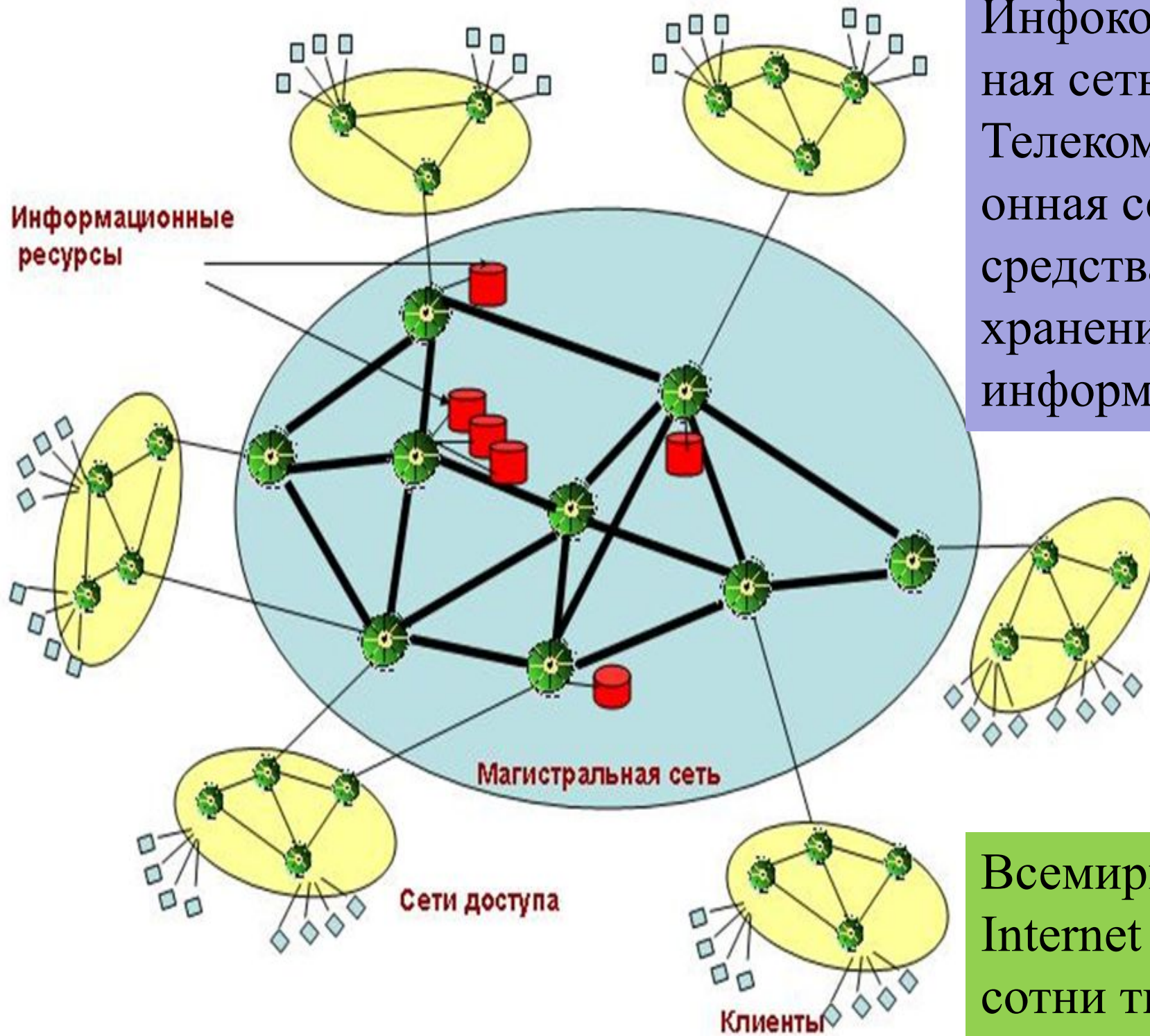


**Моделирование  
инфокоммуникационных  
систем и сетей связи  
(ИССС)**

# **Основные понятия о структуре ИССС**

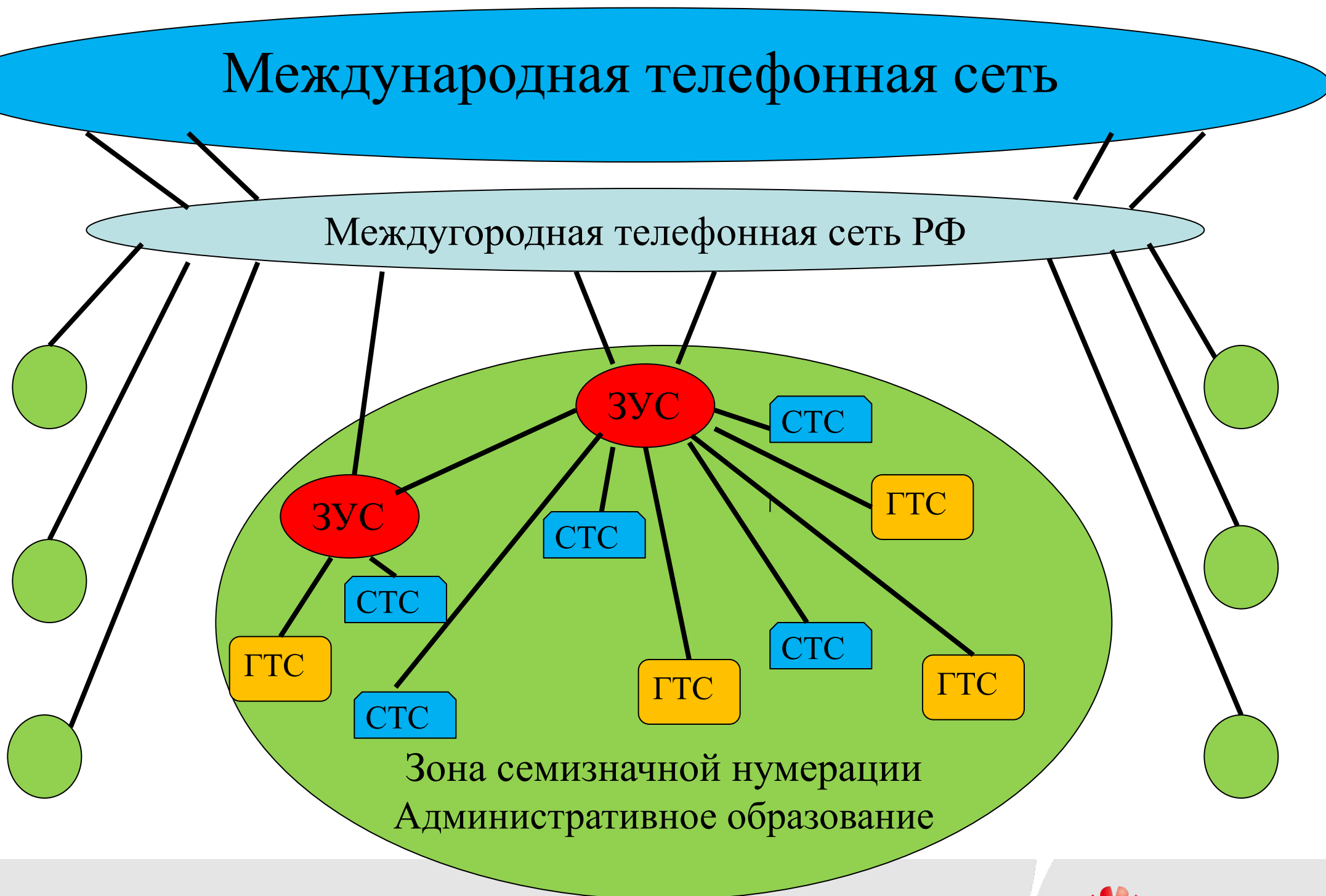
# Схема инфокоммуникационной сети



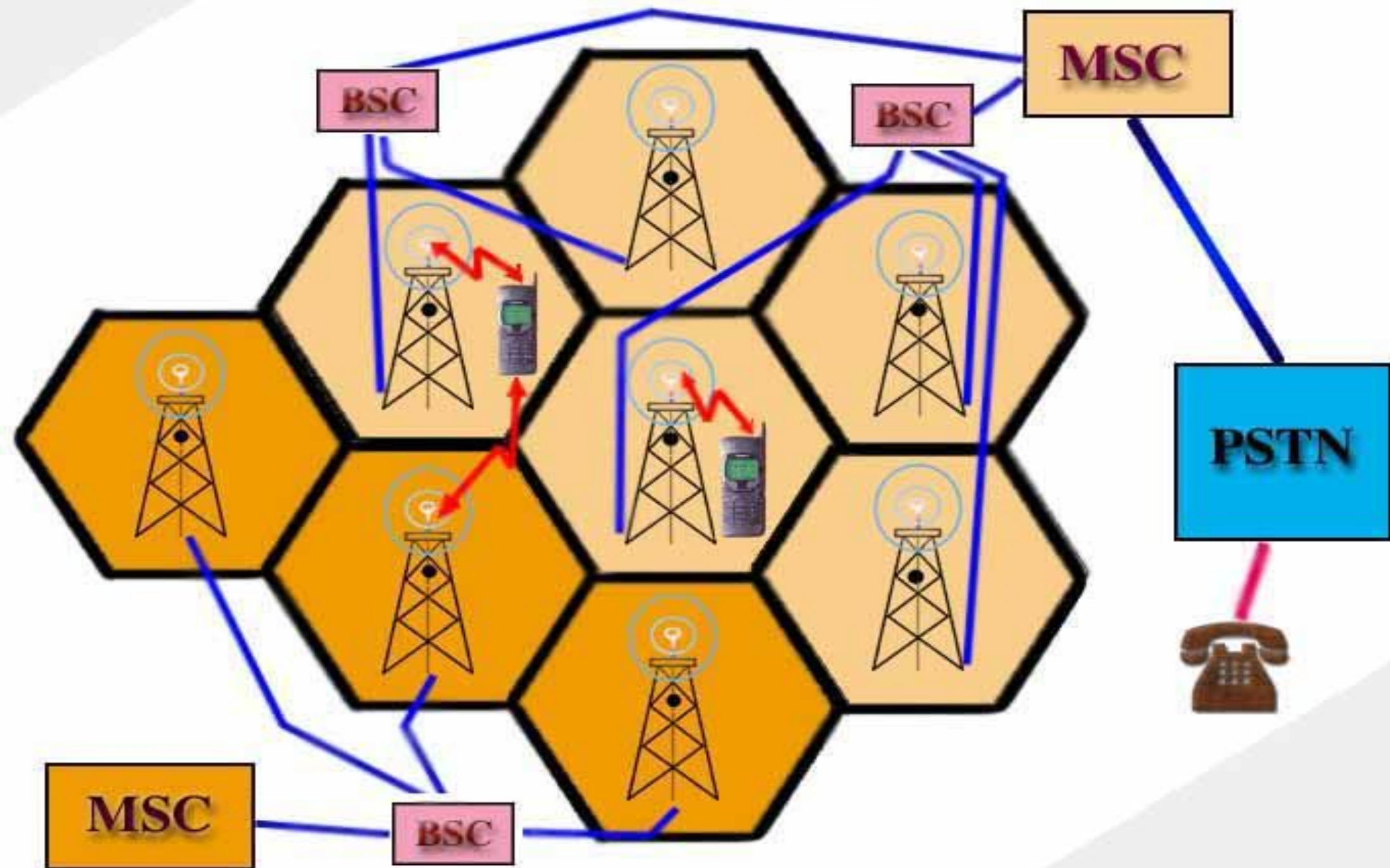
Инфокоммуникационная сеть это:  
Телекоммуникационная сеть + средства обработки, хранения и поиска информации

Всемирная сеть Internet объединяет сотни тысяч ИК-сетей

# Структура телефонной сети общего пользования



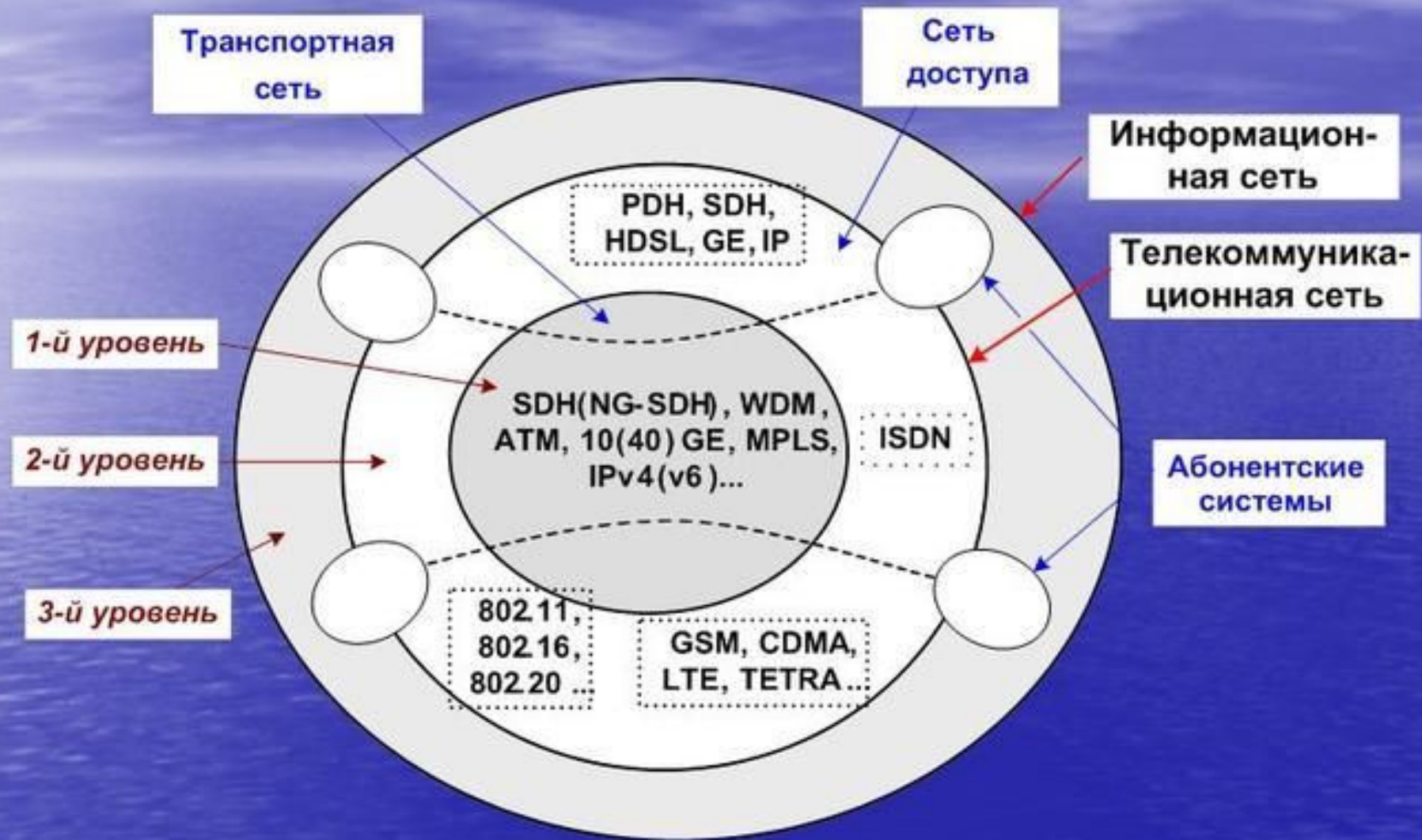
# Структурная схема сотовой сети стандарта GSM



