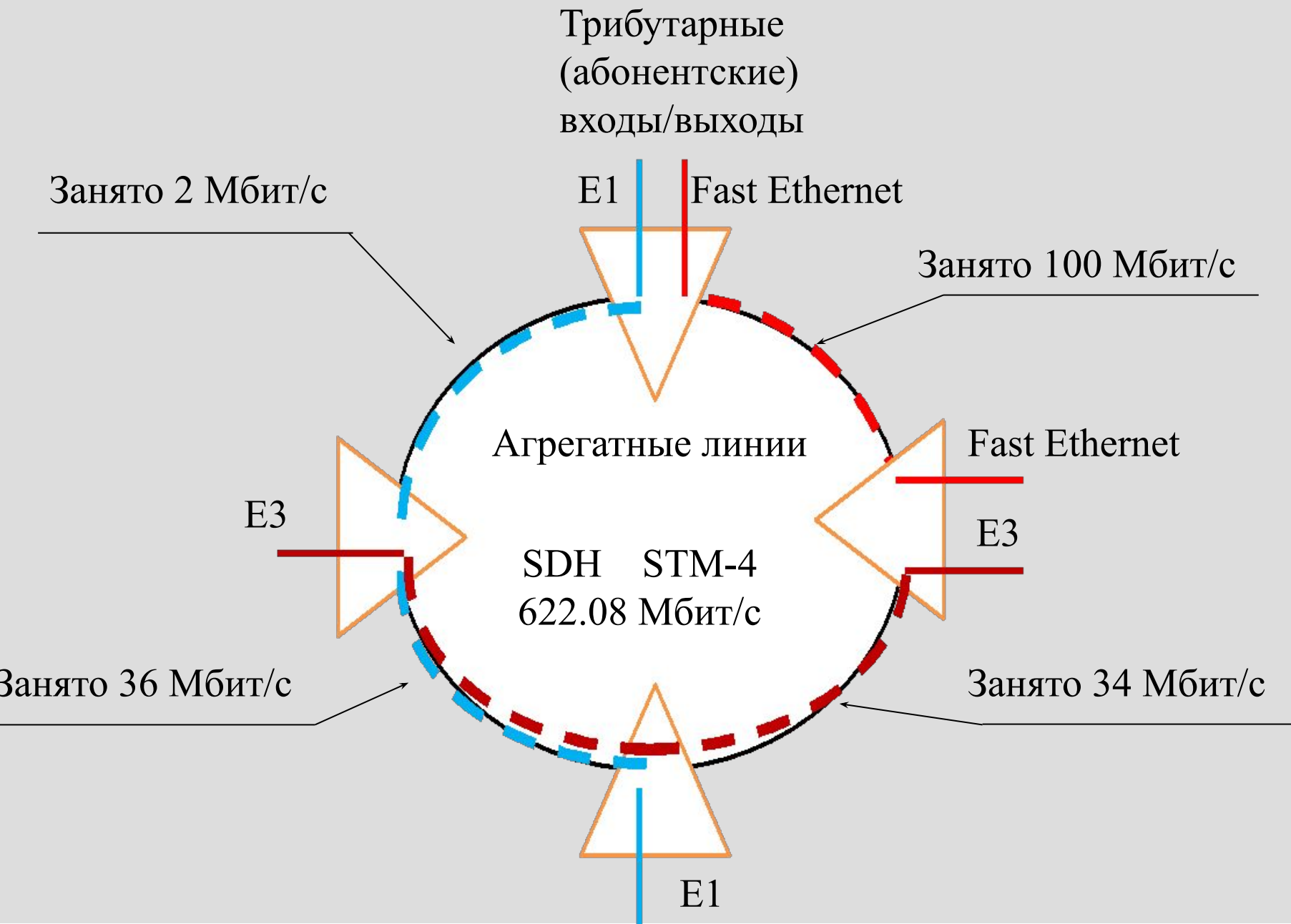
Адрес входного порта маршрутизатора	Входной идентификатор	Адрес выходного порта маршрутизатора	Выходной идентификатор
...172.13.1	21117.37.4	444
....25.15.2	65455.28.21	767
....17.37.4	90125.15.2	156
....55.28.21	345	...172.13.1	878

Пример городской мультисервисной сети



Выделить первичную и вторичные сети

Мультиплексоры ввода/вывода (ADM)



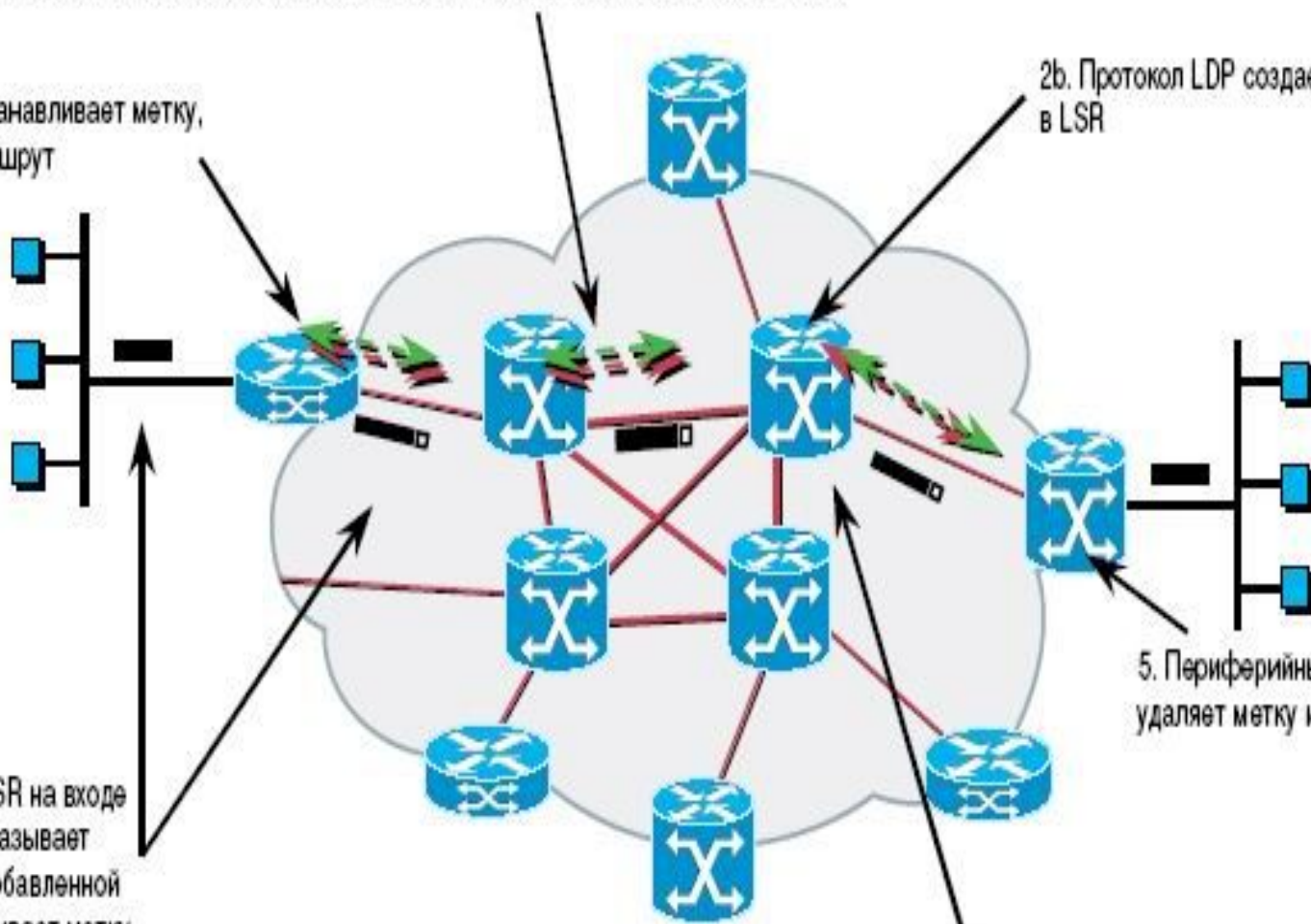
Структура транспортной сети технологии MPLS

MPLS: Передача (forwarding)

1. Существующие протоколы маршрутизации (например, OSPF, IGPR) устанавливают маршруты

2а. Протокол LDP устанавливает метку, указывающую на маршрут

2б. Протокол LDP создает записи LFIB в LSR



5. Периферийный LSR на выходе удаляет метку и доставляет пакет

3. Периферийный LSR на входе принимает пакет, оказывает услуги Уровня 3 с добавленной ценностью и присваивает метку

4. LSR передают помеченные пакеты, используя технологию свопинга меток

Структура метки в технологии MPLS

Формат пакета в маршрутизаторе Internet



Формат кадра на входе маршрутизатора LER



Формат кадра на выходе маршрутизатора LER



20

3

1

8

Всего в метке
MPLS 32
разряда

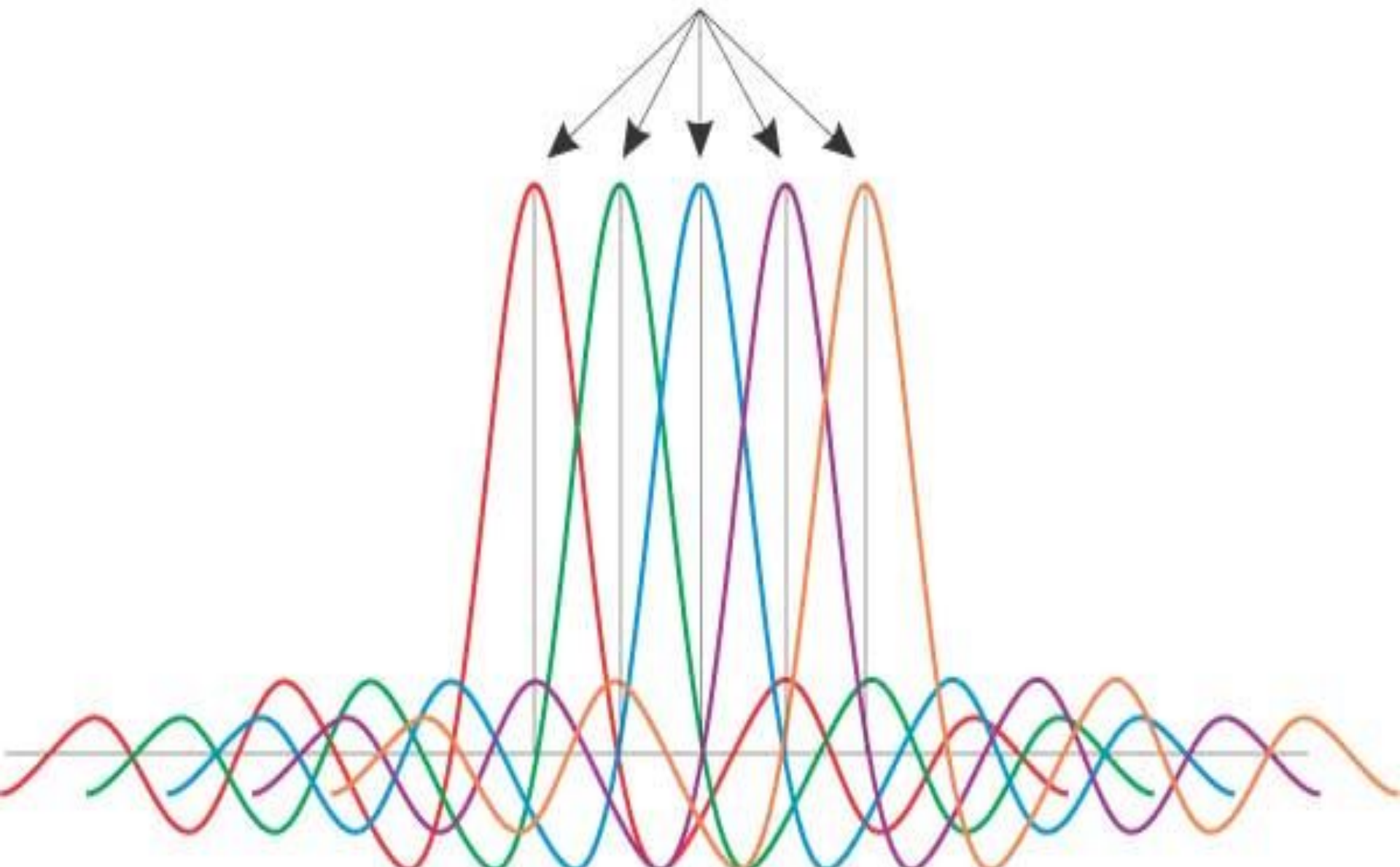
CoS – класс сервиса, S – признак конца стека меток,

