

Раздел 1.

Принципы построения единой сети электросвязи РФ

Лектор :

проф. кафедры ССС ПГУТИ,

д.т.н. Гребешков А.Ю.

Самара
2021 год

- Карташевский В.Г. Основы теории массового обслуживания: учебник для вузов – М.: Горячая линия – Телеком, 2013. – 130 с.
- Васин, Н. Н. Построение сетей на базе коммутаторов и маршрутизаторов [Электронный ресурс] / Н. Н. Васин. – Электрон. текстовые данные – М. : ИНТУИТ, 2016
- Кокорева, Е. В. Основы построения инфокоммуникационных систем и сетей. Методы маршрутизации [Электронный ресурс] / Е. В. Кокорева. – Электрон. текстовые данные – Новосибирск : СибГУТИ, 2016



- Методические указания по выполнению курсового проекта на тему «Расчет параметров и проектирование сети связи следующего поколения NGN и IMS», 2015.— 76 с. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/776/73776/files/ngn-ims-kursovik-1-2-1.pdf> (Дата обращения 6.09.2018)
- Семенов Ю.В. Проектирование сетей связи следующего поколения. – СПб.: Наука и техника, 2005 г. – 240 с.
- Руководство пользователя СОТСБИ–У. Магистр./СОТСБИ–У. Рк.02.К.– Версия 1.20/01.12.10 – СПб.– 2010. – 133 с. (в эл. виде) Режим доступа URL: <http://aes.psuti.ru/studentam/>

1.1 Принципы построения ЕСЭ РФ в рамках ГИИ

ГИИ – это совокупность сетей связи, оконечного оборудования пользователей, информации, которая может быть использована для коммуникации пользователей и передается по доступным ценам с заданным качеством

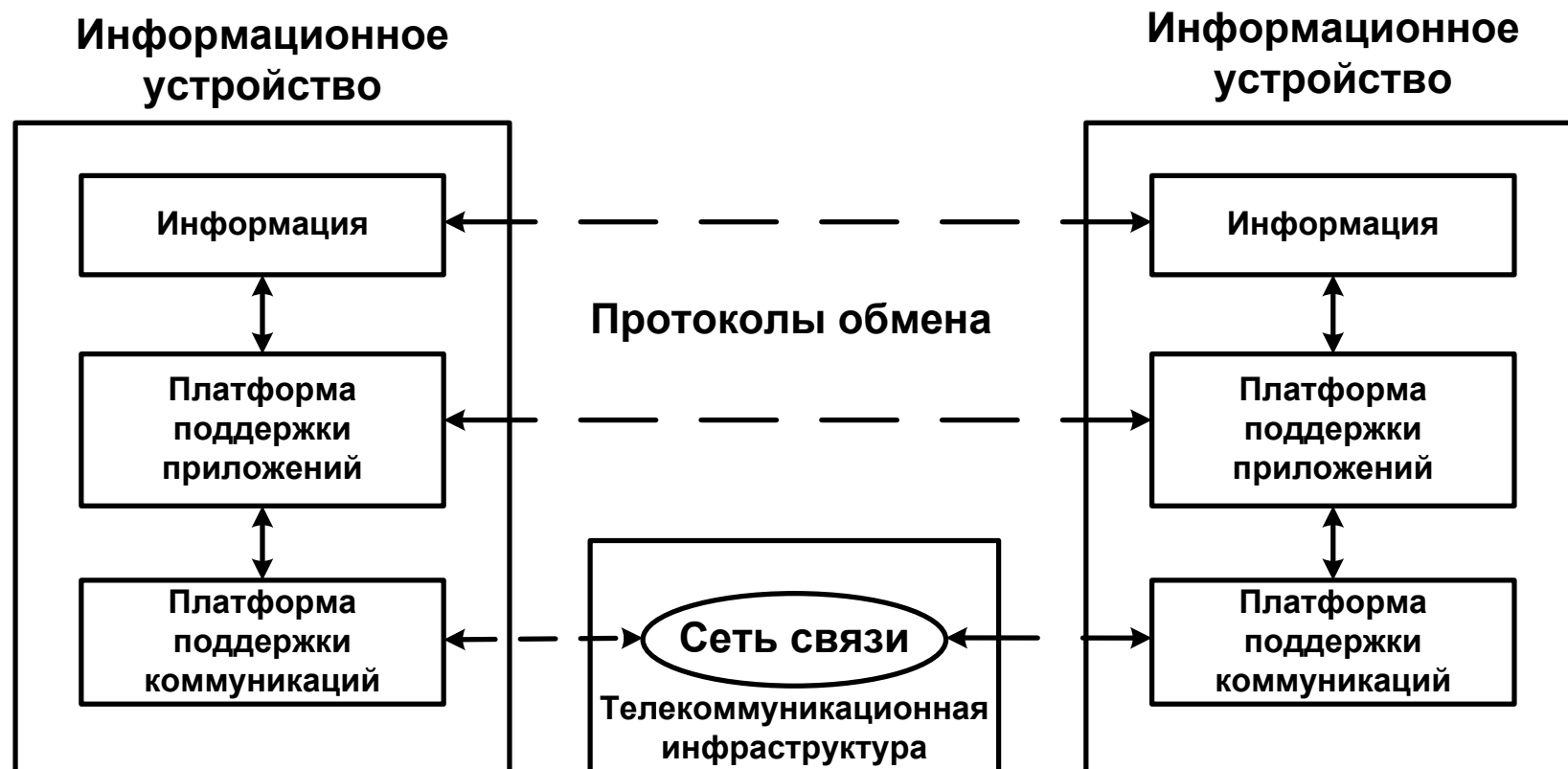
Информационное устройство – это персональный компьютер, планшетный компьютер, телефонный аппарат, телевизионный приёмник, факсимильный аппарат, смартфон