— Проводные или радиорелейные каналы

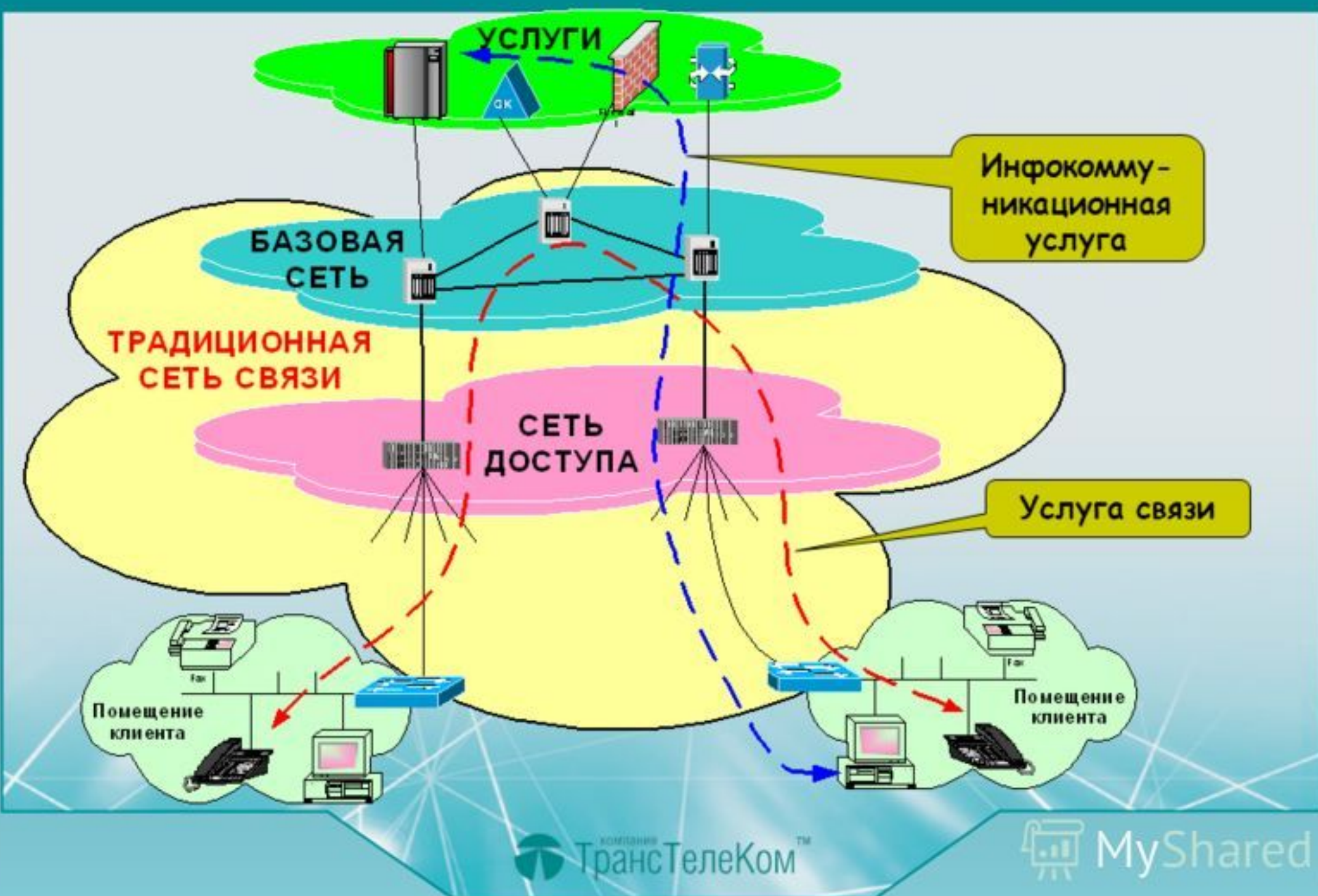
# Концептуальная модель инфокоммуникационной сети

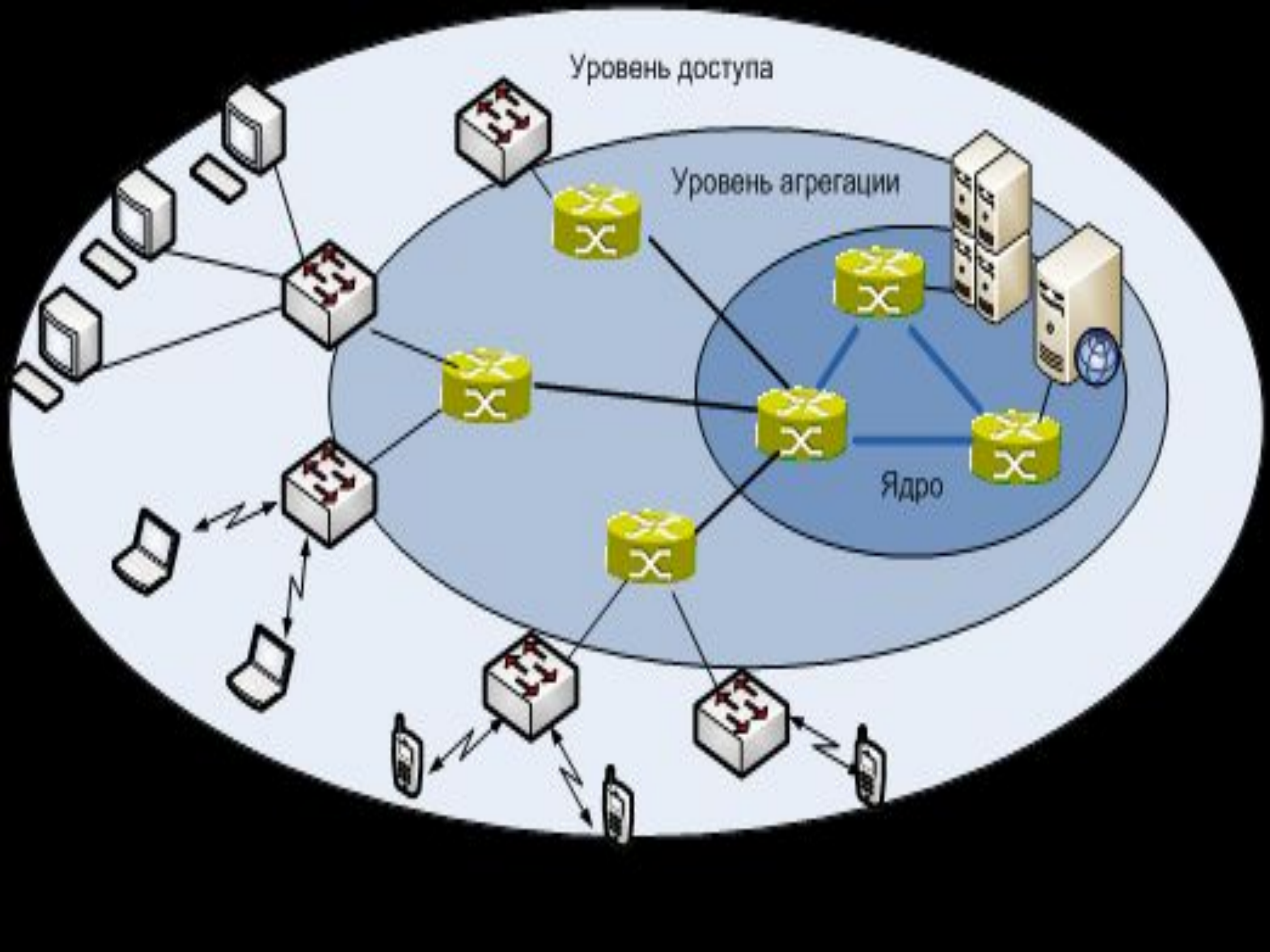
11



**Телекоммуникационная сеть (ТКС)** - это технологическая система, которая состоит из линий и каналов связи, узлов, конечных станций и предназначена для обеспечения пользователей электрической связью с помощью абонентских терминалов, подключаемых к конечным станциям.

# Модель инфокоммуникационного сервиса







# Виды сетей в Internet



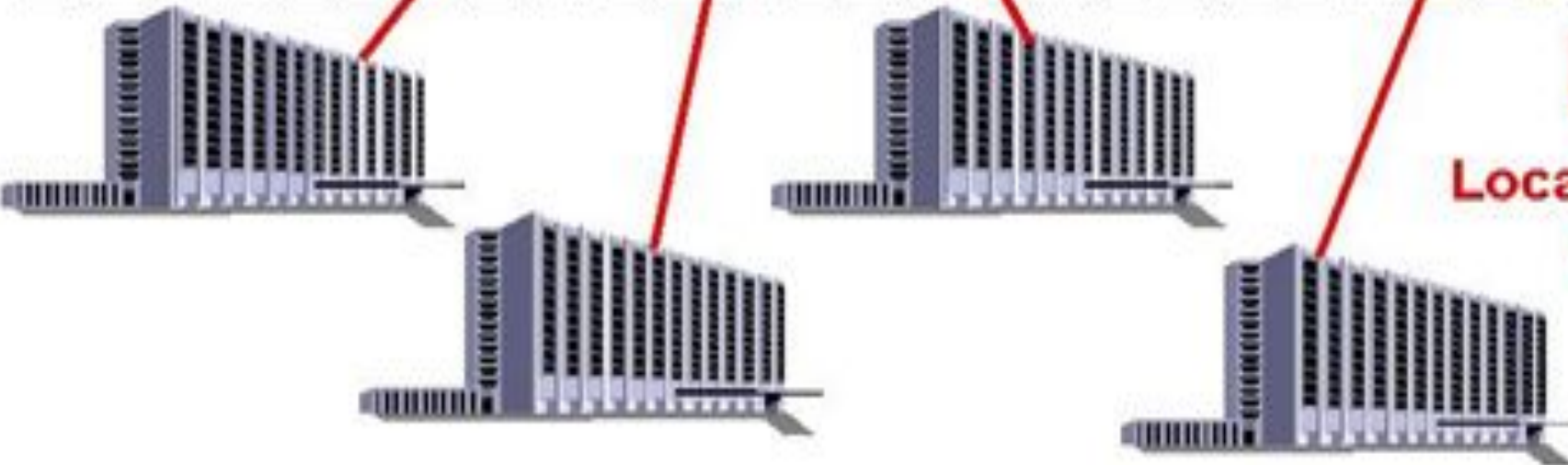
## WAN

Wide Area Network  
Reti geografiche



## MAN

Metropolitan  
Area Network  
Reti metropolitane

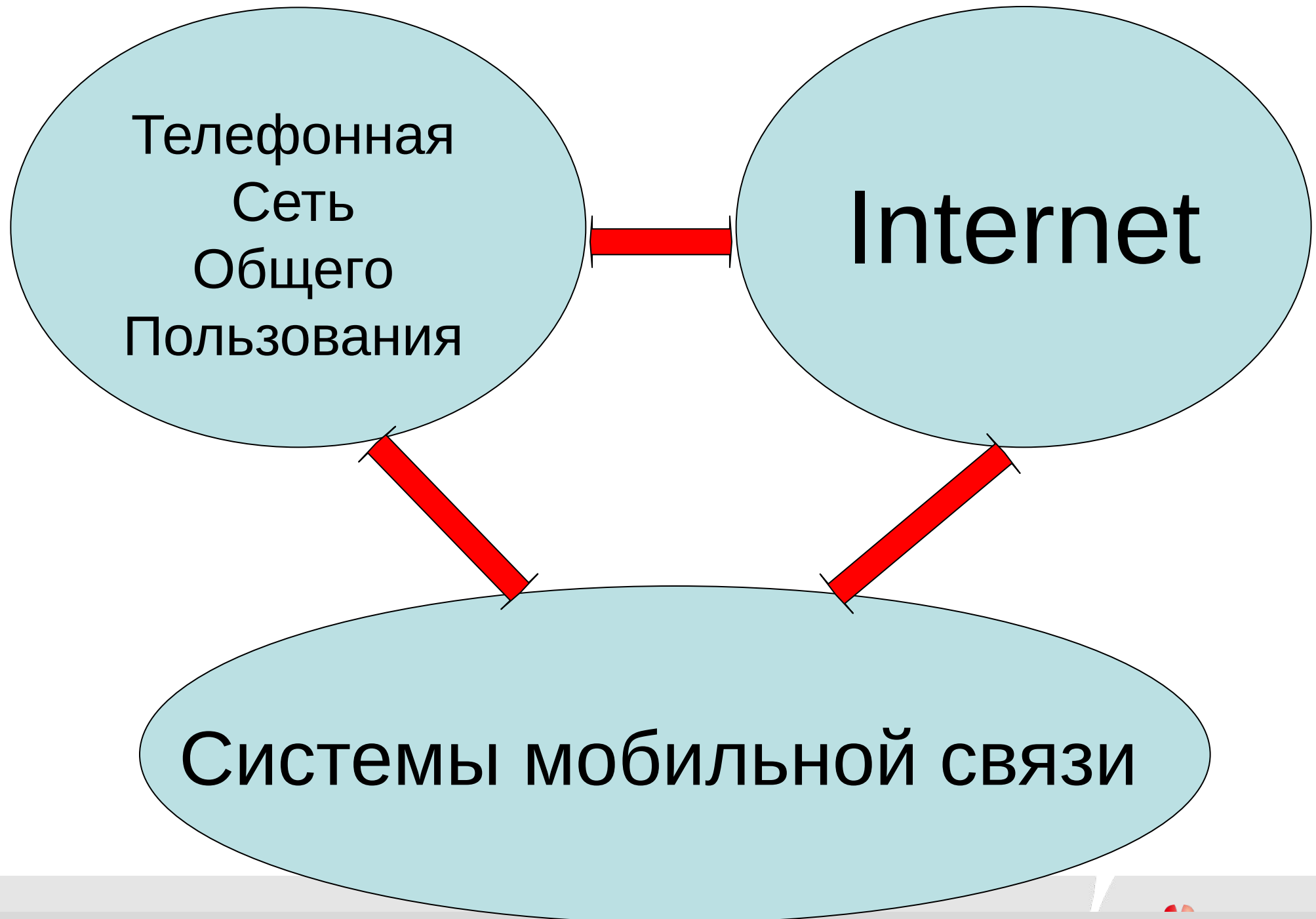


## LAN

Local Area Network  
Reti locali

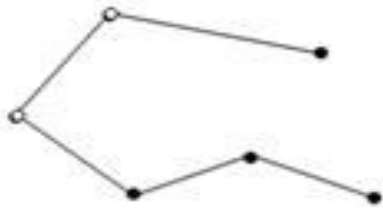
# Объёмы основных видов трафика в Internet