TTL – общее допустимое время жизни пакета в

Мультиплексирование с ортогональным частотным разделением -

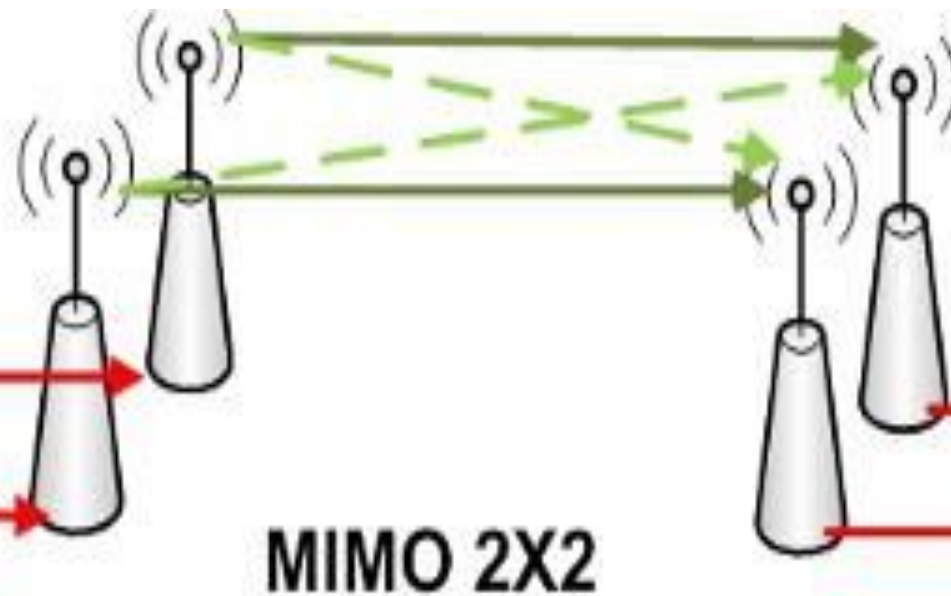
OFDM

Частотные каналы



Частота, f

Схема организации связи по технологии MIMO (Множественный вход множественный выход)



Подпотоки

MIMO 2x2

Сумматор

За счёт пространственного разделения потоков общая скорость удвоится по сравнению со схемой 1x1. В схеме 4x4 скорость учетверится, но – трудности с разделением потоков на приёме

Делитель

Исходный поток информации

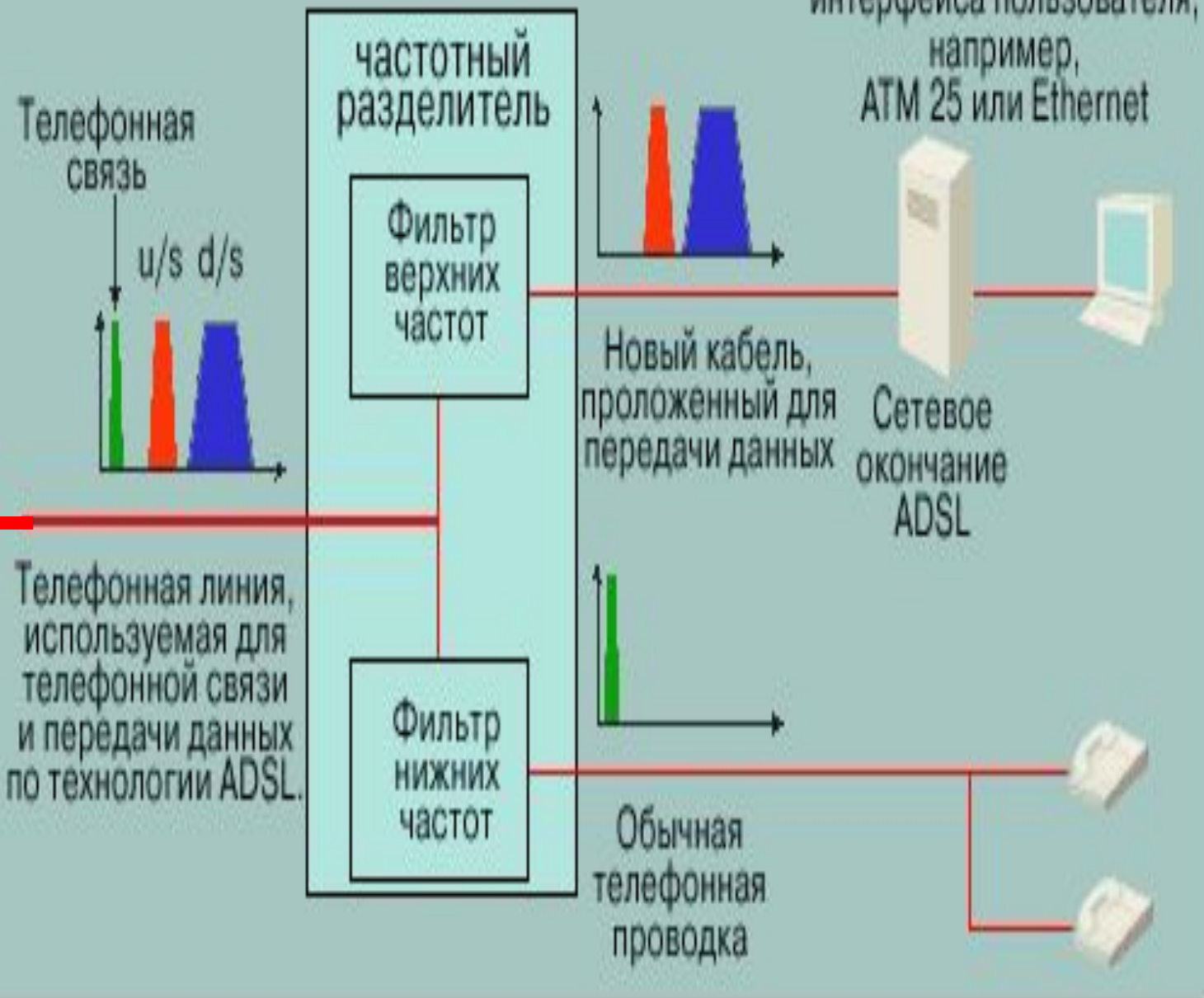
Принятый поток

Сетевое окончание ADSL (на стороне абонента)