Платформы поддержки коммуникаций – это оконечное оборудование данных, модемы, устройства доступа различного назначения, которые непосредственно преобразуют данные для передачи по сетям связи

Протоколы обмена – это набор правил и форматов представления информации, которая определяет взаимосвязанное поведение взаимодействующих объектов

Порт – точка стыка/подключения оборудования электросвязи и оборудования внешних соединительных, абонентских линий, трактов передачи и линий связи.

Протокол – набор правил и форматов (семантических и синтаксических), который определяет взаимосвязанное поведение логических объектов при выполнении функций.



Состав Единой сети электросвязи Российской Федерации

Сеть связи, которая состоит из расположенных на территории Российской Федерации сетей электросвязи следующих категорий:

- сеть связи общего пользования;
- выделенные сети связи;
- технологические сети связи, присоединенные к сети связи общего пользования;
- сети связи специального назначения и другие сети СВЯЗИ

используемые для передачи информации при помощи электромагнитных систем

Подсистема нумерации – определяет принципы и правила адресации и идентификации пользователей услуг сетей связи.

Подсистема предоставления услуг – определяет правила предоставления пользователям услуг связи.

Подсистема контроля – определяет способы и методы оперативного контроля и мониторинга состояния сети связи и её элементов.

Подсистема измерения – определяет принципы, регламенты и средства измерений значений параметров и характеристик линий связи, оборудования связи, показателей качества передачи речи, видео и данных в процессе оказания услуг.

Подсистема восстановления и ремонта – определяет способы, регламенты и нормативы устранения повреждений и последствий отказов на сетях связи.

Подсистема резервирования – определяет методы и способы повышения надежности и качества функционирования сетей связи с помощью штатного или дополнительного оборудования.

Подсистема расчета (биллинг) – определяет правила определения стоимости и порядок оплаты услуг связи.

Принципы построения системы идентификации абонентов ЕСЭ РФ

Национальный междугородный телефонный номер **ABC abxxxxxx**, где

ABC (DEF) – код зоны нумерации ЕСЭ РФ,

abxxxxxx – номер абонента в пределах зоны нумерации (местный номер).

ABC присваиваются краям, областям, республикам или зонам МГТС (495, 499) на основании Реестра нумерации Российской системы и плана нумерации, который поддерживается Федеральным агентством связи (Россвязь).