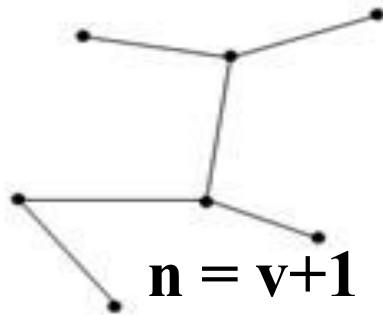
# Варианты конфигурации сетей

линейная



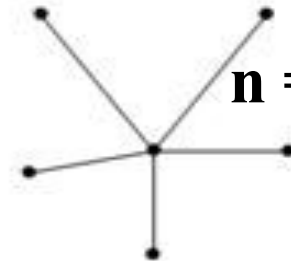
$$n = v + 1$$

древовидная



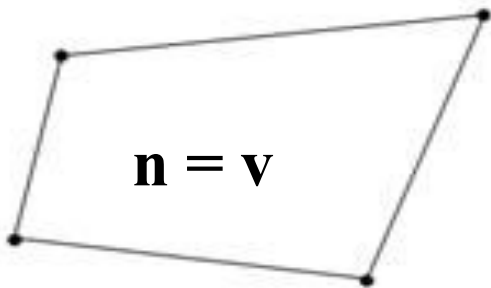
$$n = v + 1$$

звёздообразная



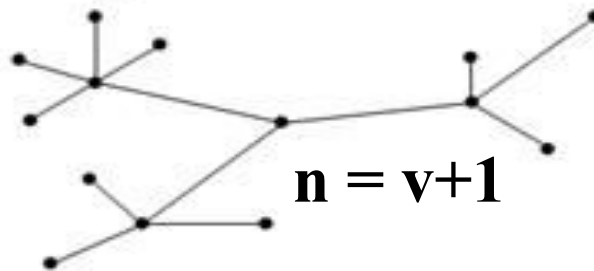
$$n = v + 1$$

кольцевая



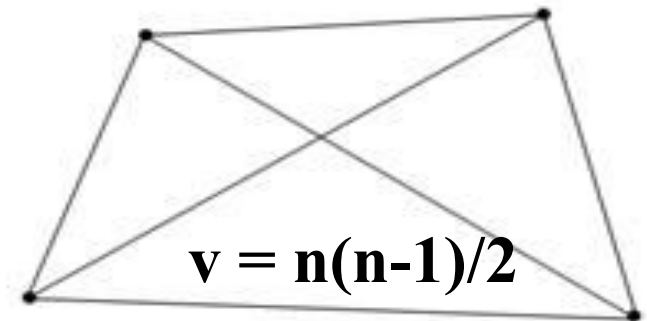
$$n = v$$

радиально-узловая



$$n = v + 1$$

полносвязная

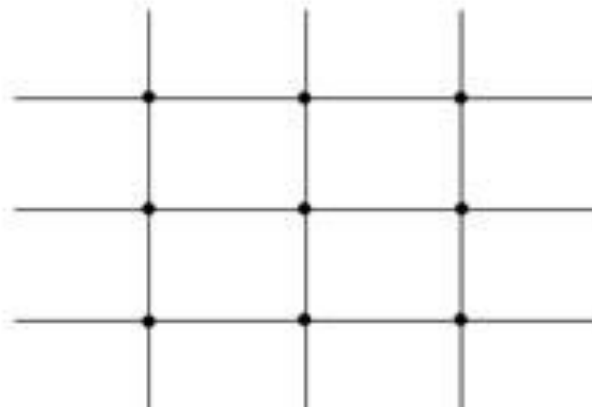


$$v = n(n-1)/2$$

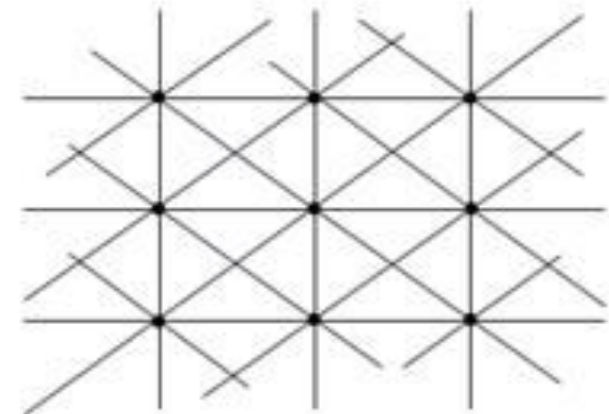
сотовая



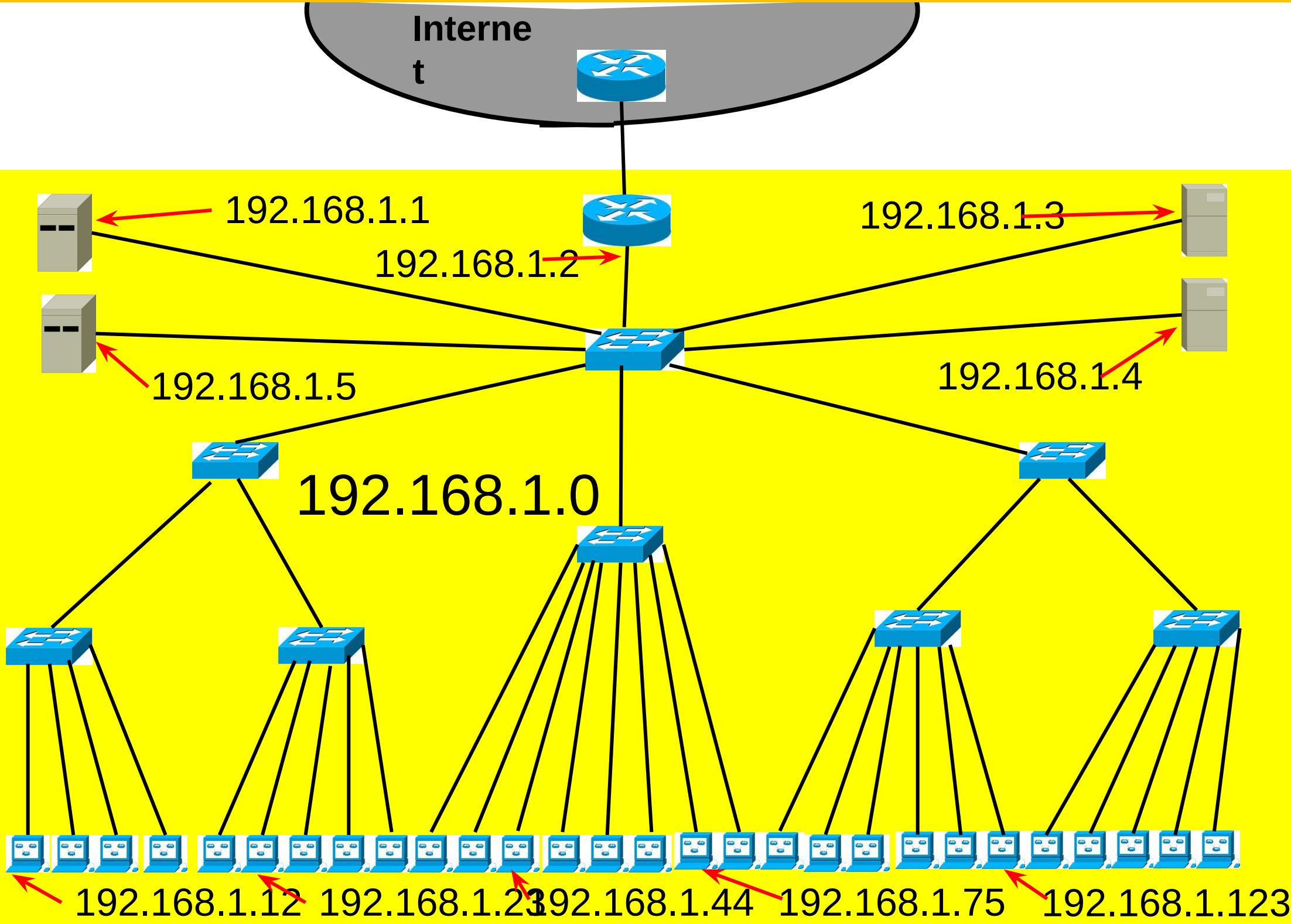
решетка



двойная решетка



# ЛВС среднего предприятия



**Основные виды сред,**

**проводящих ЭМВ**

**в телекоммуникационных сетях:**

**- эфир,**

**- медь,**

**- оптика.**

# Коммутационные устройства в компьютерных сетях

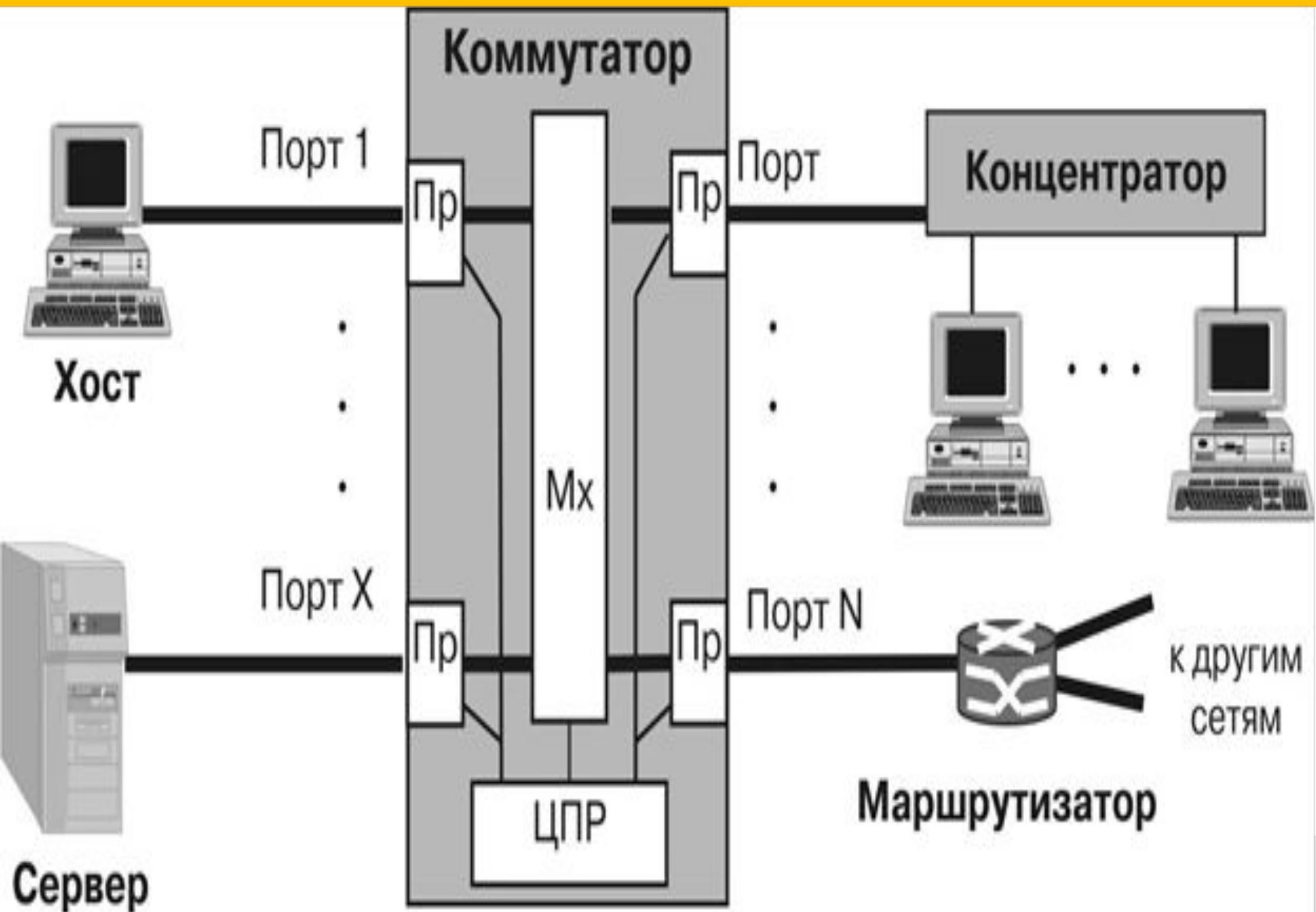
Концентратор – позволяет соединять подключённые к нему устройства на уровне физических каналов (1-й уровень модели ВОС) без анализа адресов. Производится передача символов.

Коммутатор соединяет подключённые к нему устройства на канальном уровне (2-й уровень модели ВОС) в соответствии с адресами устройств канального уровня (MAC-адреса). Производится передача кадров. Возможна индивидуальная или широковещательная адресация.

Маршрутизатор производит передачу поступающих к нему пакетов на сетевом уровне (3-й уровень модели ВОС) в соответствии с сетевыми адресами получателей (IP-адреса).

Шлюз может производить передачу информационных блоков между сетями с различными формами представления информации, различными системами сигнализации и адресации. Например, шлюз между телефонной сетью общего пользования и сетью Internet. Часто такие шлюзы функционально разделяются на две части: шлюз сигнализации (согласует различные системы сигнализации) и медиа шлюз (меняет форму представления информации).

# Схема коммутатора (маршрутизатора)







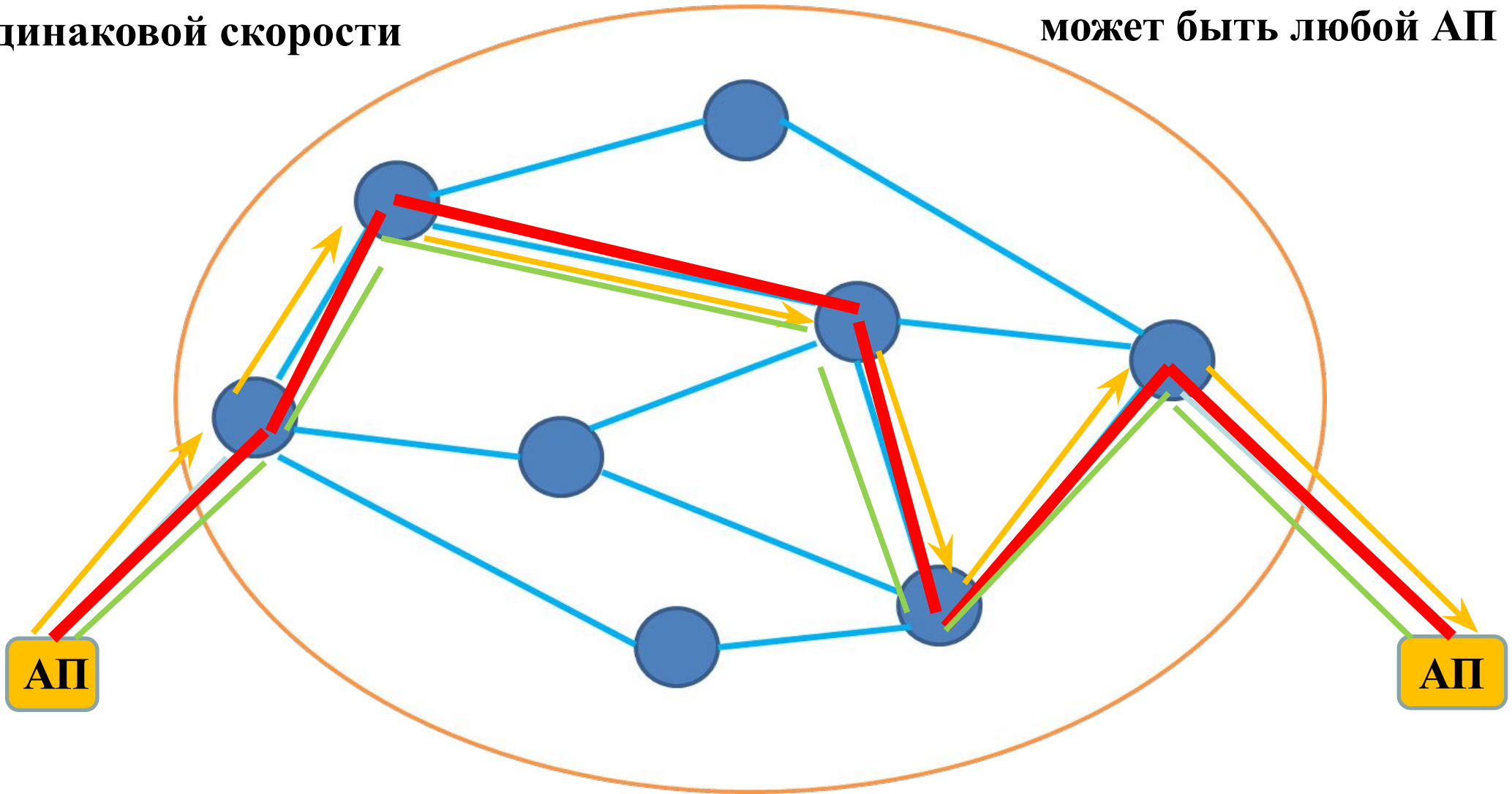
## **Заключение**

**С момента возникновения самых первых технологий связи перед людьми всегда стояла дилемма: что предпочесть - передачу сообщений (пакетов) или установление соединений (каналов). У каждого способа есть достоинства и недостатки. Сама природа электротехники подвигает к канальной технологии (помните, "электроника - наука о контактах"). Поэтому первые телефонные сети были построены на коммутации каналов - сначала механической, позднее электронной. Однако в цифровой технике гораздо естественнее и проще реализуются пакетные технологии, работающие по принципу "выстрелил и забыл". Каналы способны обеспечить такие важные свойства, как непрерывность и последовательность приема-передачи информации, а также гарантировать определенный уровень качества связи. В то же время, пакетная передача данных значительно экономичнее**