Страна АТС



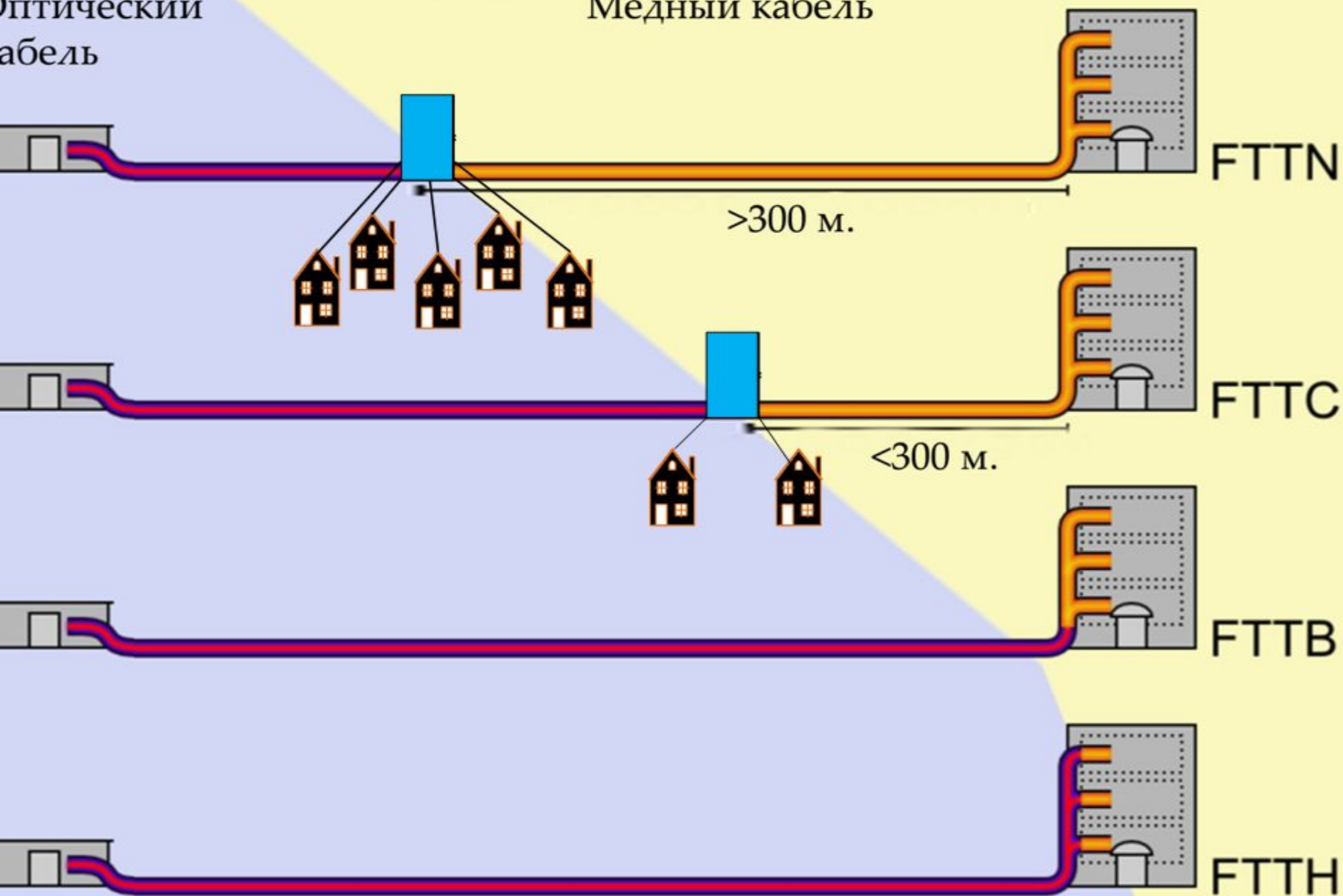
Страна абонента



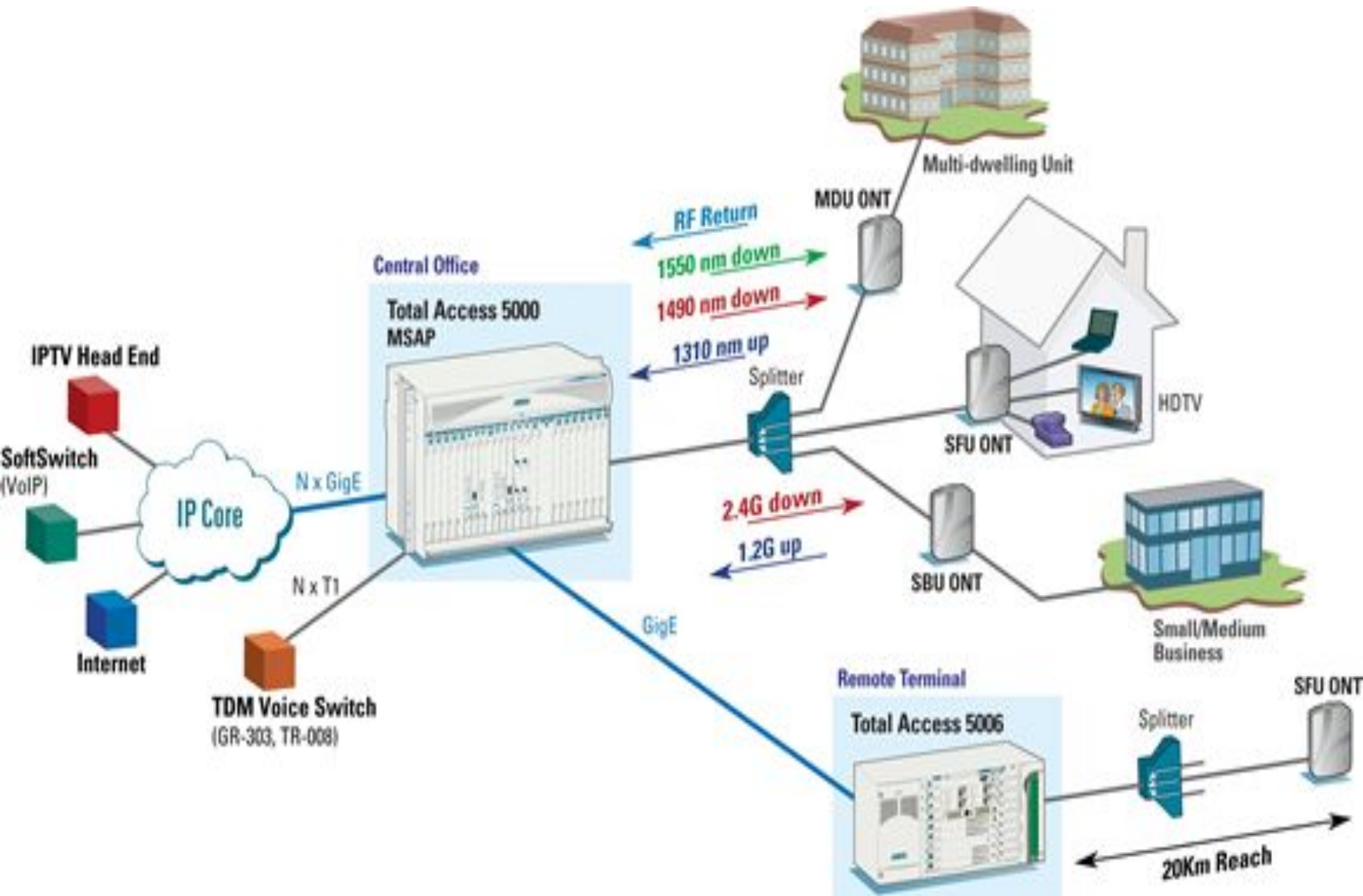
Виды технологии FTТх

Оптический кабель

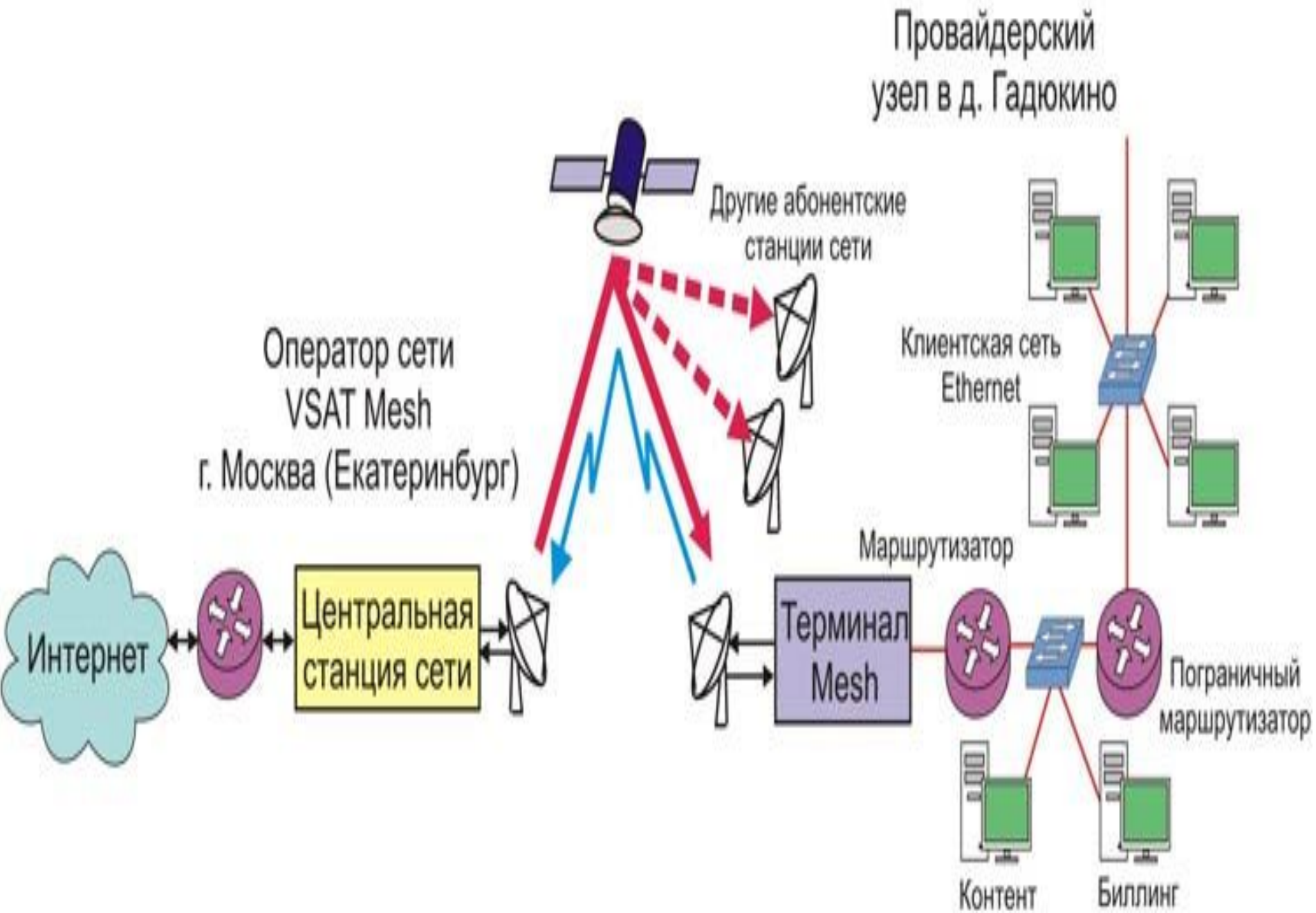
Медный кабель



Мультиплексирование каналов в GPON



Спутниковый доступ в Internet



Параметры надёжности

Надёжность какого-либо объекта (сеть, система, устройство и т.д.) – свойство выполнять определённые функции в определённых условиях эксплуатации.

Отказ сети – переход её в такое состояние, когда она не может выполнять свои основные функции. Эти функции должны фиксироваться в техническом задании (ТЗ), согласованном между заказчиком и разработчиком сети.

Различают структурную и алгоритмическую надёжности.

Главный показатель надёжности – коэффициент готовности

$$K_r = \frac{T_0}{T_0 + \tau}$$

T_0 – среднее время наработки на отказ. τ – среднее время восстановления

Типичные значения коэффициентов готовности в сетях

0.999 - 8 часов простоя в год,

0.9999 - 50 минут простоя в год,

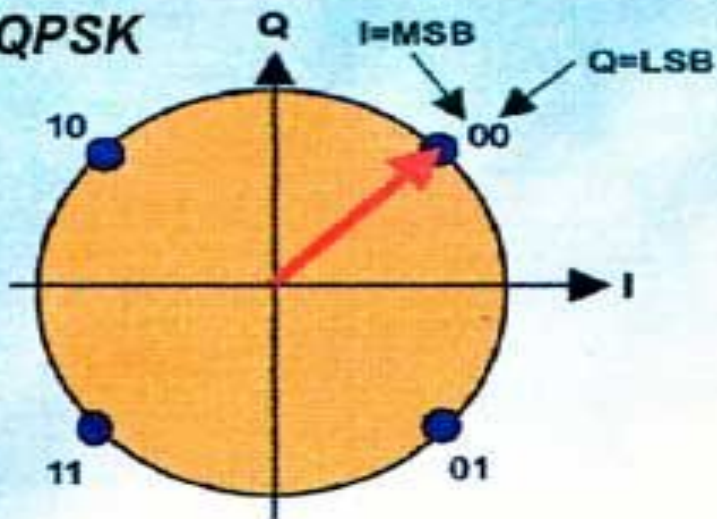
0.99999 - 5 минут простоя в год,

0.999999 – 30 сек простоя в год.