DEF присваивается для географически неопределяемых зон нумерации. (901, 902, 903, 927, 937 и т.п.) например в составе федеральных номеров системы подвижной радиосвязи, «800» – «Бесплатный вызов (Freephone)»

Международный телефонный номер **аβγ ABCabxxxxxx** где **аβγ** – международный одно-, двух- или трехзначный код страны назначения.

Россия – «7», Украина «380», Франция «33», США и Канады «1»

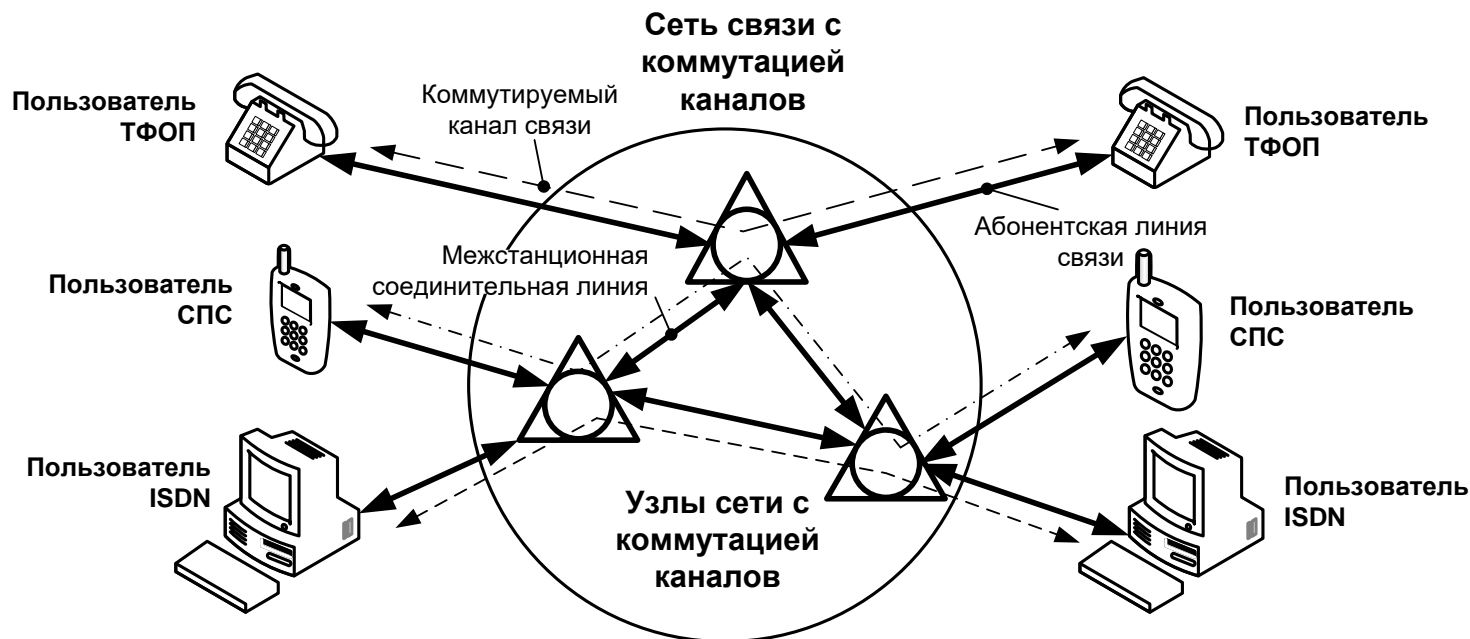
На *первом этапе* (подготовительный) создаются условия для замены номеров спецслужб с номера «0»X(X) на номер типа «U»(Y). На этом же этапе планируется начать подготовку к замене индекса выхода на междугородную связь с «8» на «0» и замена префикса «8»+ «10» на «0»+«0».