# Способ коммутации каналов

Все каналы в соединении  
одинаковой скорости

Инициатором разъединения  
может быть любой АП

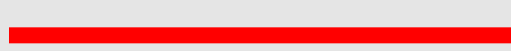


**Фазы информационного обмена при коммутации каналов**

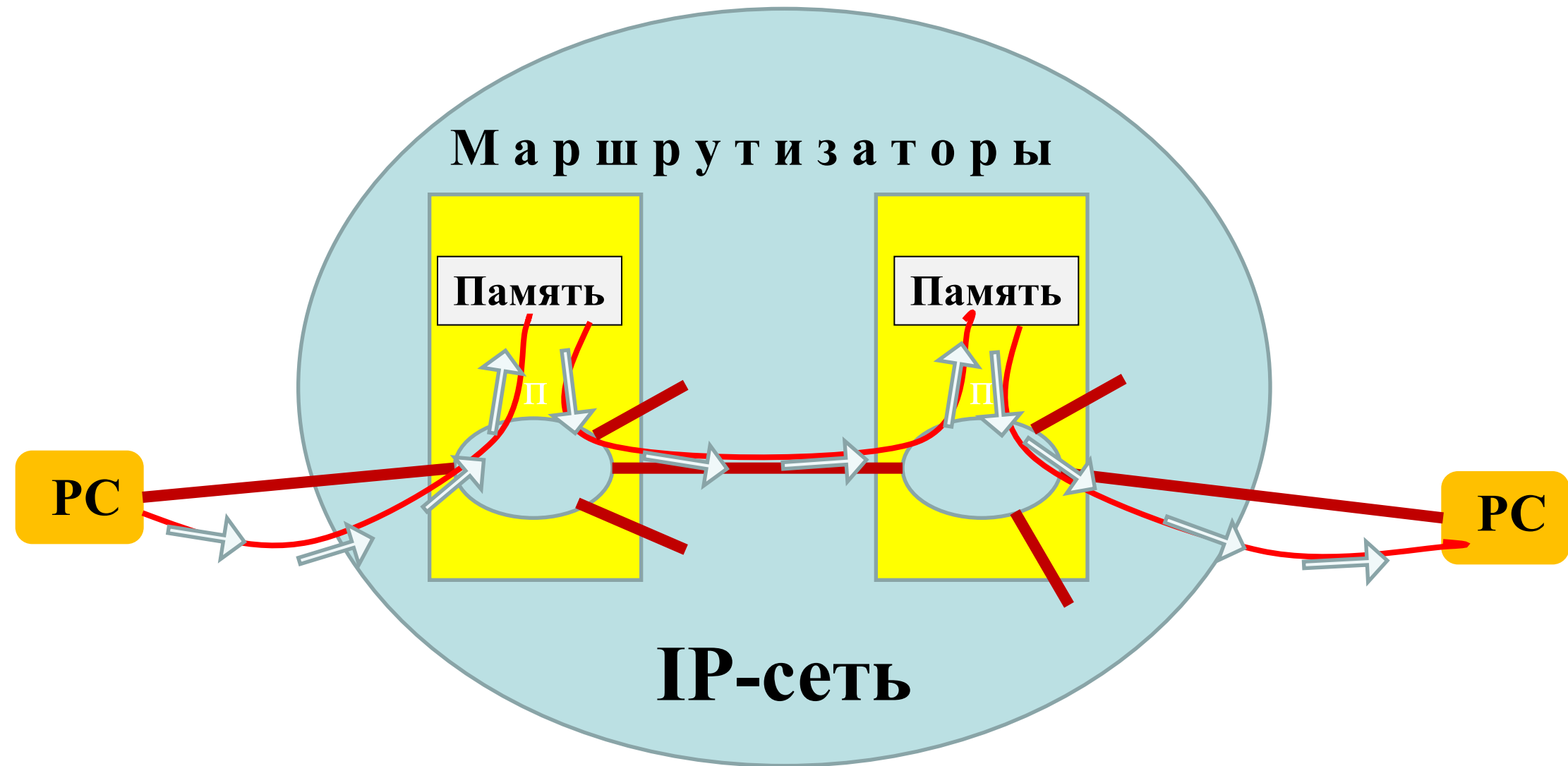
Установление соединения

Информац. обмен

Разъединение



# Процесс передачи пакетов по IP-сети



 - Коммутационная часть маршрутизатора

 - Последовательность IP-пакетов

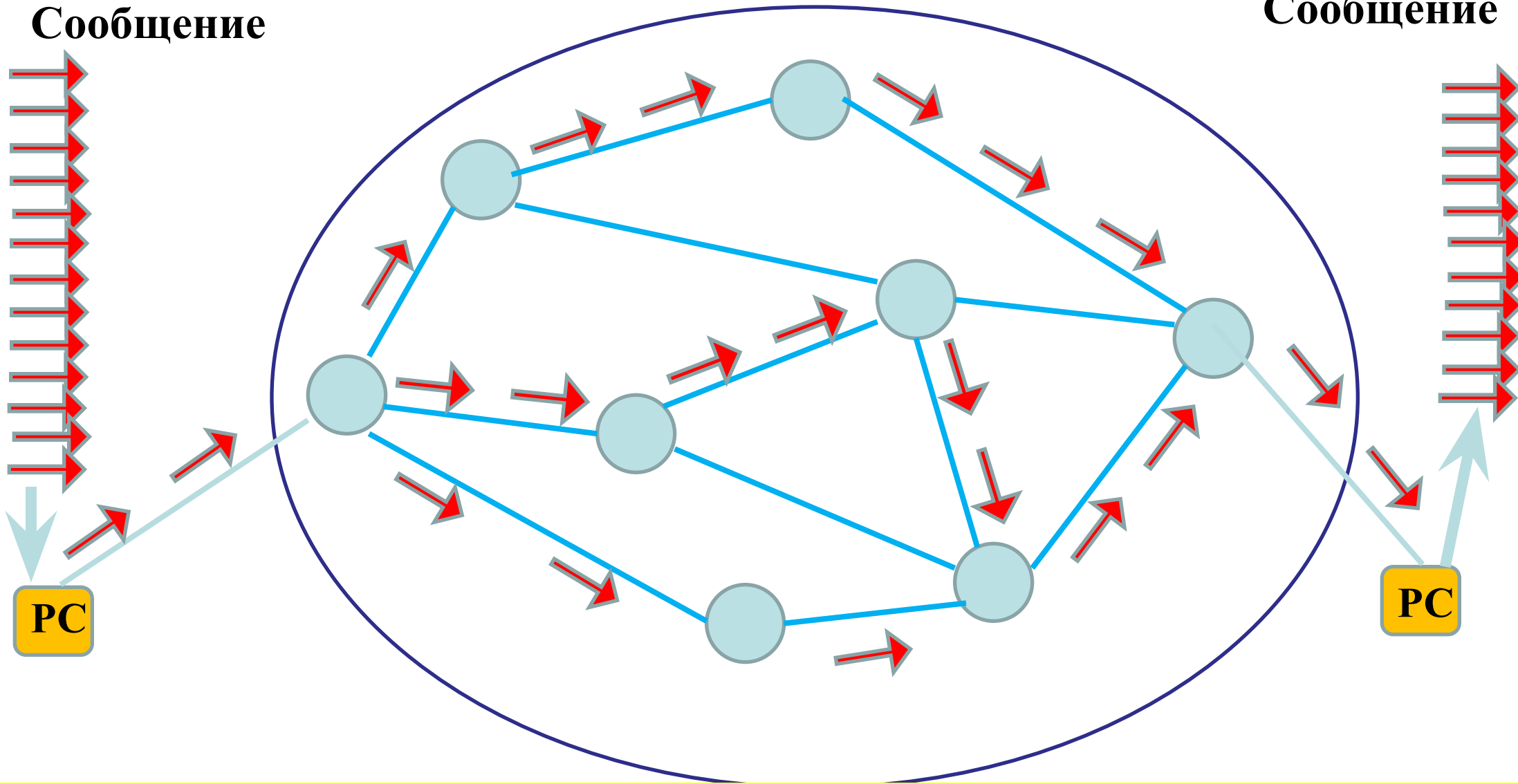
# Способ коммутации пакетов. Дейтаграммный режим

Все узлы имеют память для промежуточного хранения пакетов

Каналы в соединении могут иметь различные скорости

Сообщение

Сообщение



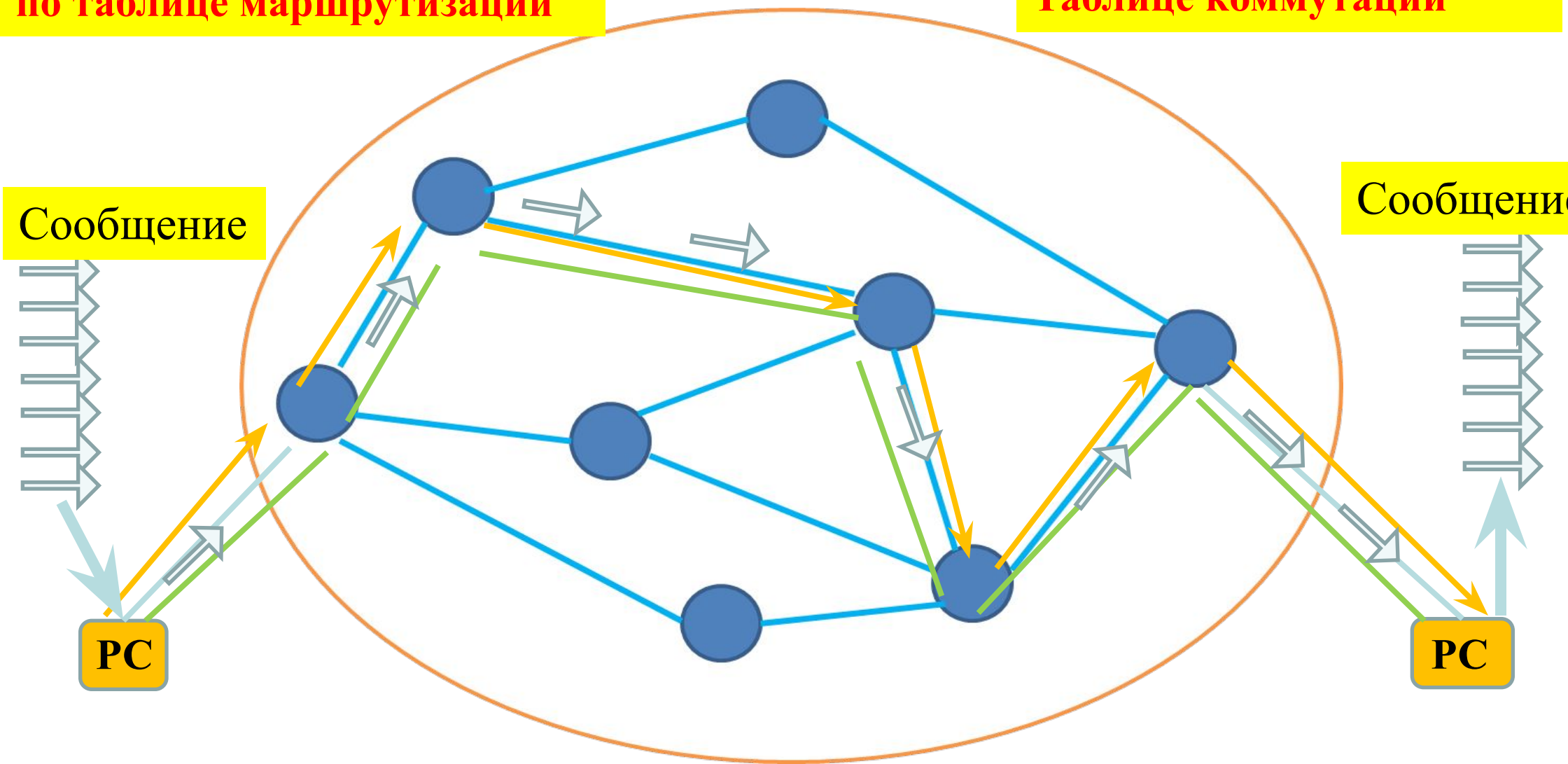
Предварительное установ. соединения на сетевом уровне не производится

→ IP-пакеты с сетевыми адресами PC-отправителя и PC-получателя

# Способ коммутации пакетов. Режим виртуального канала

Соединение устанавливается по таблице маршрутизации

Пакеты передаются по Таблице коммутации



Установление соединения

Разъединение



IP-пакеты с идентификаторами пути

# Достоинства и недостатки коммутации пакетов

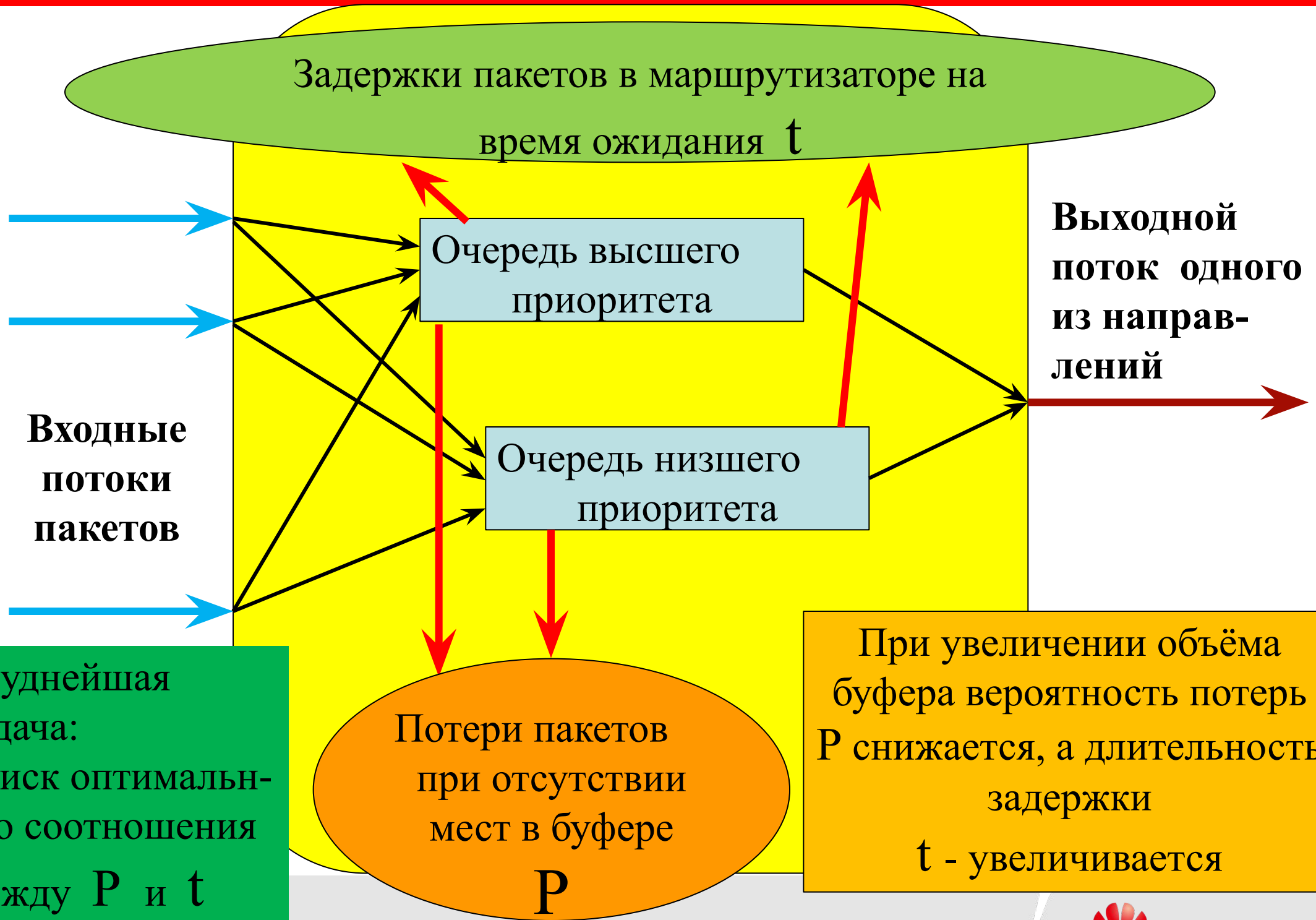
## Достоинства коммутации пакетов:

- более устойчива к сбоям;
- высокая общая пропускная способность сети при передаче пульсирующего трафика;
- возможность динамически перераспределять пропускную способность физических каналов связи.

## Недостатки коммутации пакетов:

- неопределенность скорости передачи данных между абонентами сети;
- переменная величина задержки пакетов данных;
- возможны потери данных из-за переполнения буферов;
- возможны нарушения последовательности прихода пакетов.

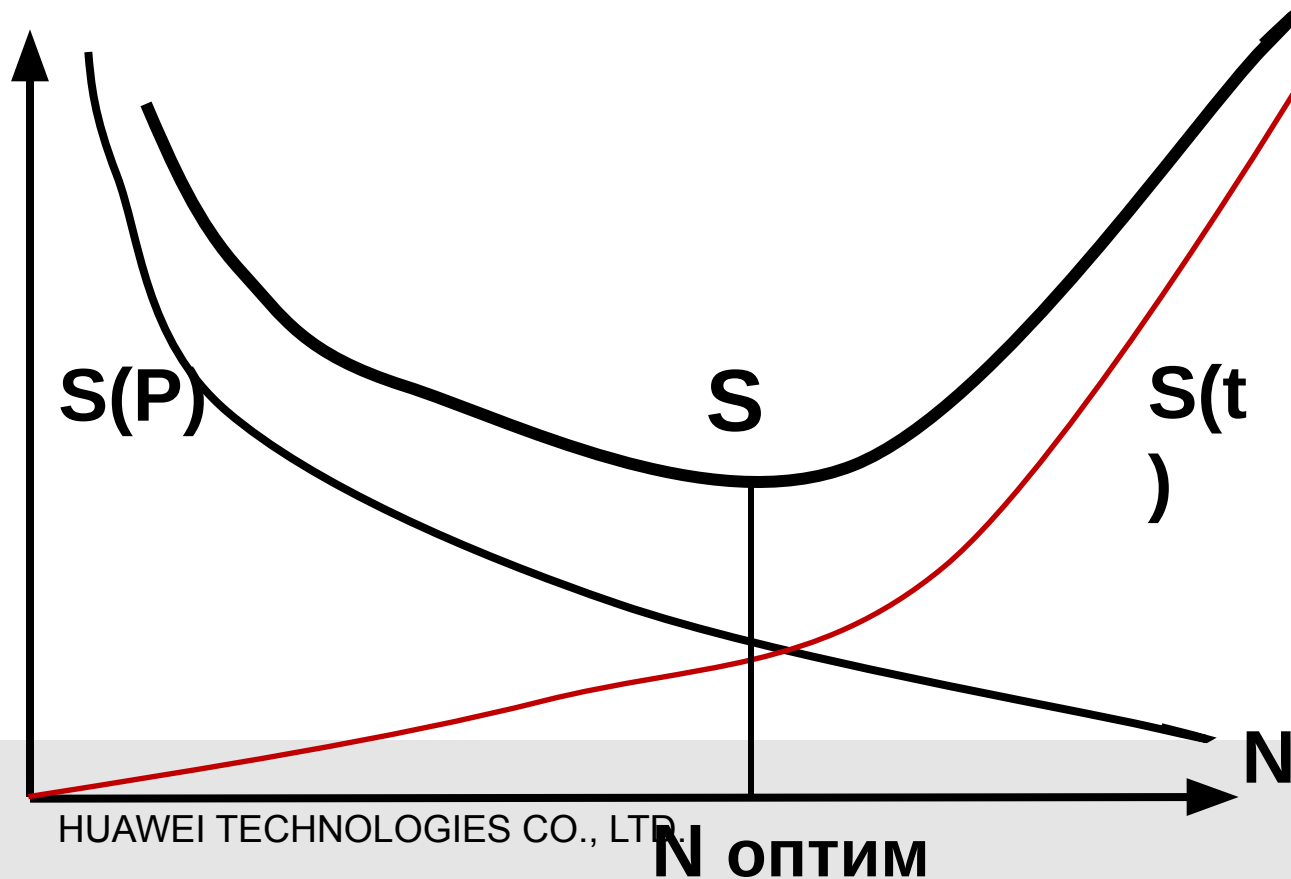
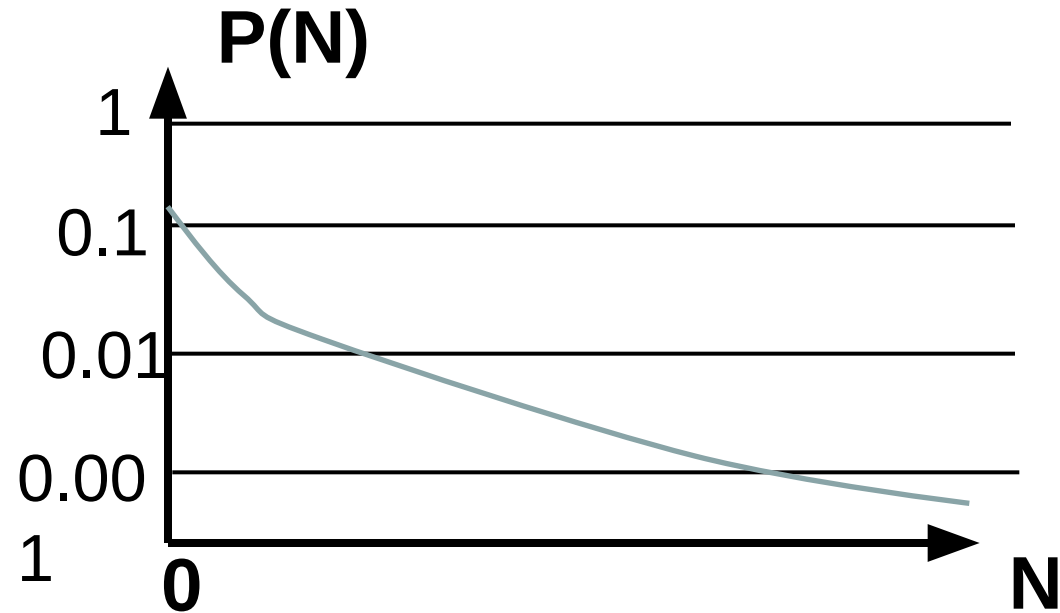
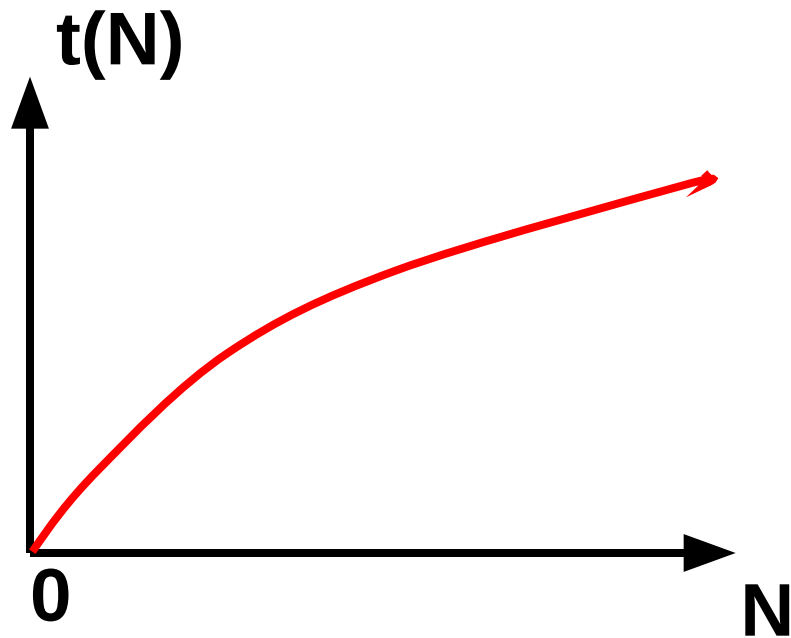
# Основные параметры маршрутизатора пакетов (P и t)