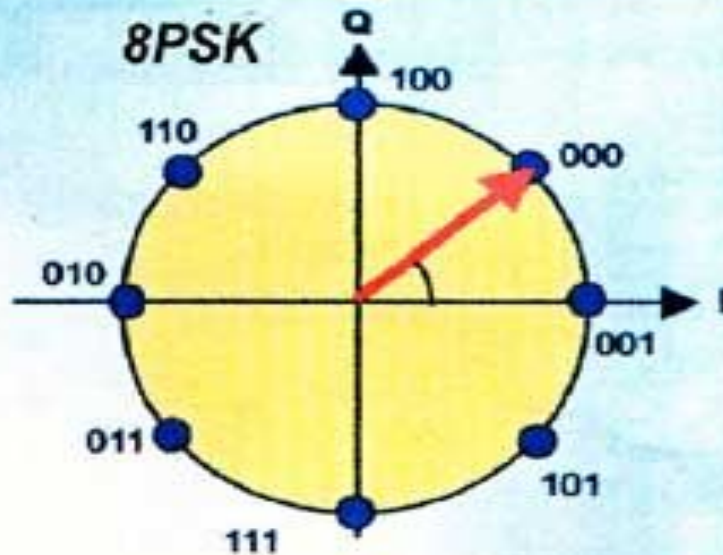
Разное

Созвездие QAM

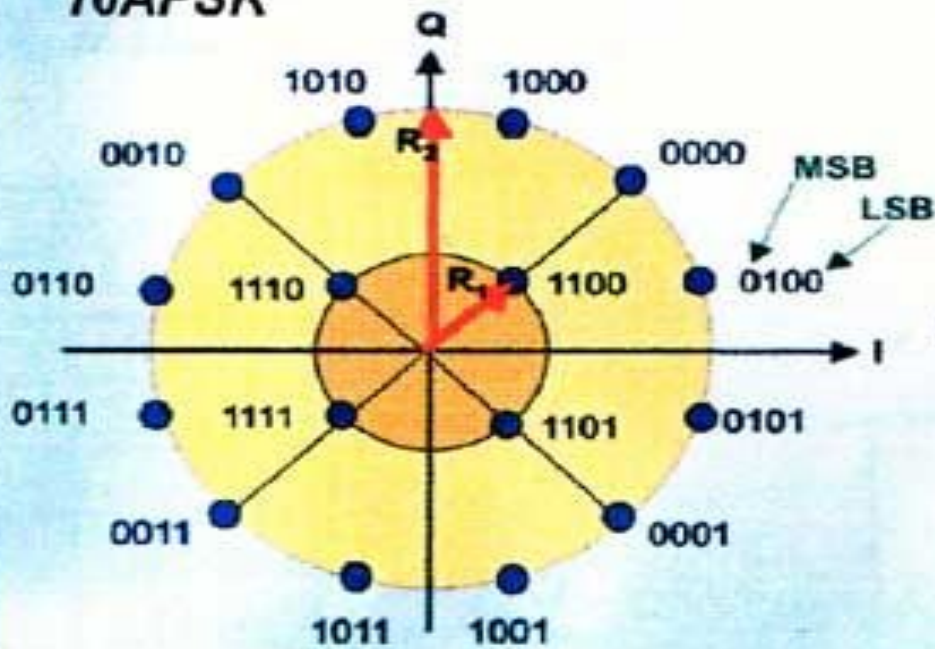
QPSK



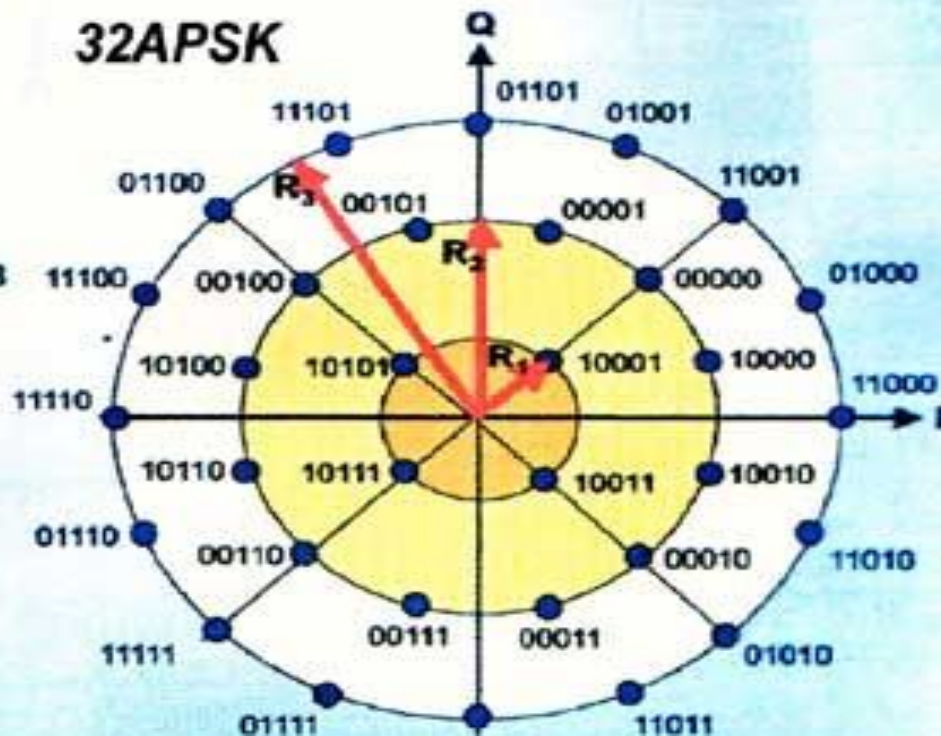
8PSK



16APSK



32APSK



Блок-схема коммутатора (маршрутизатора)