Второй этап (основной) – окончательно вводятся префиксы «0» и «00», междугородные коды *ABC*, которые начинались с «0» будут заменены на коды из резервной группы («0BC», «4BC»); окончательно будет осуществлён переходе к единой нумерации спецслужб, которые начинаются с «1», в частности, планируется повсеместно внедрить единую службу спасения с доступом по коду «112». Здесь же будет оптимизировано использование кодов *DEF*, а на местных сетях будут изменены индексы узлов связи, которые начинаются с «1».

На *третьем этапе* описанные выше работы будут полностью завершены.



Принципы организации коммутации каналов (обзор)



Коммутация каналов в сети электросвязи технологически означает организацию последовательности каналов передачи для доставки сообщений электросвязи от источника к получателю.

Между абонентами А (условно исходящий) и абонентом Б (условно входящий) организуется сквозной канал электросвязи по схеме «точка – точка» или «точка – много точек». Канал состоит из нескольких коммутируемых участков, находящихся между узлами связи на сети доступа и транспортной сети.



Достоинства:

- Наличие гарантированного сетевого транспорта для передачи с нормализованной скоростью, кратной 64 Кбит/с (для Европы) или 56 Кбит/с (для Северной Америки)
- Адрес получателя передается только в начале соединения
- Трафик передается с минимальными задержками

Недостатки:

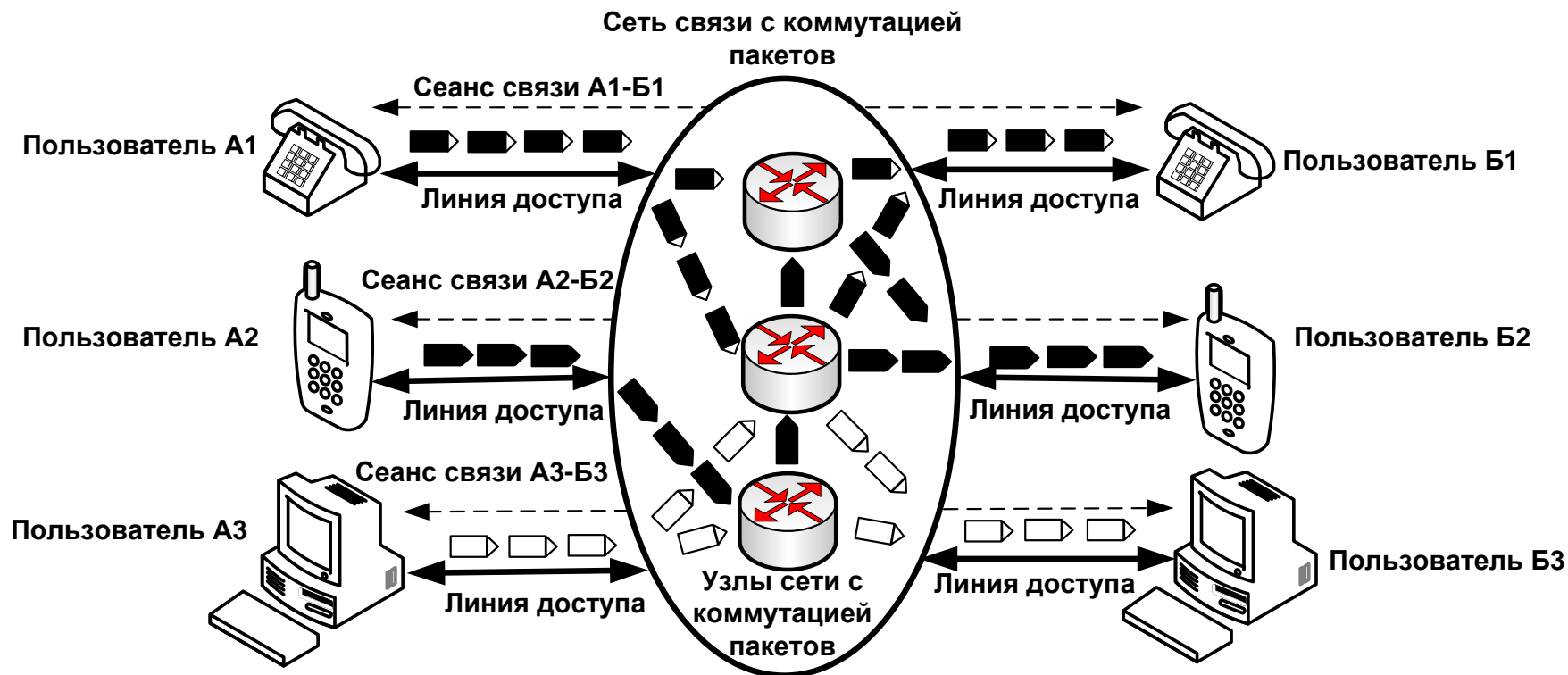
- Простаивание коммутируемого канала в случае, когда обмен между пользователями отсутствует
- Необходимость предварительно устанавливать соединение, возможность отказа в соединении при отсутствии свободных каналов на любом участке