Труднейшая задача: поиск оптимального соотношения между P и t

При увеличении объёма буфера вероятность потерь P снижается, а длительность задержки t - увеличивается

# Определение оптимальной длины буфера



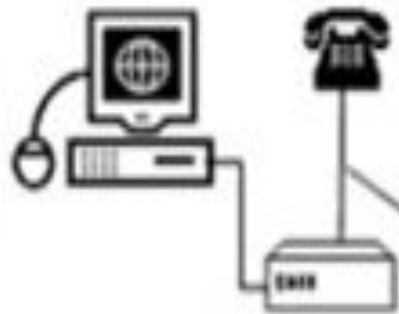
**$N$ -объём буфера в маршрутизаторе**  
 **$P$ -вероятность потери пакета**  
 **$t$ -длительность задержки пакета в буфере**





# Сеть абонентского доступа

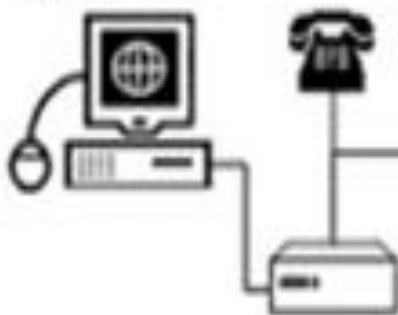
Коммутируемая телефонная линия



Выделенная линия



ADSL



ПРОВАЙДЕР



Спутниковая СВЯЗЬ



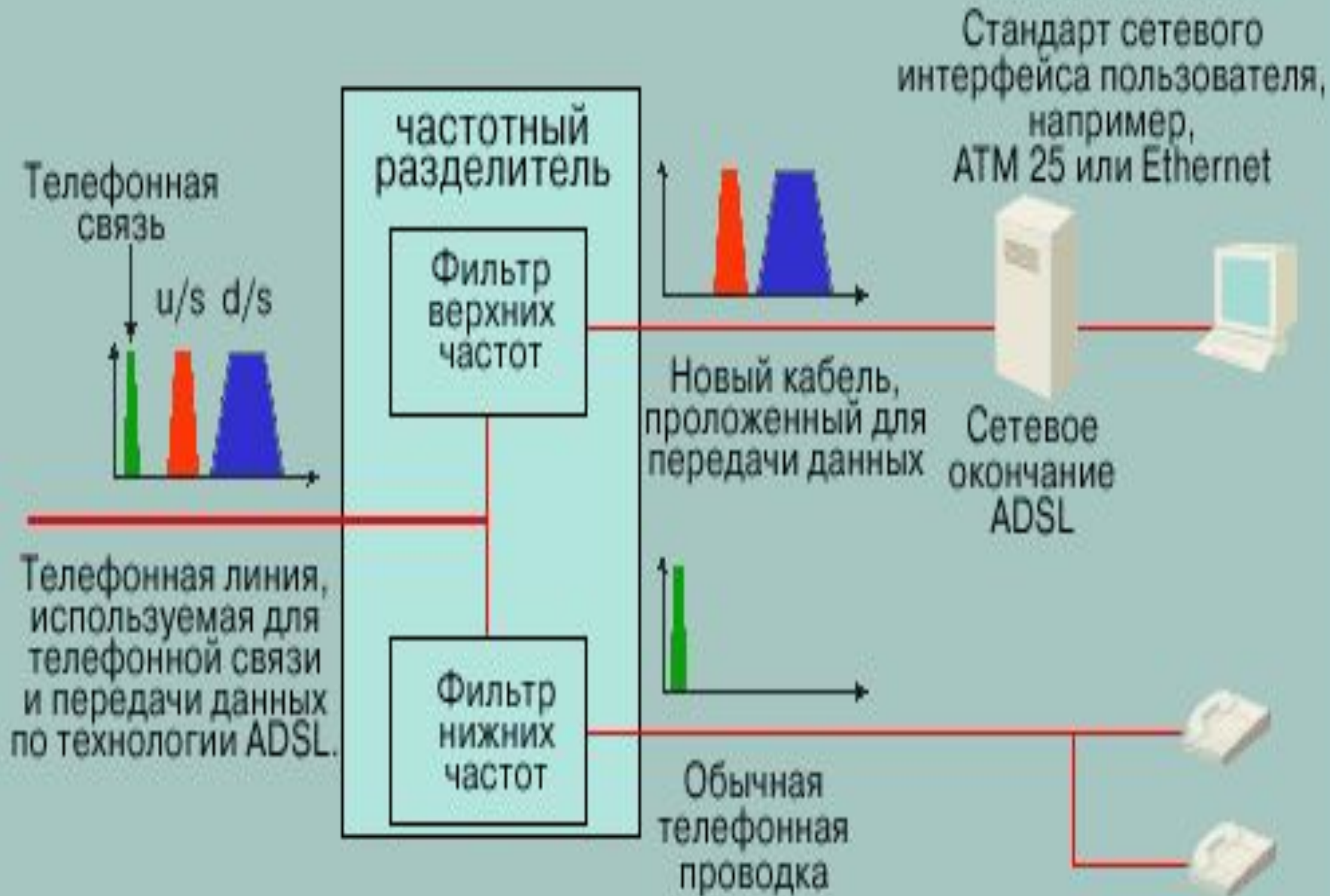
Радиоканал



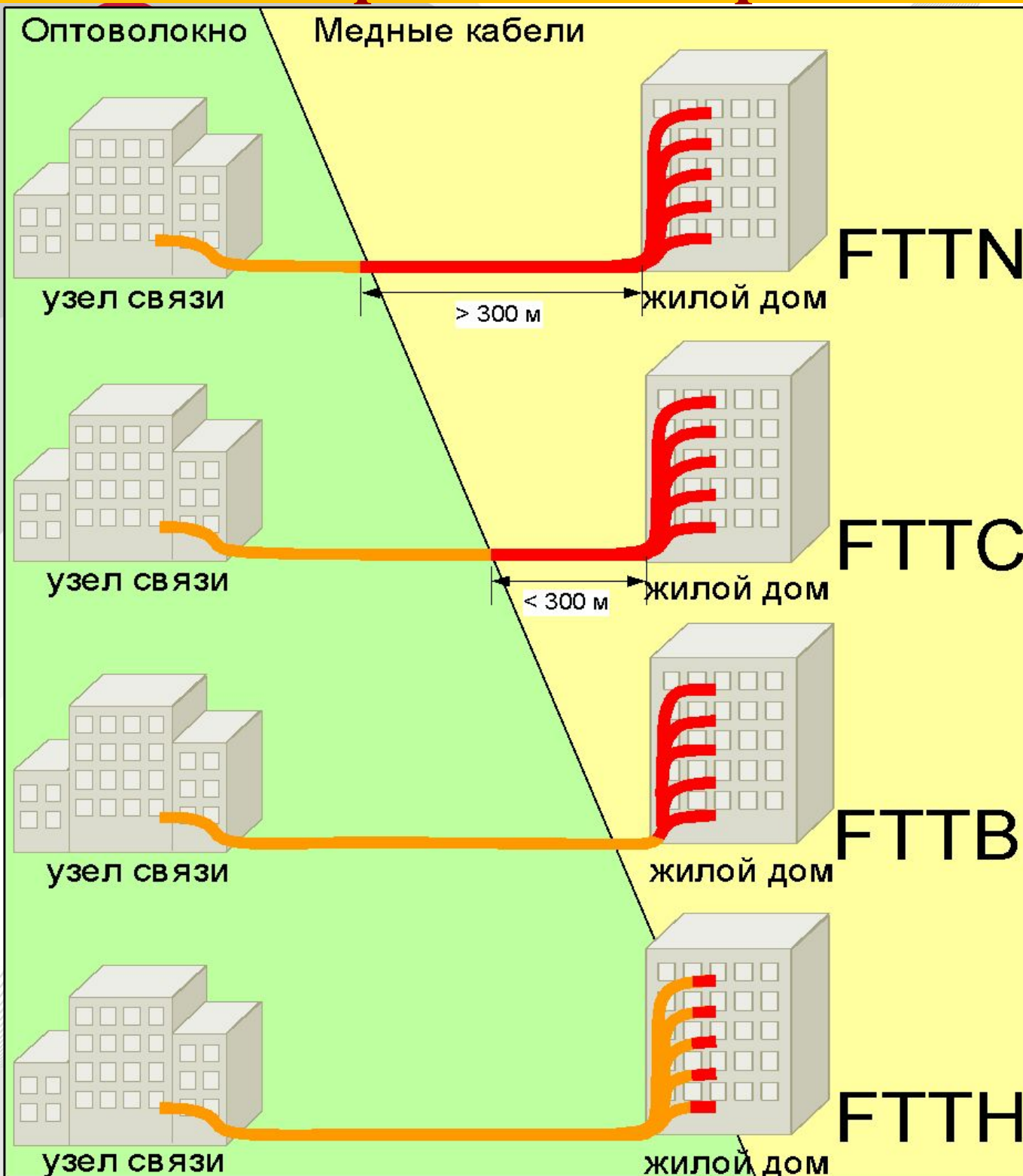
Сеть кабельного телевидения



# Сетевое окончание ADCL (на стороне провайдера)

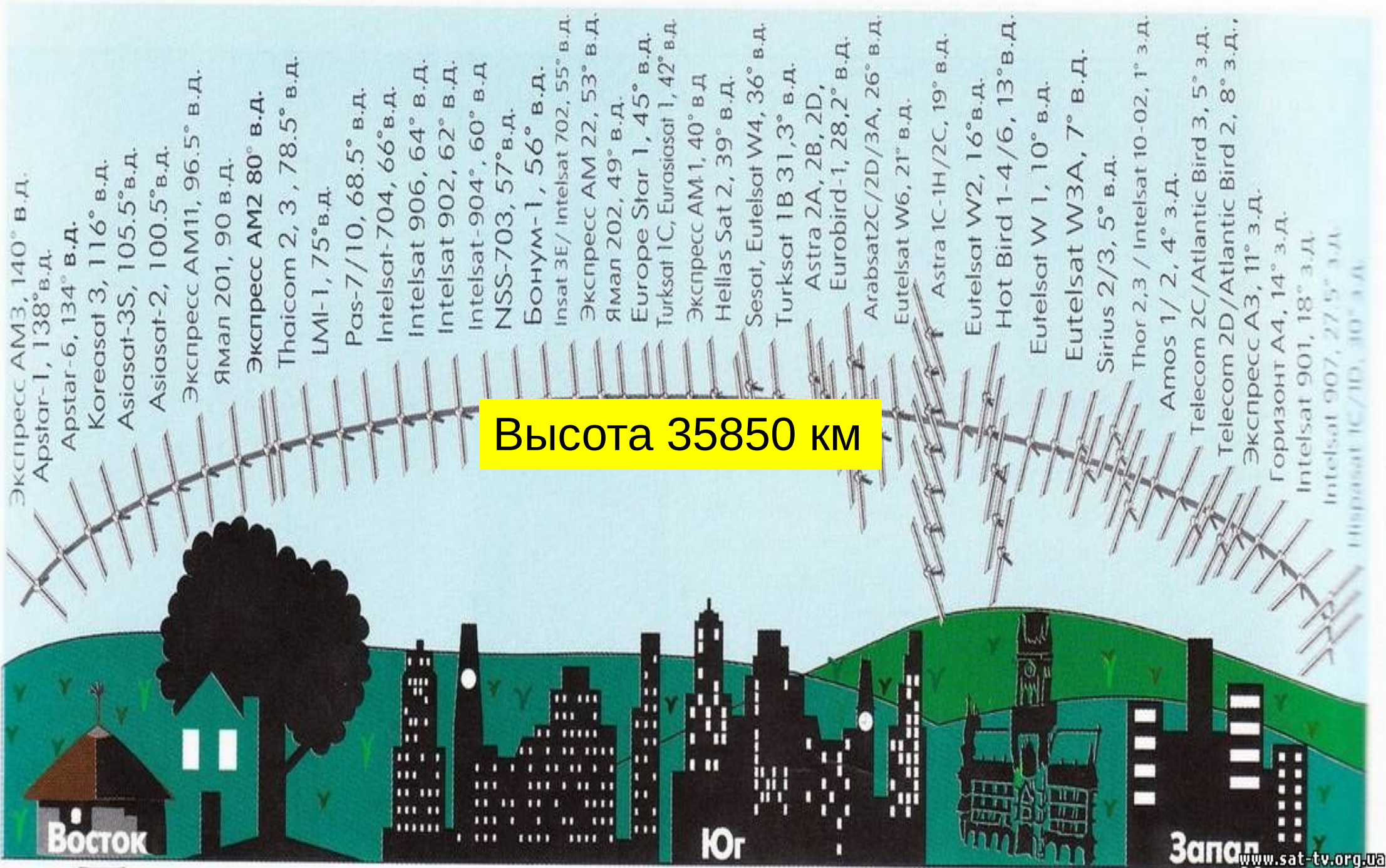


# Варианты построения FTТх - доступа



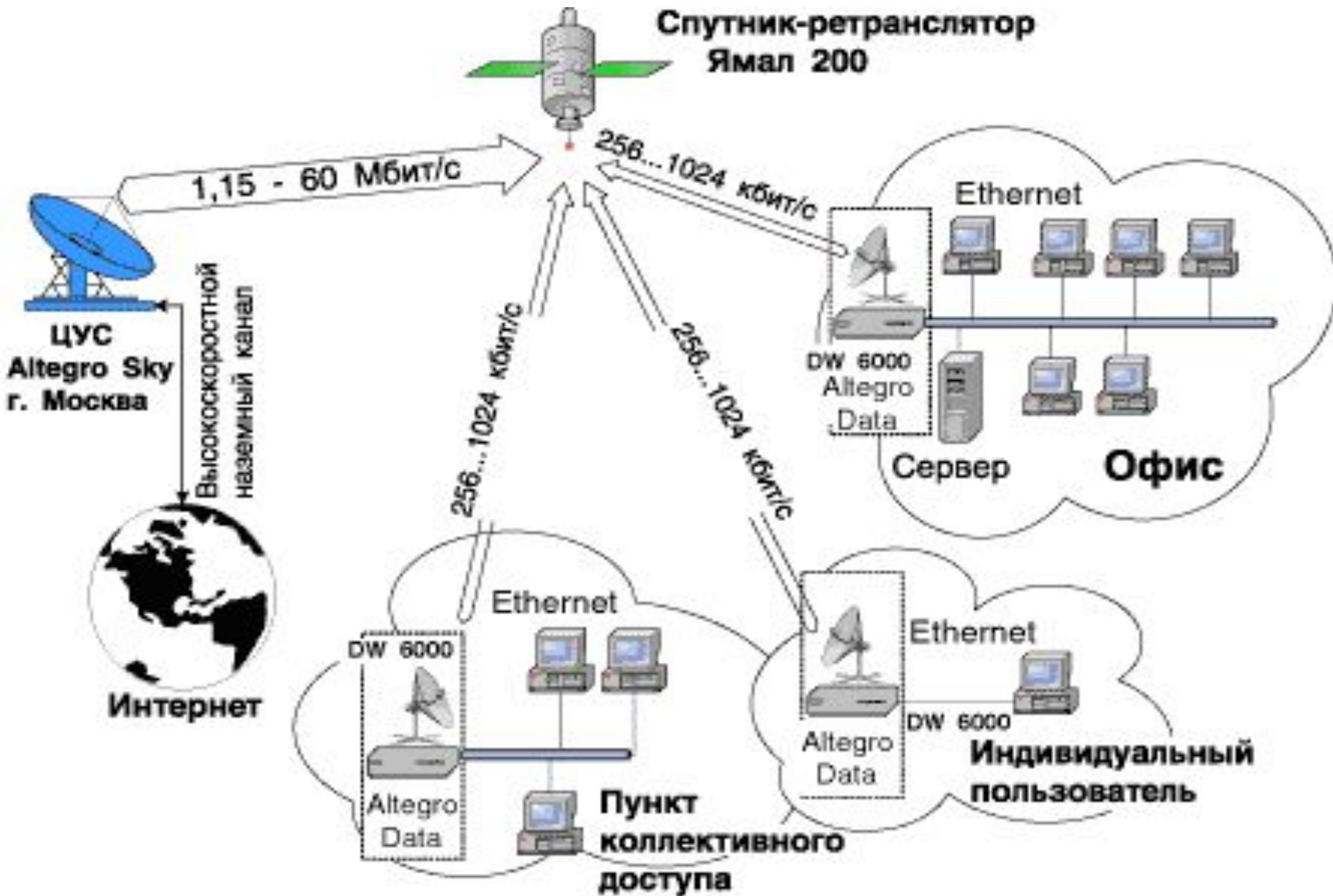
- FTТN (Fiber to the Node) — волокно до сетевого узла
- FTТC (Fiber to the Curb) — волокно до квартала
- FTТВ (Fiber to the Building) — волокно до здания
- FTТН (Fiber to the Home) — волокно до жилища