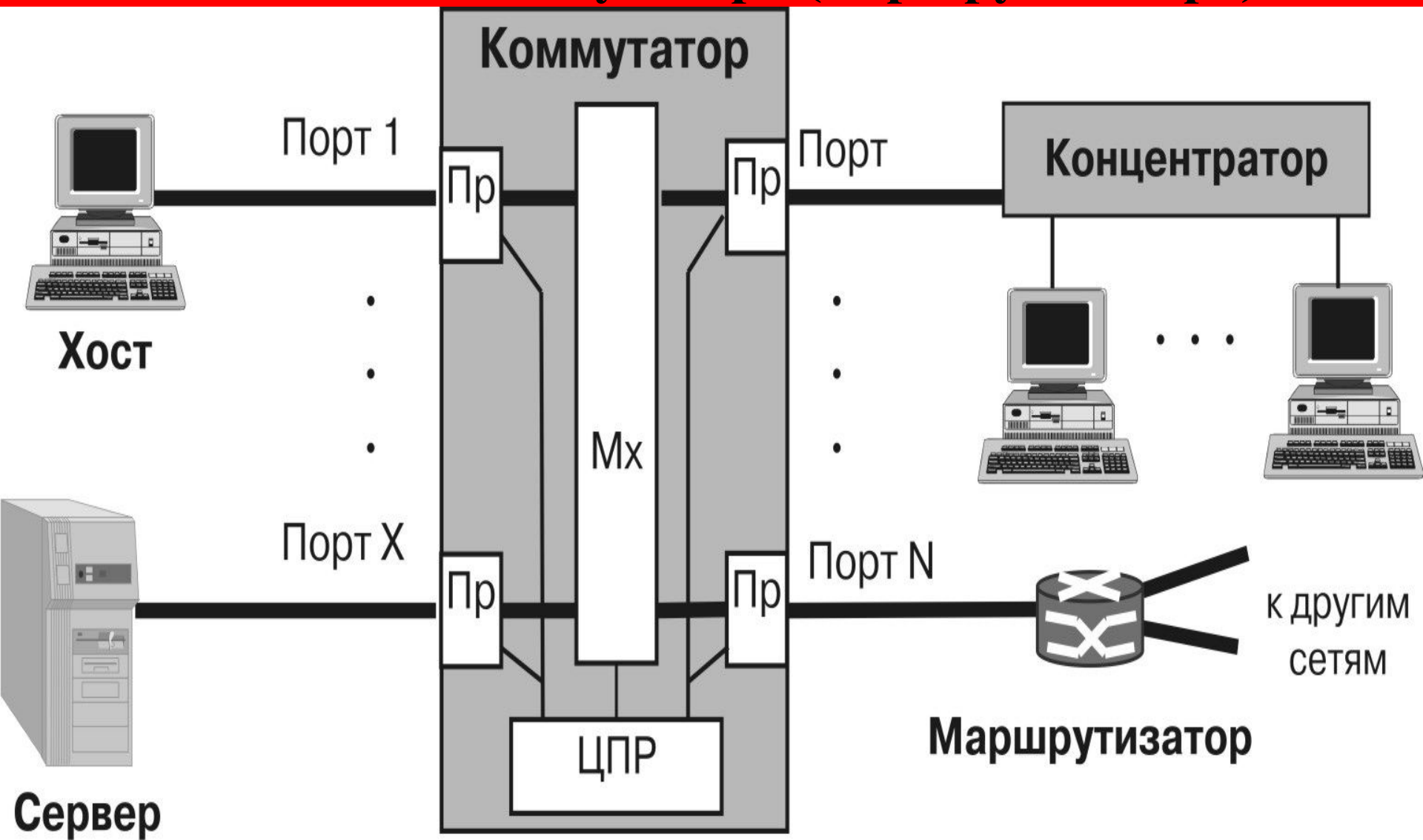
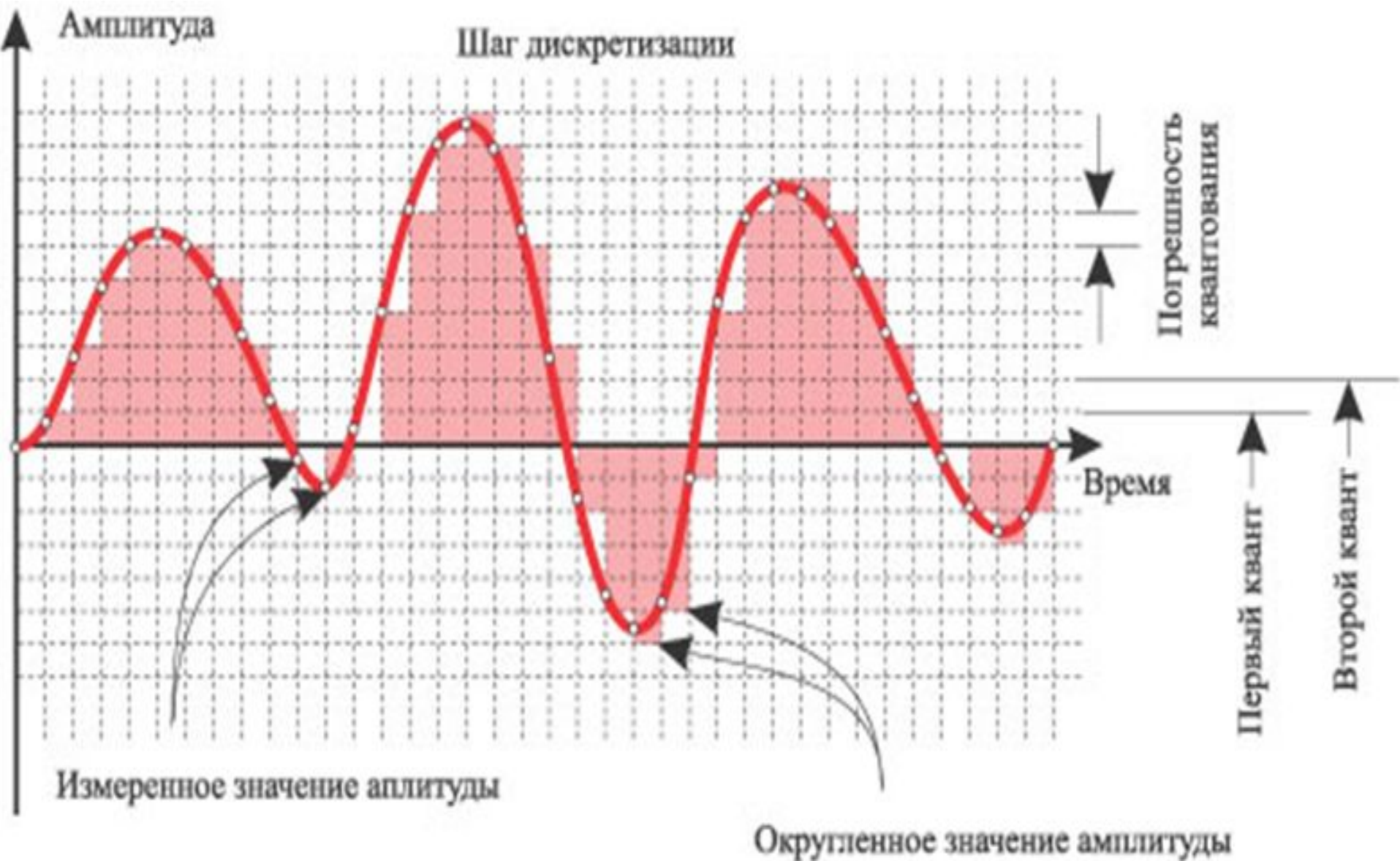
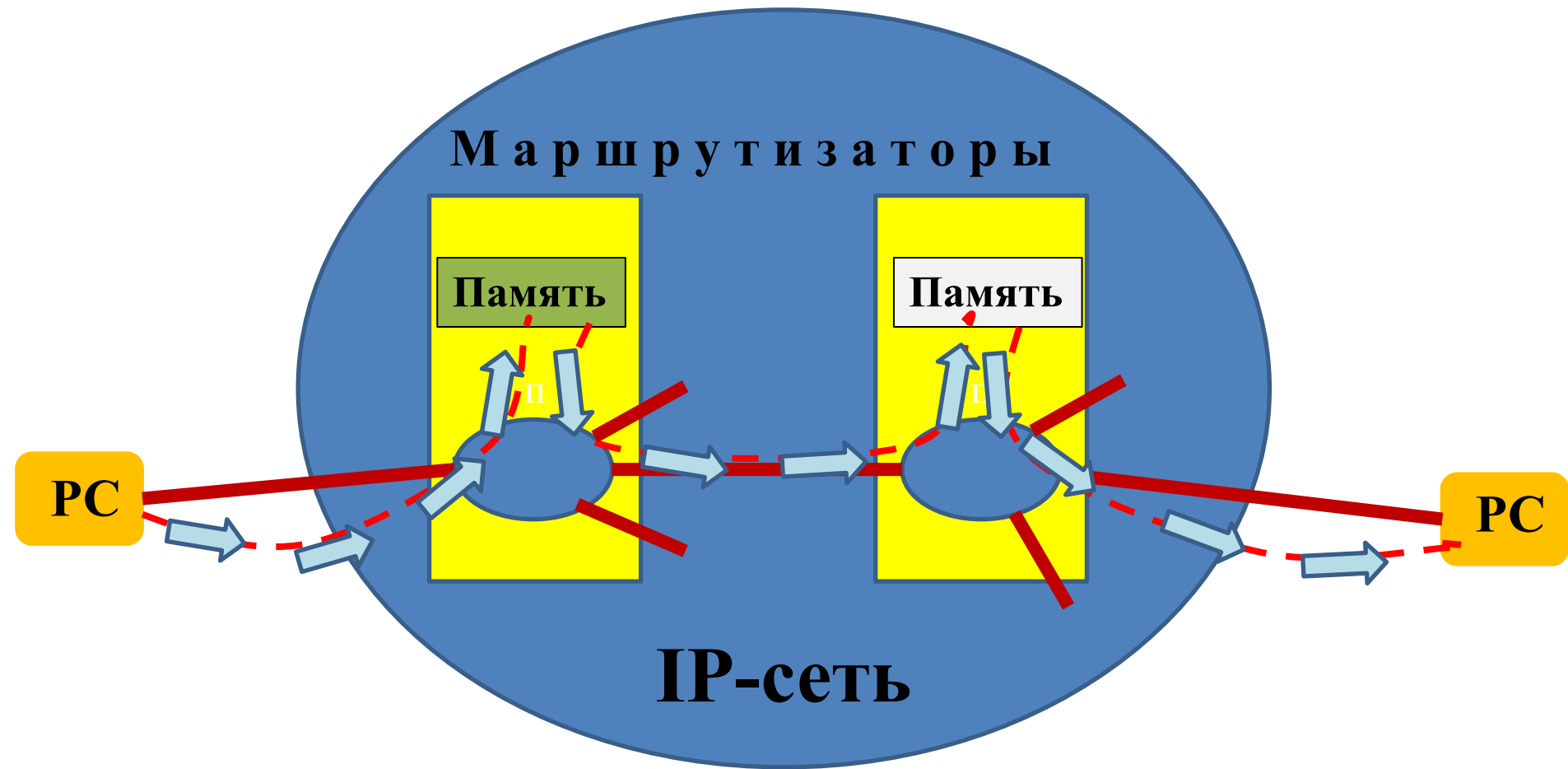


Схема работы АЦП



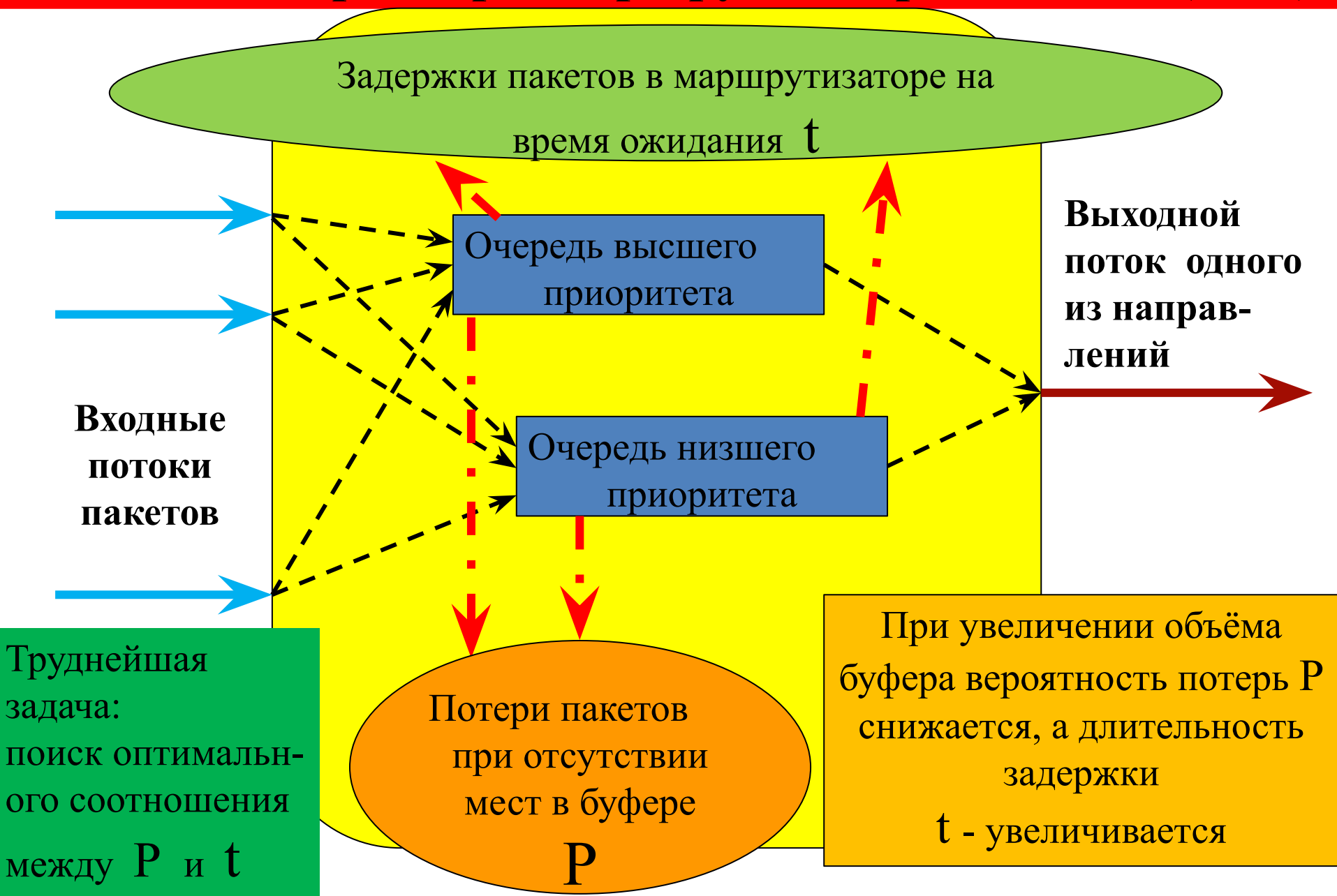
Процесс передачи пакетов по IP-сети



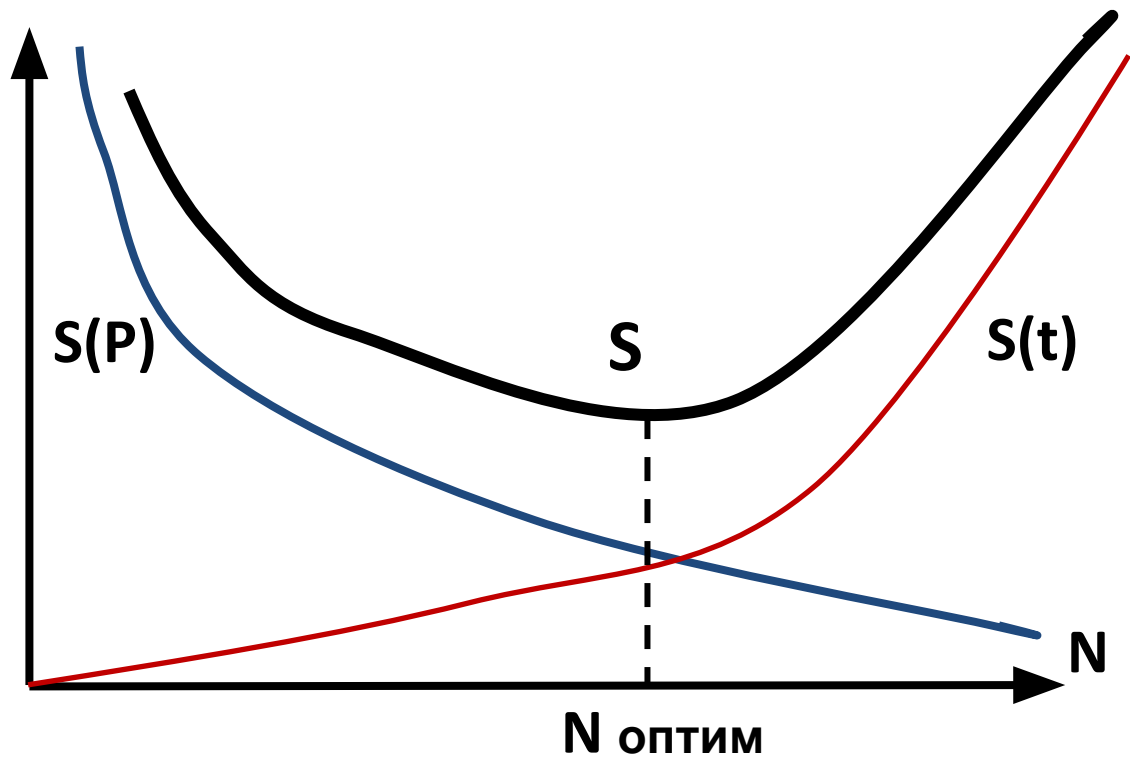
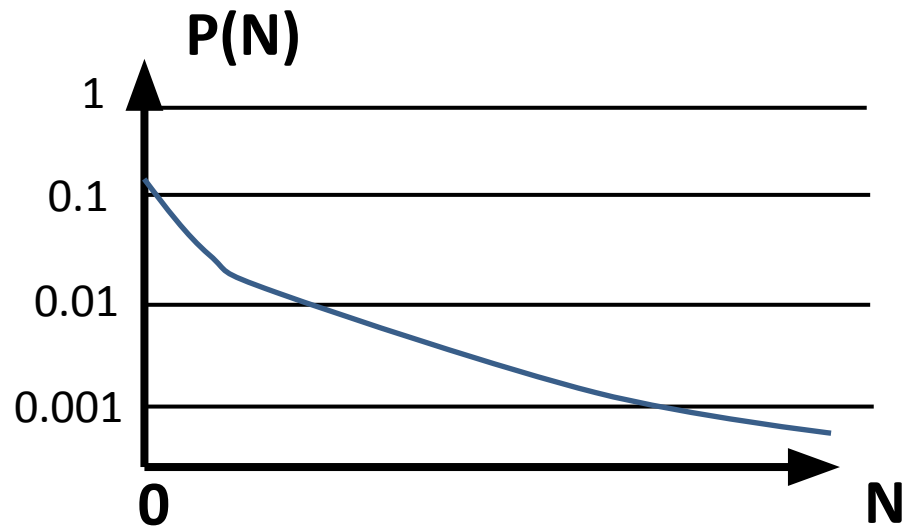
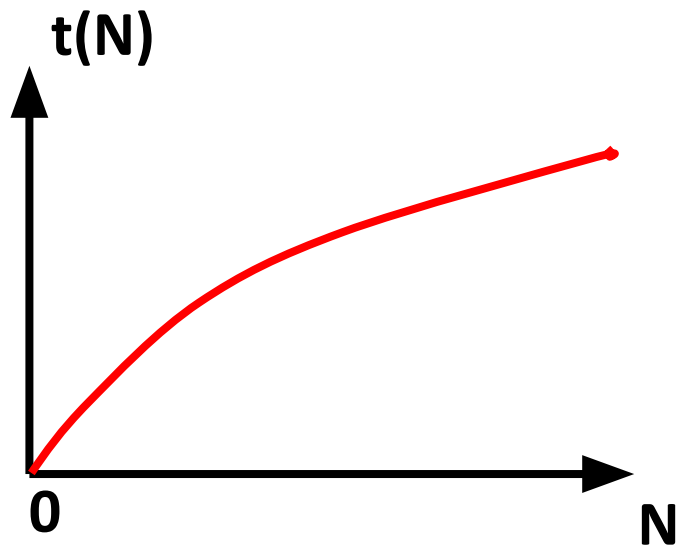
 - Коммутационная часть маршрутизатора

 - Последовательность IP-пакетов

Основные параметры маршрутизатора пакетов (P и t)

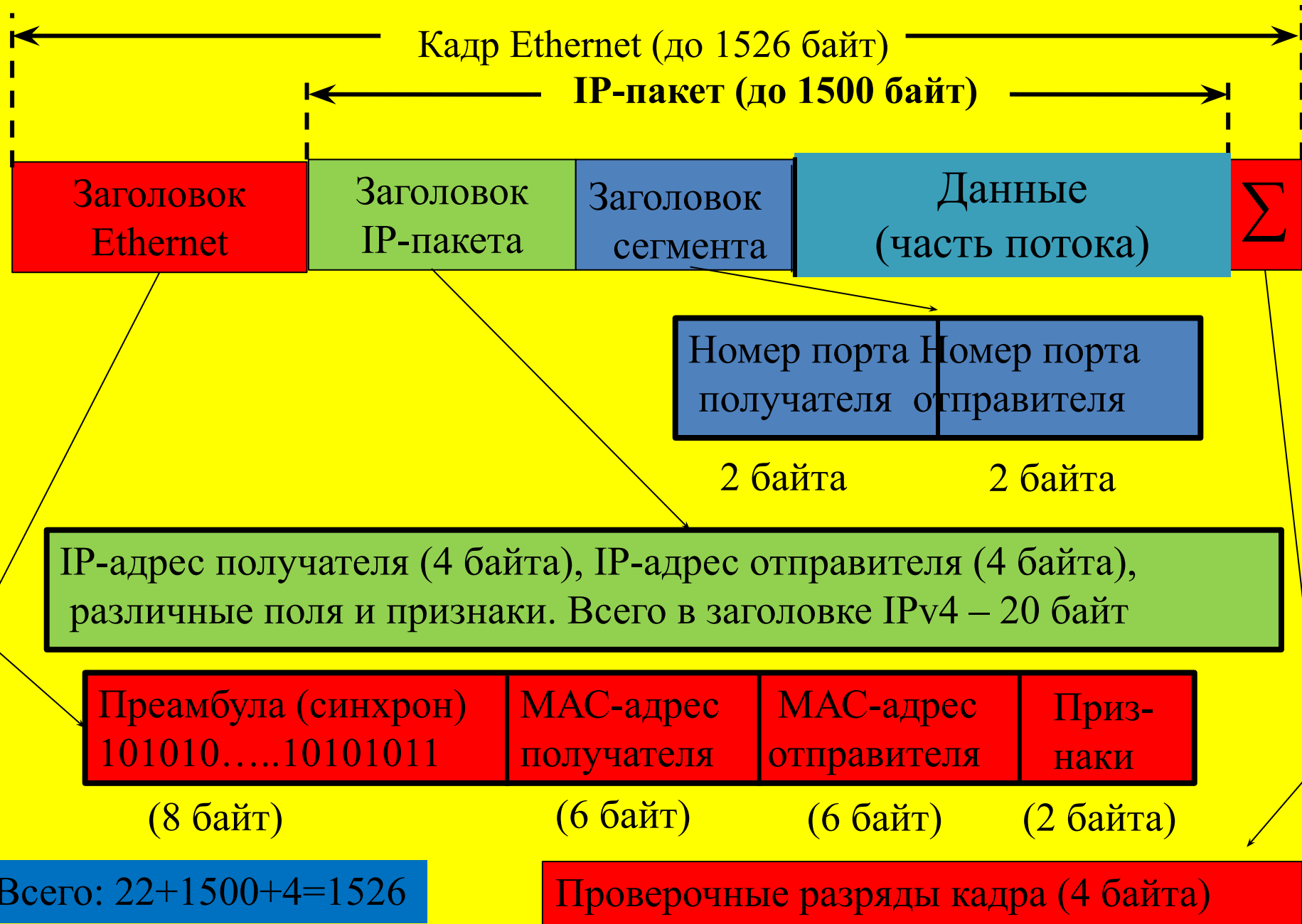


Определение оптимальной длины буфера



N -объём буфера в маршрутизаторе
 P -вероятность потери пакета
 t -длительность задержки пакета в буфере