# Спутники на геостационарной орбите (ГСО)



Позиция спутника на ГСО указывается значением

# Схема организации спутникового доступа



# Структурная схема сотовой сети стандарта GSM

Опорная сеть

Мобильные центры коммутации

Контроллеры базовых станций

Базовые станции

Радио сеть

Моб.станции

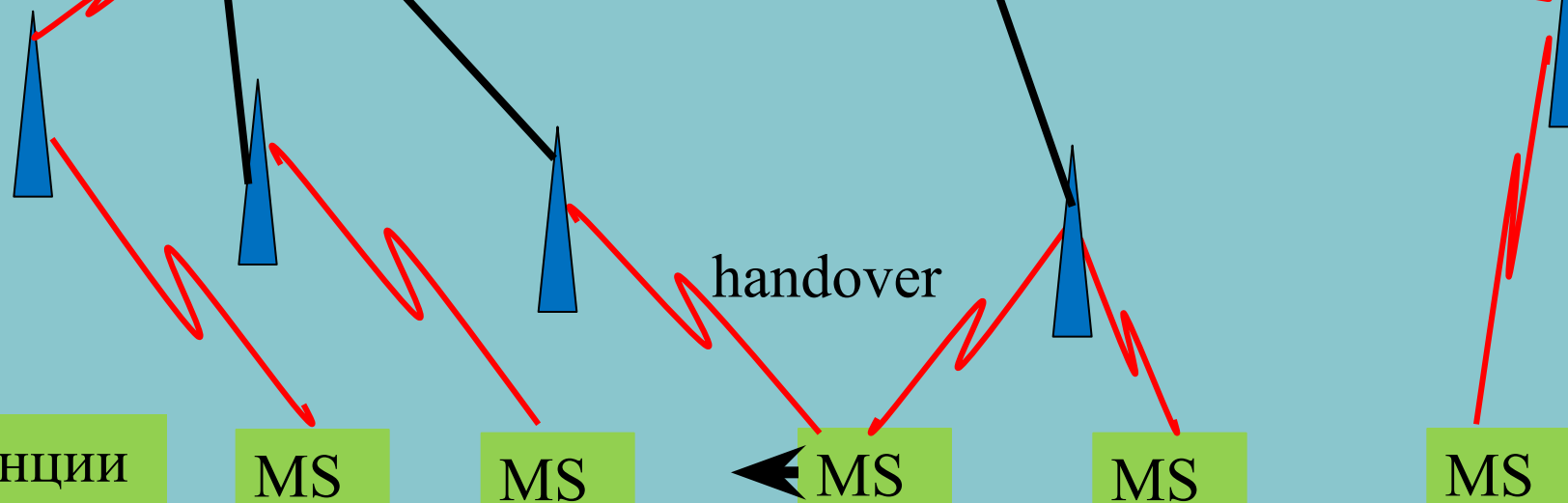
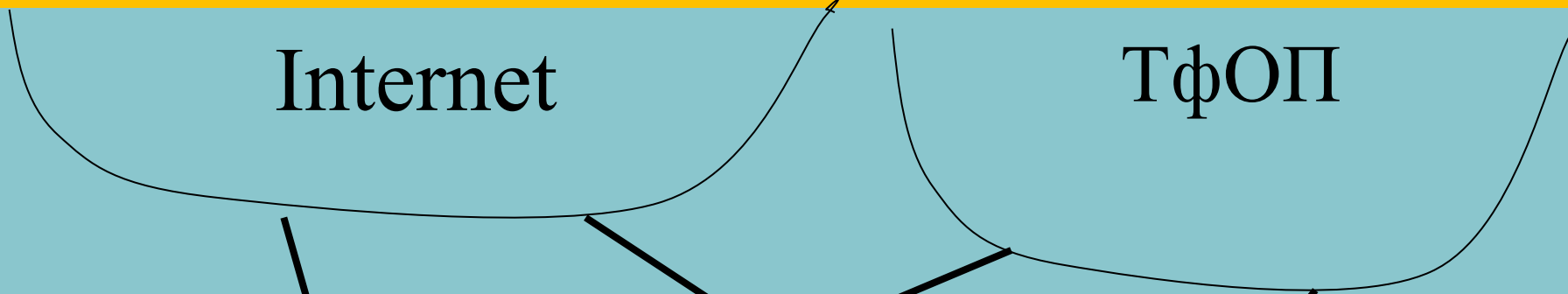
MS

MS

MS

MS

MS



**Основные  
принципы  
моделирования**

# Основные элементы модели исследуемой системы

Входные

параметры

$X$

(Потоки вызовов,  
требуемое  
качество)

Обслуживающи  
е  
устройства

(каналы и др.)

Выходные

характеристики

$Y$

Потери, задержки и  
др

## Основные виды моделирования

Методы моделирования телекоммуникационных систем

Натурное

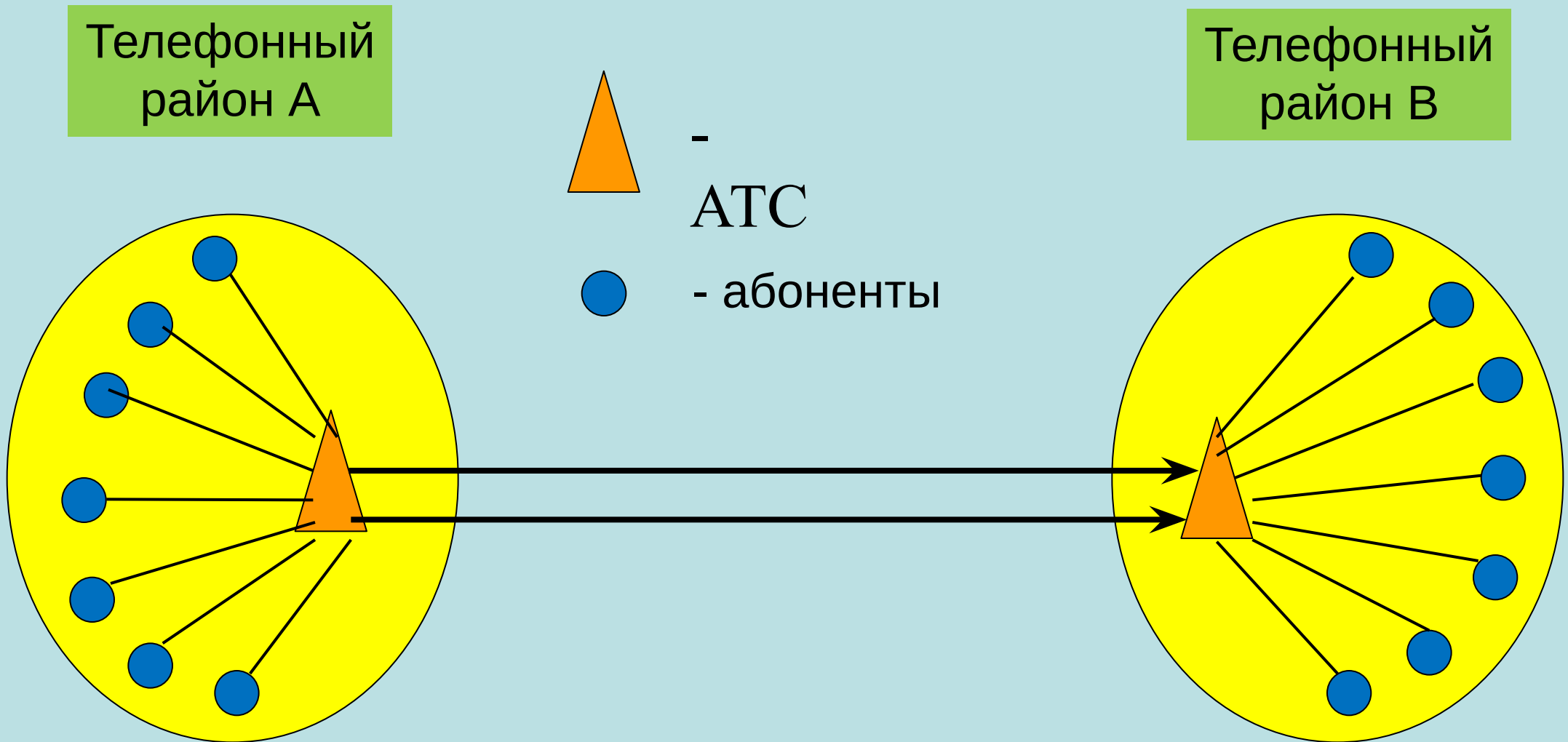
Математическое

Аналитическое

Имитационное



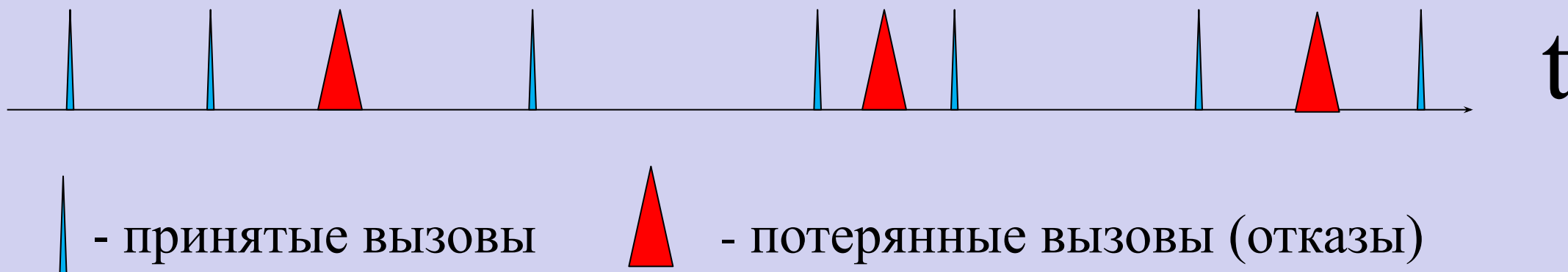
# Схема 2-х канальной телефонной сети



Интенсивность вызовов из ТР-А в ТР-В:  $\lambda = N \cdot \lambda_0$  выз/ед.вр  
где:  $\lambda_0$  - средне статистическая интенсивность вызовов от одного абонента;  $N$  – число абонентов в ТР-А

# Фрагмент процесса натурального моделирования

## Анализ системы с явными потерями



**Вероятность потери вызова  $P = n / N = 3 / 10 = 0.3$**

**n – число потерянных вызовов**

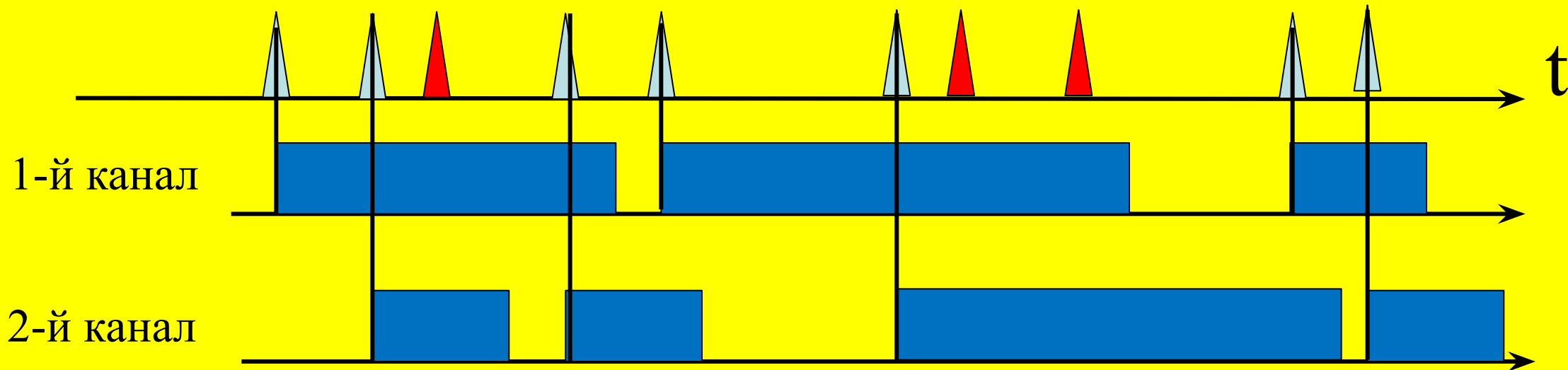
**N – общее число  
ВЫЗОВОВ**

Для проведения натурального моделирования на исследуемых объектах (АТС, базовые станции сотовой сети и т.д.) необходимо иметь средства контроля (подсчёт значений **n** и **N**)

Современное оборудование (коммутаторы, маршрутизаторы и др.), как правило, содержит встроенные агенты, которые информируют пункты управления сетью (менеджеры) о проходящих в них процессах (вызовы, потери, отказы, пакеты, нарушение адресации и пр.)

# Фрагмент процесса имитационного моделирования

Входной поток заявок в 2-х канальную систему с отказами (потерями)



- имитация занятого состояния канала

**Вероятность потери вызова  $P = n / N = 3 / 10 = 0.3$**

**n – число потерянных вызовов**

**N – общее число вызовов**

**Для получения статистически достоверного результата число испытаний N должно быть достаточно большим (10000 и более)**

**Ниже приведена программа имитационного моделирования 2-х канальной системы на языке моделирования GPSS**

# \*анализ многоканальной системы с потерями на языке GPSS

<b>ggg</b>	<b>storage</b>	<b>2</b>	<b>;установка числа каналов</b>
	<b>generate</b>	<b>20,20</b>	<b>;генерация вызовов</b>
	<b>gate snf</b>	<b>ggg,met</b>	<b>; устройство не заполнено?</b>
	<b>enter</b>	<b>ggg</b>	<b>;Да. Занять канал</b>
	<b>advance</b>	<b>18,10</b>	<b>;задержать транзакт</b>
	<b>leave</b>	<b>ggg</b>	<b>;освободить канал</b>
	<b>terminate</b>	<b>1</b>	<b>;вывести транзакт из системы</b>
<b>met</b>	<b>savevalue</b>	<b>ot+,1</b>	<b>;зафиксировать очередной отказ</b>
	<b>terminate</b>	<b>1</b>	<b>;вывести транзакт из системы</b>

Общее число вызовов **N** устанавливается при запуске программы.

Число потерянных вызовов в данном прогоне **n** будет выдано в стандартном отчёте по прогону в переменной **savevalue**

# Аналитическая модель многоканальной системы с потерями

Для пуассоновского входящего потока вызовов  $\Lambda$  и экспоненциального распределения длительности обслуживания  $t$  (система M/M/v) вероятность потери вызова в v-канальной системе определяется 1-й формулой Эрланга:

$$P = \frac{\frac{\Lambda^v}{v!}}{\sum_{j=0}^v \frac{\Lambda^j}{j!}}$$

Здесь  $\Lambda$  - интенсивность вызовов в условную единицу времени. 1 у.е.в. равна средней длительности одного обслуживания  $t$ .  $\Lambda = \lambda t$ , где  $\lambda$  - интенсивность вызовов в астрономическую единицу времени

# **Понятие о дисциплинах обслуживания**

# Дисциплины обслуживания



**Дисциплина без потерь** – поступивший вызов обслуживается в любом случае и без задержки.

**Дисциплина с потерями** – при занятости всех обслуживающих устройств вызов теряется и соответствующее ему сообщение больше в систему не поступает.