Структура кадра Ethernet



Место и формат метки в сети MPLS

Формат пакета в маршрутизаторе Internet



Формат кадра на входе маршрутизатора LER



Формат кадра на выходе маршрутизатора LER



20

3

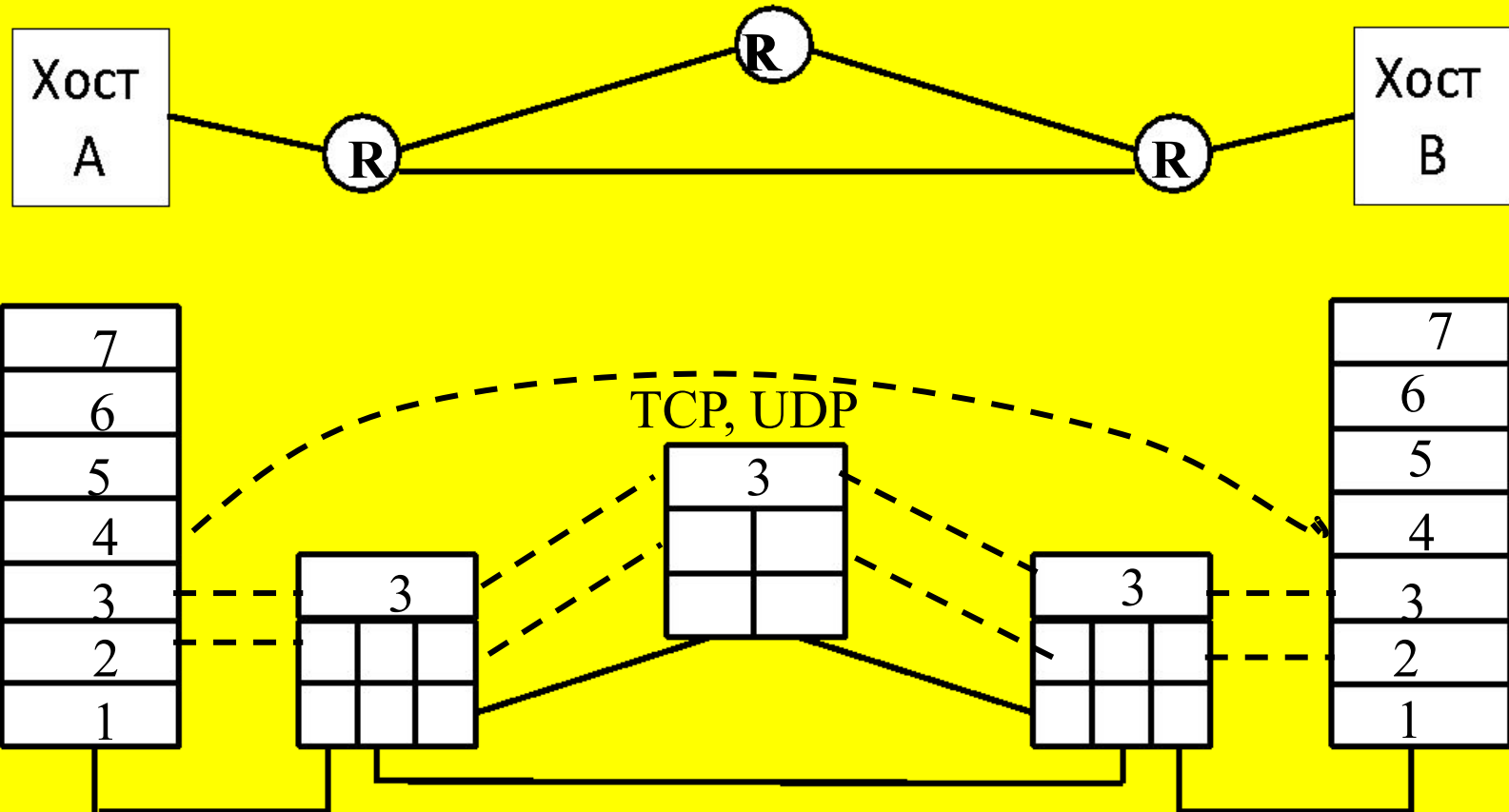
1

8

Всего в метке
MPLS 32
разряда

Схема взаимодействия уровней в 3-х узловой транспортной сети

Сеть коммутации пакетов с маршрутизаторами



1-й (физический уровень). 2-й (канальный) уровень

R – router (маршрутизатор). 3-й (сетевой) уровень

----- логические (протокольные) связи между уровнями

Линейки канальных скоростей

PDH (Плещиохронная цифровая иерархия)

	E1	E2	E3	E4
Мб/с	2048	8448 (4x2048 + 256)	34368 (4x8448 + 576)	139264 (4x34368 + 1792)

SDH (Синхронная цифровая иерархия)

STM-1	STM-4	STM-16	STM-64	STM-256
155.52 Мб/с	622.08 Мб/с	2.5 Гб/с	10 Гб/с	40 Гб/с

Технология Ethernet

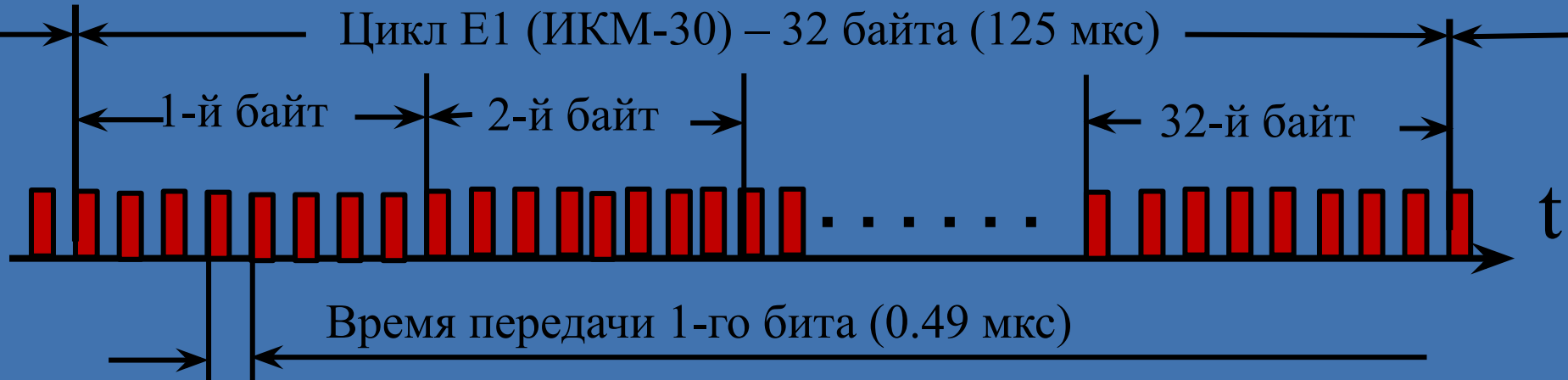
10 Мб/с	100 Мб/с	1 Гб/с	10 Гб/с	40 Гб/с	100 Гб/с
---------	----------	--------	---------	---------	----------

Оптические транспортные сети

OTN	OTU-1	OTU-2	OTU-3	OTU-4
	2,7 Гбит/с	10,7 Гбит/с	43 Гбит/с	112 Гбит/с.

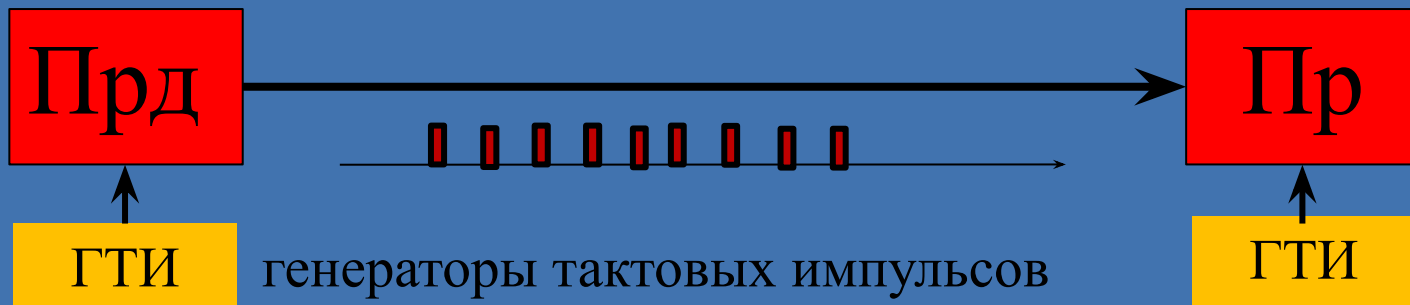
Принцип синхронизации в цифровых каналах

Виды синхронизации: битовая (границы бита), байтовая (граница байта), цикловая (граница цикла или фрагмента)



Рассмотрен вариант соответствия 1 бод \leftrightarrow 1 бит. В общем случае 1 бод может содержать несколько бит (например, при QAM-256 1 бод \leftrightarrow 8 бит)

Причины битовой рассинхронизации - различие частот ГТИ



При стабильности ПЭГ – 10^{-13} рассинхронизация доходит до 73 сут.

Зависимость канальной скорости от полосы и соотношения сигнал / шум (формула Шеннона)

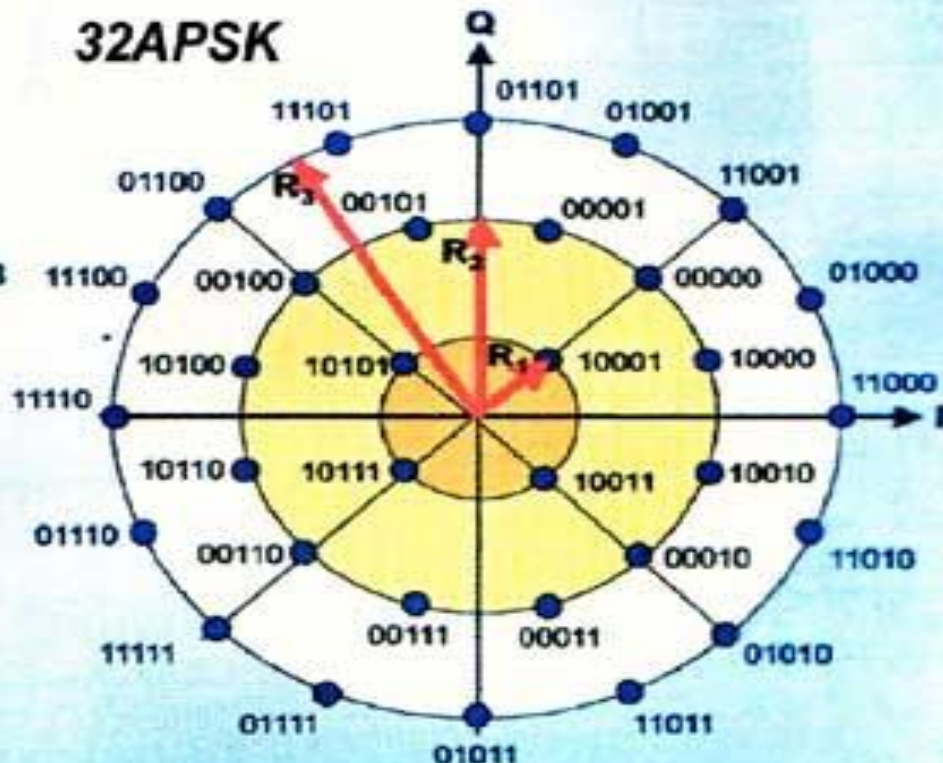
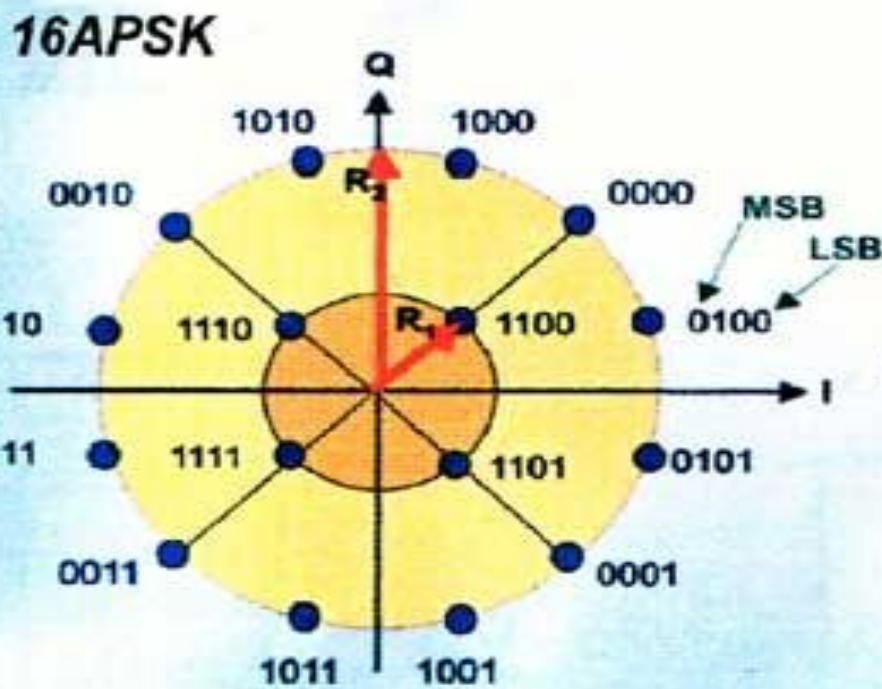
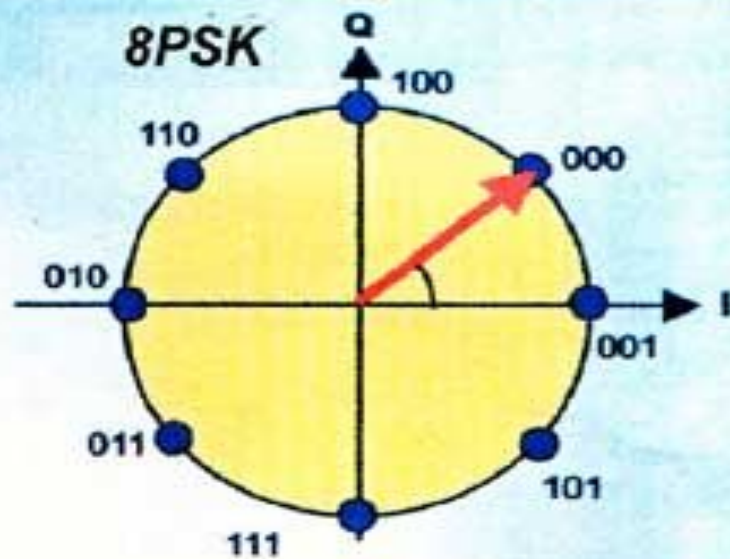
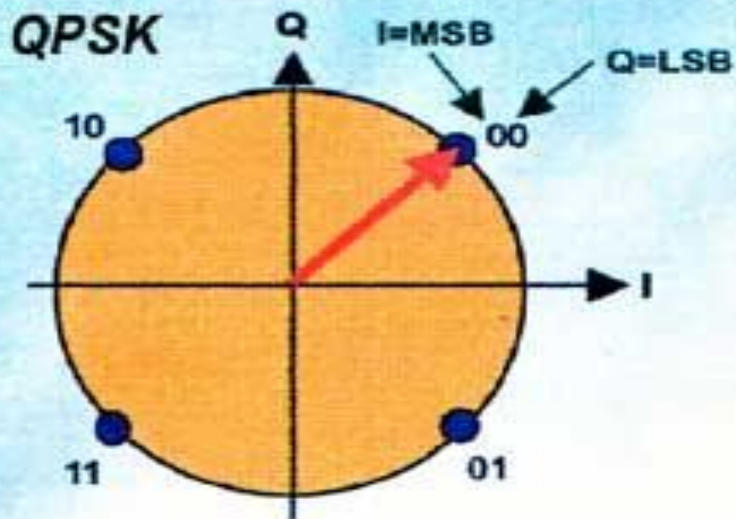
$$C = \Delta F \log_2(1 + N_{\text{сиг}} / N_{\text{шум}})$$