**Дисциплина с ожиданием** – при занятости всех обслуживающих устройств вызов устанавливается в очередь. Очередь предполагается бесконечной.

**Дисциплина с повторными вызовами** – при занятости всех обслуживающих устройств вызов теряется, а источник вызовов делает повторные вызовы для передачи того же самого сообщения.

Дисциплины с ожиданием и с повторными вызовами являются дисциплинами с условными (не явными) потерями, т.е. с потерями времени, а не самого сообщения.

**Комбинированная система** объединяет дисциплины с потерями и с ожиданием. В системе имеется очередь ограниченной длины.

Три варианта обслуживания вызова:

- обслуживающее устройство свободно – вызов обслуживается сразу,
- обслуживающее устройство занято, а в буфере ожидания есть свободные места. Вызов устанавливается в очередь,
- в буфере ожидания нет свободных мест. Вызов и соответствующее ему сообщение теряются безвозвратно.



# Дисциплины обслуживания в реальных системах

**Дисциплина без потерь** для случайных потоков может выполняться только при условии, что число обслуживающих устройств (каналов) не меньше числа источников вызовов (абонентов). Практически это может наблюдаться для примитивного потока вызовов, например, в УАТС при  $N < v$ . Напомним, что простейший (пуассоновский) поток возникает от очень большого (теоретически бесконечного) числа источников (абонентов). Для дисциплины без потерь нужно бескон. число каналов.

**Обслуживание с потерями** может наблюдаться только в тех редких случаях, когда в системах без ожидания абоненты по каким-либо причинам не идут на повторные вызовы.

**Дисциплина с повторными вызовами** наблюдается в очень многих случаях, связанных с инициацией человеком телефонного соединения (сотовые сети, фиксированная телефония и др.) при отсутствии свободных каналов.

**Комбинированная система обслуживания** (сочетание потерь и ожидания) наблюдается повсеместно для систем с очередями, поскольку для чистой системы с ожиданием требуется возможность установления очереди бесконечной длины. Реализуется во всех системах с коммутацией пакетов, например, в маршрутизаторах Internet, в сотовых сетях с пакетным режимом работы (GPRS, LTE) и др.

# **Задачи и принципы имитационного моделирования**

# **Задачи моделирования инфокоммуникационных систем и сетей связи**

**В задачах моделирования ИССС изучаются процессы информ. обмена и сервиса в инфокоммуникационных системах и определяются качественные показатели этих процессов.**

**Решаются задачи анализа и синтеза.**

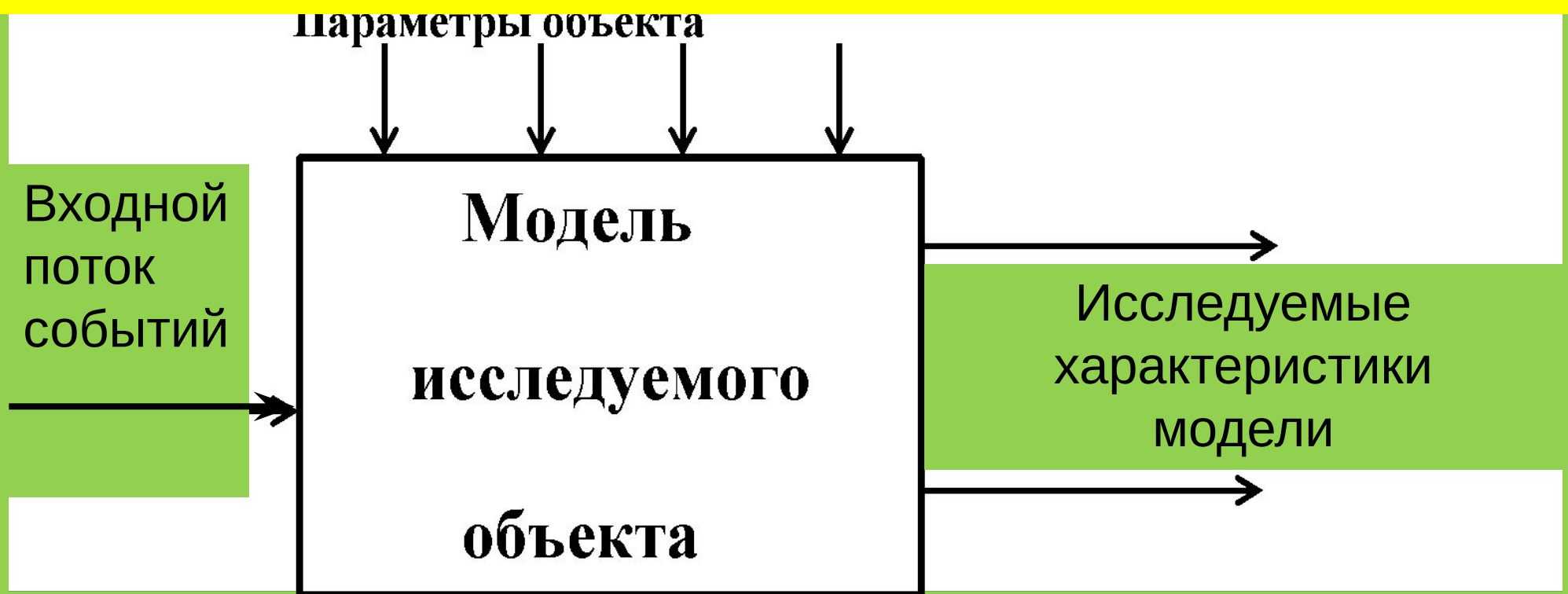
**В задачах анализа качества обслуживания информационных потоков определяются такие выходные характеристики систем как вероятность потери сообщения, длительность его обслуживания и др. в зависимости от таких входных параметров как интенсивность и характер входного потока (телефонные вызовы, пакеты и т.п.), количество и пропускная способность обслуживающих устройств (каналы, микропроцессоры, серверы и т.п.), система приоритетов и др.**

**Задачи синтеза менее проработаны ввиду их большой сложности и не ушли дальше таких простых случаев как определение необходимого числа каналов при известной интенсивности входного потока и заданного качества (вероятности потерь).**

# Задачи дисциплины «Моделирование ИССС»

Моделирование представляет собой метод научного познания, при использовании которого исследуемый объект заменяется более простым объектом, называемым моделью. В процессе моделирования ИССС изучаются процессы функционирования инфокоммуникационных систем с определением таких качественных показателей этих процессов, как:

- Время выполнения заявки на обслуживание;
- Вероятность обслуживания заявки;
- Влияние различных параметров объекта (производительность хостов и серверов, пропускная способность каналов и др.) на характеристики



# Генерация равномерно распределённых случайных чисел (ПСЧ)

1. Метод середины квадратов. Предложен Фон Нейманом в 1946 году. Алгоритм

очевиден:

$$X_0 = 4567 \quad (X_0)^2 = 20857489$$

$$X_1 = 8574 \quad (X_1)^2 = 73513476$$

$$X_2 = 5134 \quad (X_2)^2 = 26357956$$

$$X_3 = 3579 \quad \text{и т.д.}$$

Полученную последовательность ПСЧ можно выстроить в ряд:

4567857451343579.....

Начальное значение в этом ряде ПСЧ (в данном случае  $X_0 = 4567$ ) выбирается

произвольно, но при желании повторить прогон с тем же рядом случайных воздействий нужно начинать с одного и того же числа.

2. Смешанный конгруэнтный метод, являющийся в настоящее время наиболее

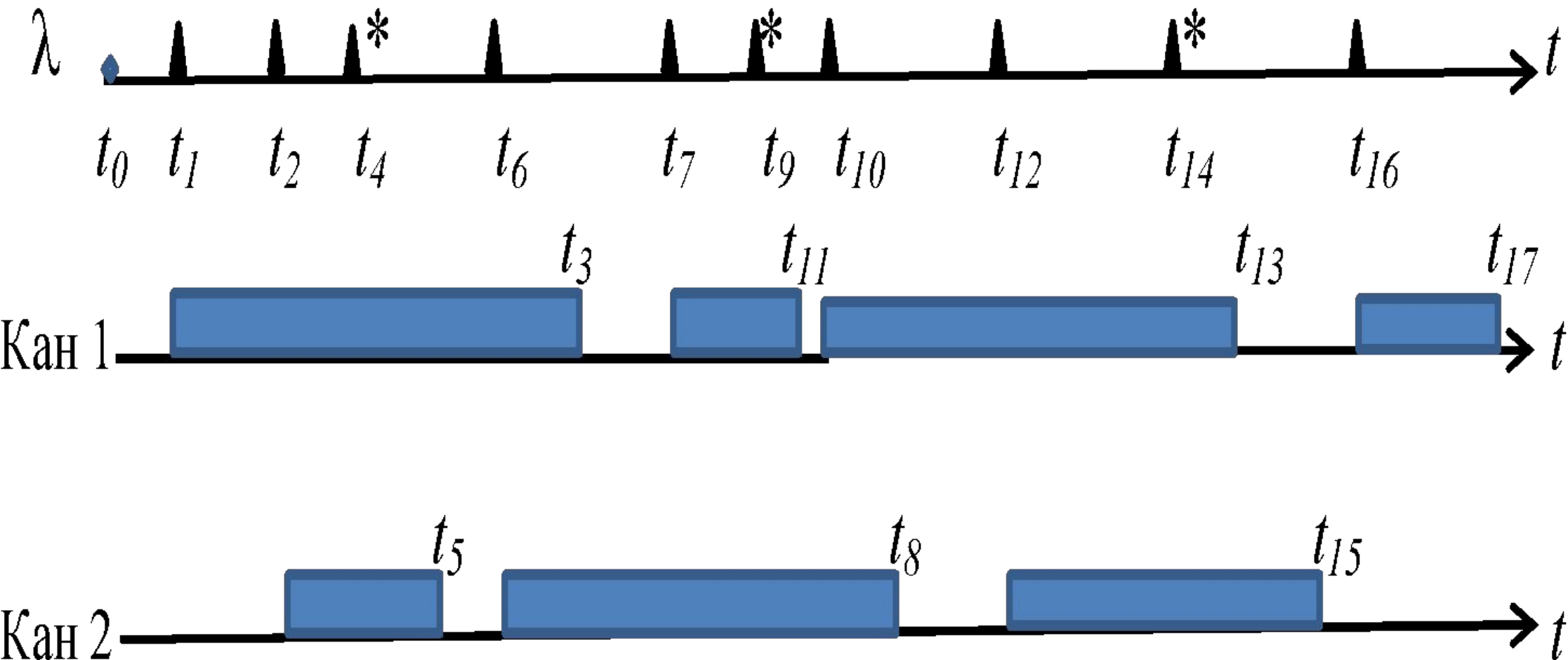
популярным

$$X_{i+1} = (aX_i + c) \bmod m .$$

Операция  $\bmod m$  означает получение остатка от деления некоторого числа (в данном случае содержимого скобок) на  $m$ .

# Механизм системного времени с шагом до события

Модель двухканальной системы телефонных вызовов с потерями

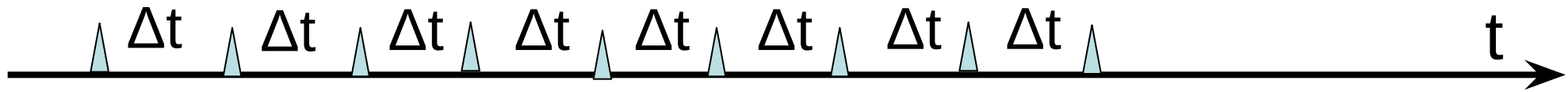


## Содержимое Буфера Будущих Событий (ББС)

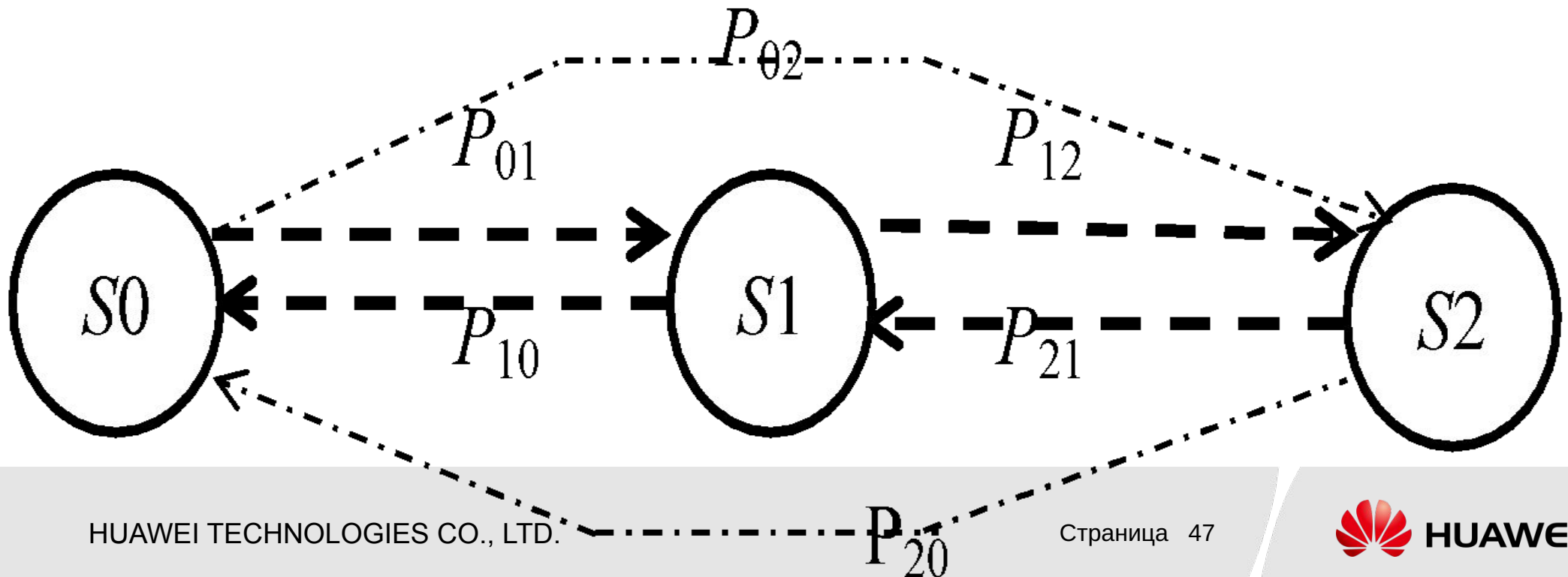
ББС-0	ББС-1	ББС-2	ББС-4	ББС-5	ББС-6	ББС-3	ББС-7
t-1	t-2	t-4	t-5	t-6	t-3	t-7	t-9
	t-3	t-5	t-6	t-3	t-7	t-8	t-11
		t-3	t-3		t-8		t-8

# Механизм системного времени с фиксированным шагом

Вся временная ось разделяется на интервалы времени  $\Delta t$ .  
Счётчик времени после каждого интервала увеличивается на  $\Delta t$ .  
Определяются все возможные состояния системы и вероятности переходов между этими состояниями.



Например, двухканальная система с потерями может находиться в одном из трёх состояний  $S_0$ ,  $S_1$  и  $S_2$  (по числу занятых каналов)



# Матричная форма переходов между состояниями S0, S1 и S2

$$P = \begin{vmatrix} P_{00} & P_{01} & P_{02} \\ P_{10} & P_{11} & P_{12} \\ P_{20} & P_{21} & P_{22} \end{vmatrix}$$

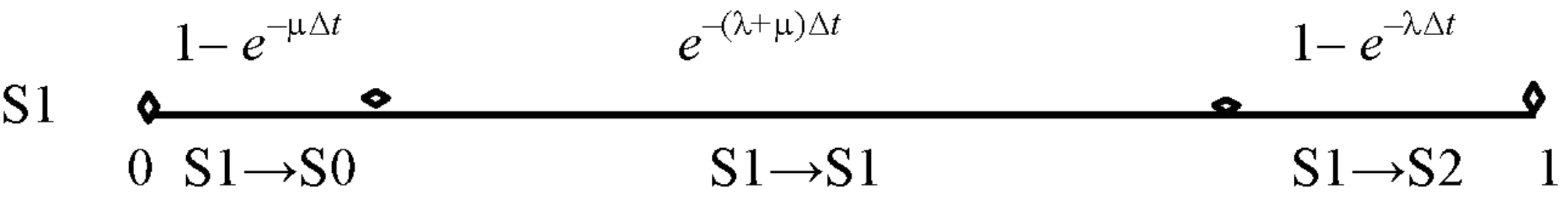
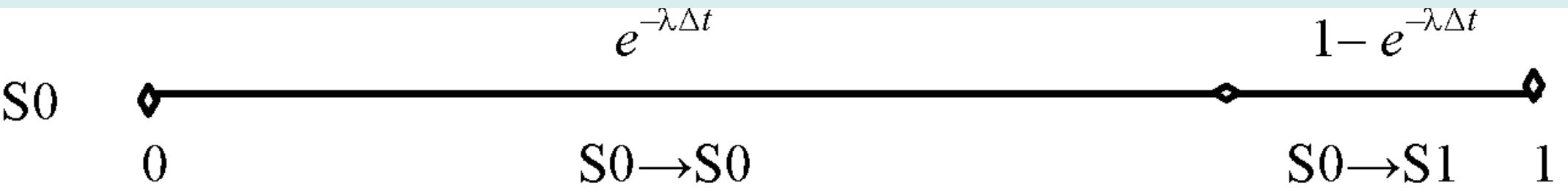
Для случая пуассоновского входного потока  $\lambda$  и экспоненциальной длительности обслуживания  $\mu = 1/\text{тобсл}$  эта матрица принимает вполне конкретные значения

$$P = \begin{vmatrix} e^{-\lambda\Delta t} & 1 - e^{-\lambda\Delta t} & 0 \\ 1 - e^{-\mu\Delta t} & e^{-(\lambda+\mu)\Delta t} & 1 - e^{-\lambda\Delta t} \\ 0 & 1 - e^{-2\mu\Delta t} & e^{-2\mu\Delta t} \end{vmatrix}$$



# Процедура розыгрыша переходов в марковской цепи

Выбирается случайное равномерно-распределённое число в интервале 0 – 1. По состоянию системы (S0, S1, S2) определяется одна из 3-х шкал, а по значению случайного числа – интервал в этой шкале и соответствующий переход в новое состояние



Средняя длина очереди  $L_q = L + L^2 \frac{1 + C_s^2}{2(1 - \rho)}$ ,  $\rho < 1$

где  $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$  - нагрузка системы массового.