C – канальная скорость

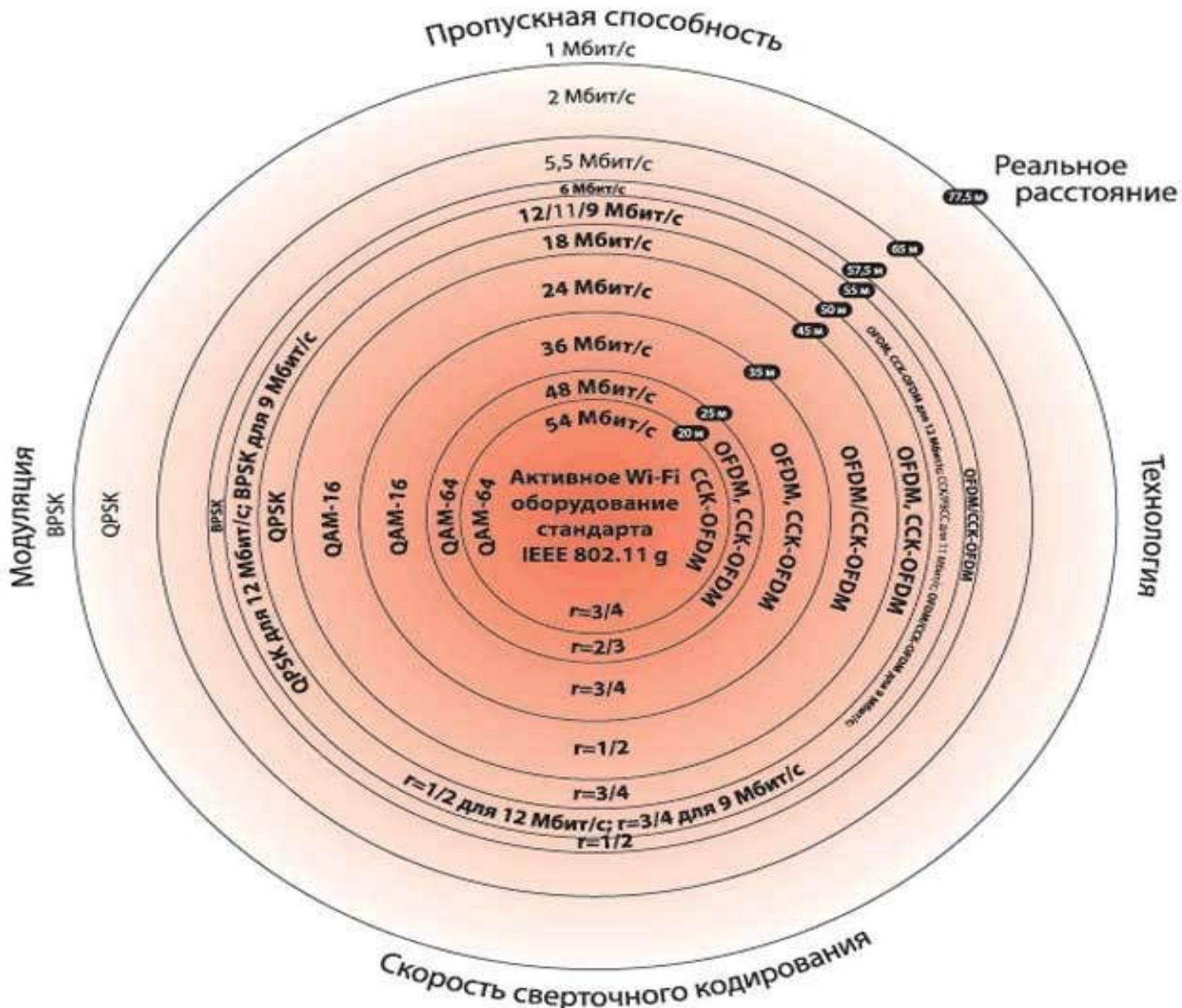
ΔF – используемая полоса частот

N – мощность сигнала/шума

Созвездие QAM



Пропускная способность Wi-Fi



Структурная схема сотовой сети стандарта GSM

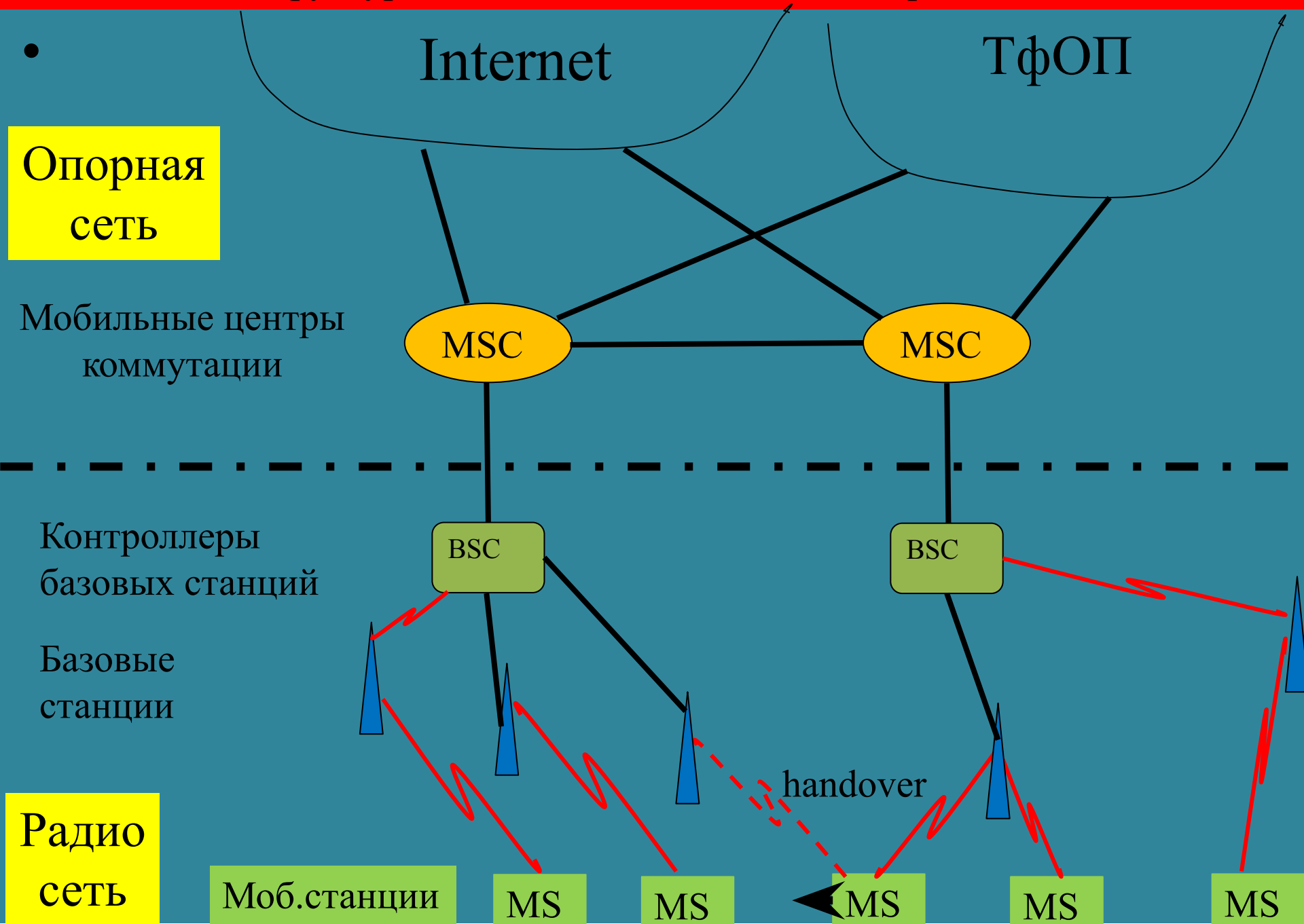


Схема абонентского доступа по сотовым сетям