$C_s^2 = 0$  для пост. длит. обслуж.  $C_s^2 = 1$  для экспоненц. распр.

Тогда средняя длительность задержки определится как:  $L_q \cdot \frac{1}{\mu} = \frac{L_q}{\mu}$

В системе M/M/1/N вер. переполнения памяти  $P_N = \frac{1 - \rho}{1 - \rho^{N+1}}$

При значениях  $\rho^N \ll 1$  можно использовать аппроксимацию  $P_N \approx \rho^N$

# Система с ожиданием с бесконечной очередью (M/M/v/∞)

Вероятность ожидания  $P(\gamma > 0) = P_{\geq v} = P_t = D_v(\Lambda)$

а) Вероятность превышения длиной очереди заданной величины  $n$  определяется с использованием второй формулы Эрланга:

$$P(S > n) = \sigma_{i=v}^{\infty} \frac{\Lambda^n}{n!} = (\Lambda / v)^{n+1} D_v(\Lambda).$$

б) Средняя длина очереди определяется как:

$$\bar{S} = \sigma_{i=v}^{\infty} (i - v) P_i = \Lambda D_v(\Lambda) / (v - \Lambda)$$

в) Средняя длительность ожидания рассматривается в двух вариантах:

-  $\bar{\gamma}_3$  - средняя длительность ожидания для задержанных вызовов

-  $\bar{\gamma}$  - средняя длительность ожидания для всех вызовов

$$\bar{\gamma}_3 = 1 / (v - \Lambda), \quad \bar{\gamma} = \bar{\gamma}_3 D_v(\Lambda) = D_v(\Lambda) / (v - \Lambda)$$

г) Вероятность ожидания свыше допустимого времени  $t_d$

$$P(\gamma > t_d) = \sigma_{i=v}^{\infty} P_i(\gamma > t_d) P_i = D_v(\Lambda) e^{-(v-\Lambda)t_d}$$

Величины  $\bar{\gamma}$ ,  $\bar{\gamma}_3$  и  $t_d$  выражена в условных единицах времени (у.е.в.).

# Расчёт времени передачи пакета между узлами



Исходные данные: длина пакета -  $L$  байт, скорость канала -  $C$  бит/с, расстояние между узлами -  $R$  км, скорость ЭМВ в кабеле -  $v$  км/с.

$$T_{\text{прд}} = t_{\text{выбора}} + t_{\text{ожидания}} + t_{\text{перемещения}} + t_{\text{распростр}} + t_{\text{канала}}$$

$t_{\text{выбора}}$  – время выбора направления передачи пакета. Примем = 2 мкс.

$t_{\text{ожидания}}$  – время ожидания пакета в очереди. Зависит от ситуации.

$t_{\text{перемещения}}$  – время перемещение пакета в узле; примем = 10 мкс.

$t_{\text{распростр}}$  – время распространения ЭМВ по каналу =  $R/v$ .

$t_{\text{канала}}$  – время передачи пакета по каналу передачи =  $L/C$ .

# Методы планирования эксперимента. Стратегическое планирование

## Факторы и отклики при стратегическом планировании

Определение цели эксперимента. Выбор откликов и факторов



Варианты откликов:

- определение потока мультимедийного трафика между ЛВС;
- время задержки пакетов в сети;
- вероятность потери пакетов в сети;
- определение необходимого числа базовых станций;
- выбор оборудования и др.

Варианты факторов:

- число абонентов и их распределение по проектируемой территории;
- величины входных потоков в виде матриц тяготения по видам траф;
- пропускные способности каналов и их технологии;
- конфигурация сети и сетевые протоколы;
- дисциплины обслуживания и нормативные требования к ним;
- стоимости покупаемого или арендуемого оборудования.

# Тактическое планирование

Основные этапы:

- определение размера выборки;
- учёт начальных условий;
- сходимость результата;
- методы снижения дисперсии результата.

Определение размера выборки.

Размер выборки – это число единичных испытаний. Например, число пакетов, поступающих в систему в одном прогоне, или число телефонных вызовов в сотовой системе мобильной связи за прогон. Наиболее просто размер выборки определяется по оценке доверительного интервала для биномиальной схемы:

$$\varepsilon = \pm t_{\beta} \sqrt{(D/N)} = \pm t_{\beta} \sqrt{(\bar{p}(1-\bar{p}))/N},$$

где  $\bar{p}$  – оценка вероятности потери пакета или вызова,

$D$  – дисперсия оценки  $\bar{p}$ ,

$N$  – длина прогона (размер выборки),

$\beta$  – доверительная вероятность,

$t_{\beta}$  – функция доверительной вероятности,

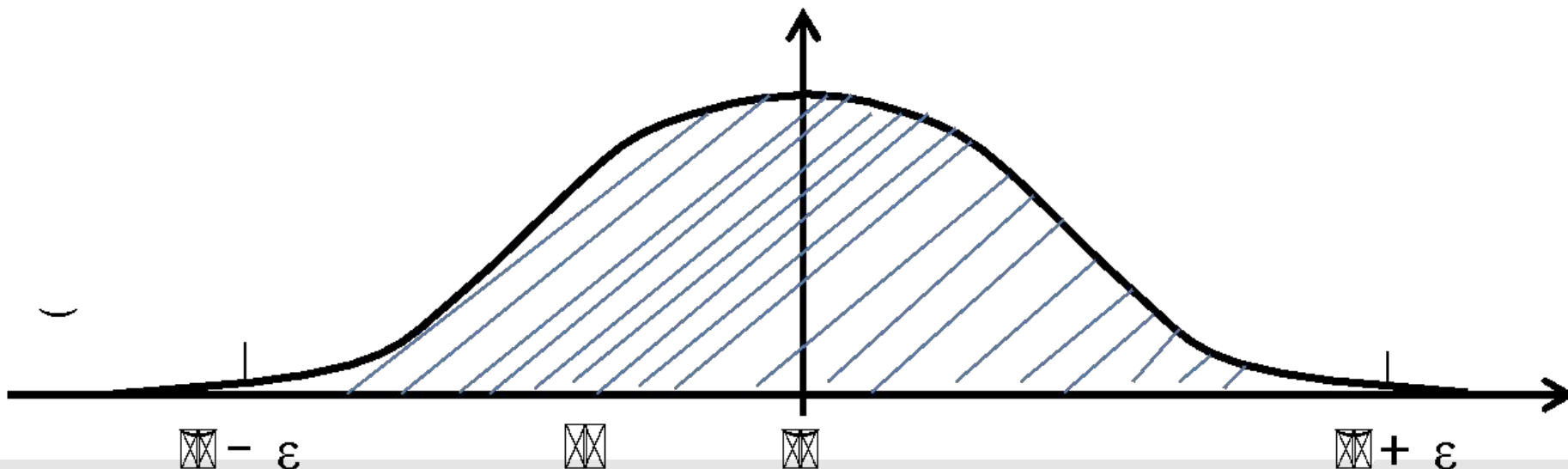
$\varepsilon$  – доверительное значение (допустимое отклонение от  $\bar{p}$ )

# Определение доверительного интервала

Доверительная вероятность  $\beta$  – это вероятность того, что истинное значение измеряемого параметра  $p$  отклоняется от измеренного значения  $\bar{p}$  не более, чем на допустимое отклонение  $\varepsilon$ . Например, если  $\beta = 0,95$ , то это площадь заштрихованной части на графике, а параметр  $p$  будет находиться в пределах  $\bar{p} \pm \varepsilon$ .

Таблица 2.1

$\beta$	0.8	0.9	0.95	0.99
$t_\beta$	1.28	1.64	1.96	2.58



# Оператор формирования транзактов - generate A,B,C,D,E

Операнд	Значение	Значение по умолчанию
A	Средняя величина интервалов между поступлениями транзактов	Обязательный операнд
B	Модификатор разброса интервалов между транзактами	Ноль
C	Смещение начала выдачи транзактов	Ноль
D	Ограничение числа выдаваемых транзактов	Ноль
E	Уровень приоритета выдаваемого транзакта	Ноль

## Пример использования оператора generate

met generate 30,5,40,,17 ;генератор моментов поступления пакетов

- A = 30 е.м.в. – интервал между моментами поступления пакетов,
- B = 5 е.м.в. – разброс параметра в РР, т.е. интервал меняется  $30 \pm 5$ ,
- C = 40 е.м.в. – пакеты начнут выдаваться через 40 е.м.в. после запуска программы,
- D = 0 – число выдаваемых пакетов не ограничено,
- E = 17 – всем выдаваемым пакетам присваивается приоритет 17.



# Примеры счётных числовых атрибутов

Стандартные числовые атрибуты служат для сокращённого указания различных величин, фигурирующих в программе модели.

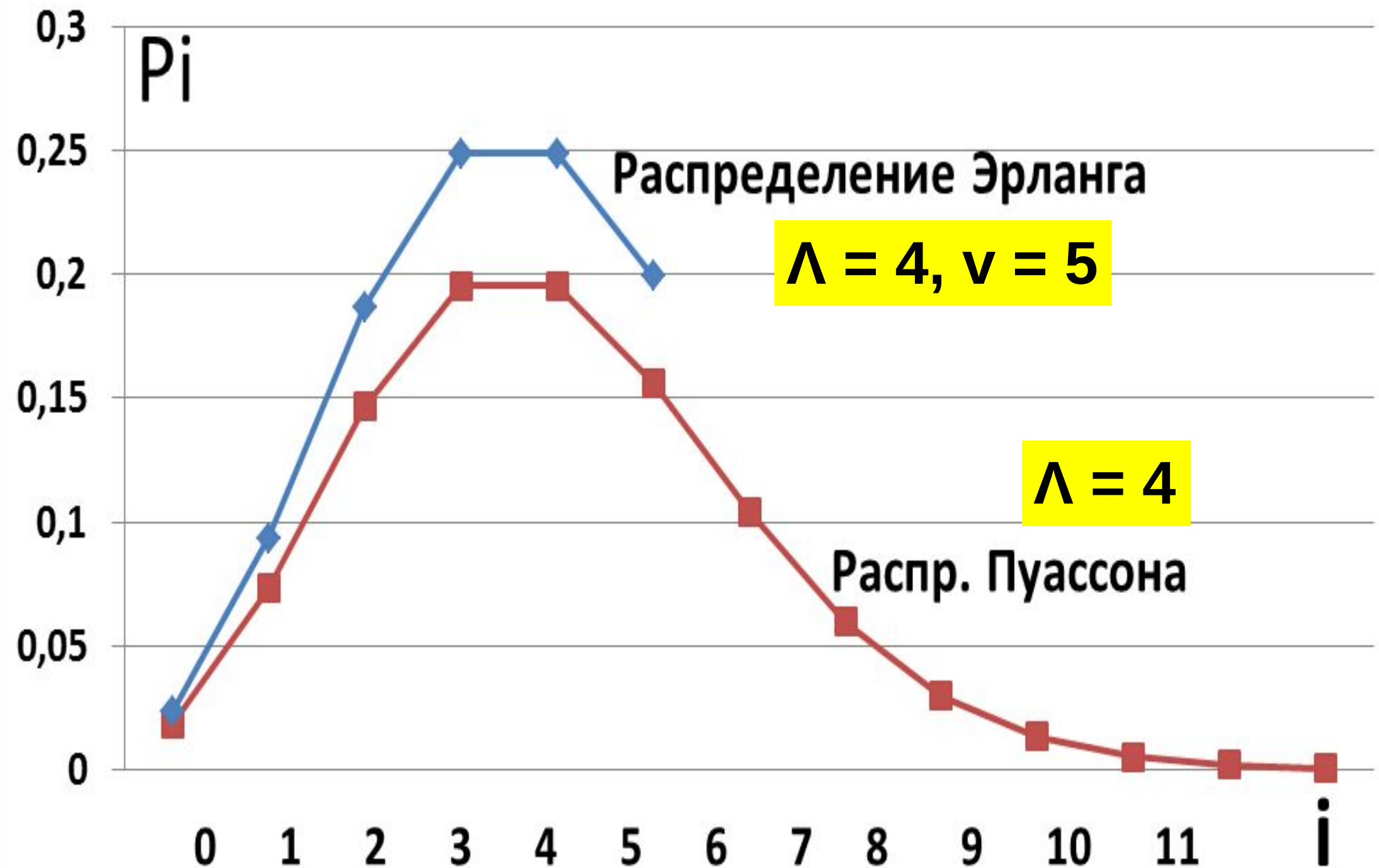
## Адресуемые СЧА:

- $n\$met1$  – число транзактов, входивших в блок с меткой  $met1$ ;
- $s\$kan3$  – текущее содержимое памяти (например, число занятых каналов в многоканальном устройстве) с именем  $kan3$ ;
- $r\$kan3$  – число свободных ячеек памяти (например, число свободных каналов в многоканальном устройстве) с именем  $kan3$ ;
- $q\$vetv5$  – текущая длина очереди к каналам ветви с именем  $vetv5$ ;
- $qa\$vetv5$  – средняя длина очереди к каналам ветви с именем  $vetv5$ .

## Безадресные СЧА

- $rn1 \div rnN$  – случайные числа, выдаваемые одним из датчиков случайных чисел.

# Огибающие распределений вероятностей чисел занятых каналов для простейшего входящего потока.



# Способ построение гистограммы

`wtime qtable fff,0,40,10 ;описание формата гистограммы`

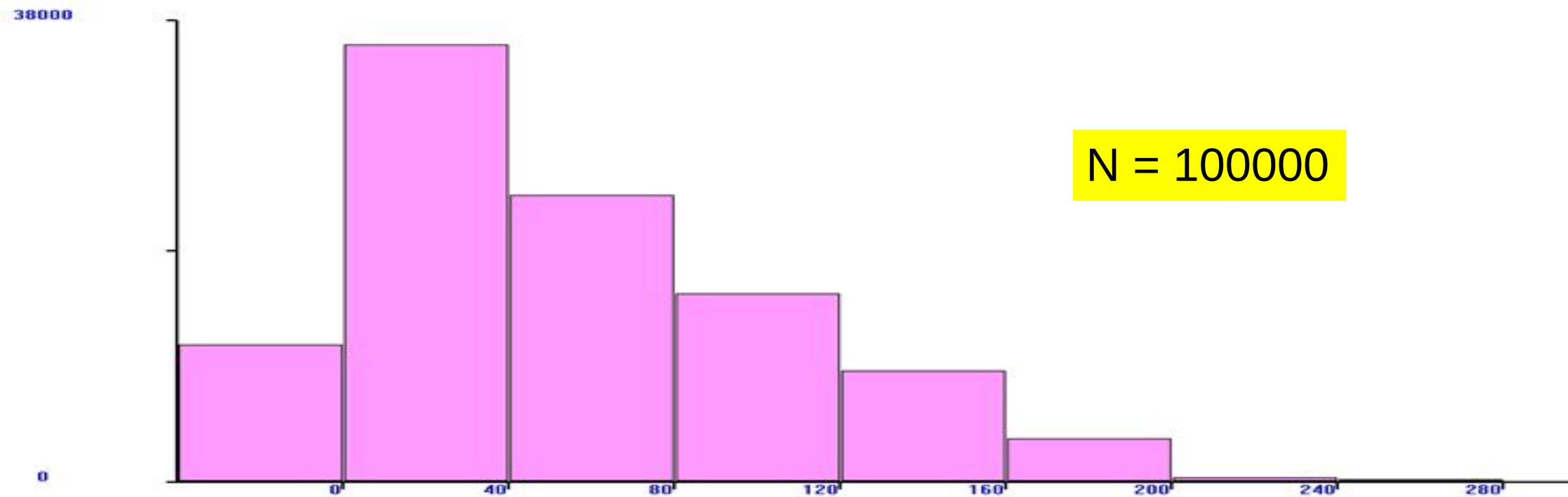


Таблица в стандартном отчёте

WTIME	56.006	49.379	0		
	-	-	0.000	11286	11.35
	0.000	-	40.000	36007	47.57
	40.000	-	80.000	23584	71.29
	80.000	-	120.000	15521	86.90
	120.000	-	160.000	9103	96.05
	160.000	-	200.000	3575	99.65
	200.000	-	240.000	347	100.00
	240.000	-	280.000	4	100.00