Пакет информации – это сообщение электросвязи, которое передается по сети передачи данных и в составе которого присутствуют данные, необходимые для его коммутации узлом связи.

Коммутация пакетов – использование технологии доставки получателю сообщений электросвязи, разбитых на отдельные пакеты информации, которые могут пересылаться из исходного пункта в пункт назначения независимо друг от друга в соответствии с содержащимся в них адресом.

Сеанс (электро)связи – процесс передачи и/или приема информации без предварительного установления соединения



Логическое соединение (виртуальный канал) – способ связи, когда устройства пользователей согласуют некоторые параметры соединения, например скорость, маршрут доставки пакетов, допустимое время задержки. При этом используются пакеты со служебной информацией для поддержания логического соединения



Достоинства:

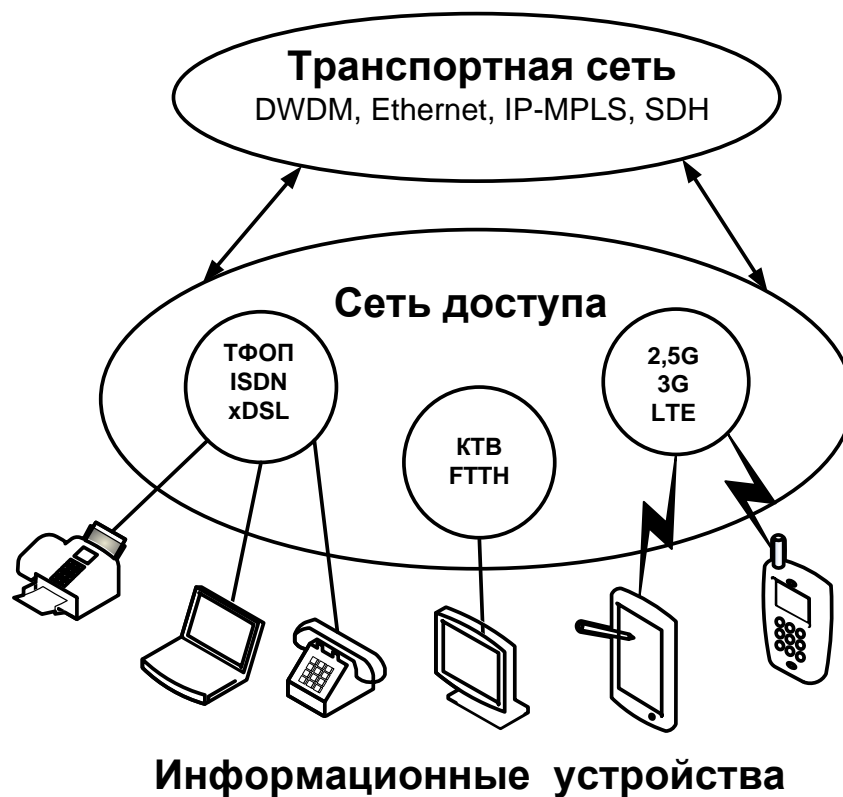
- Максимально эффективное использование сетевого ресурса
- Не требуется предварительное установление соединения

Недостатки:

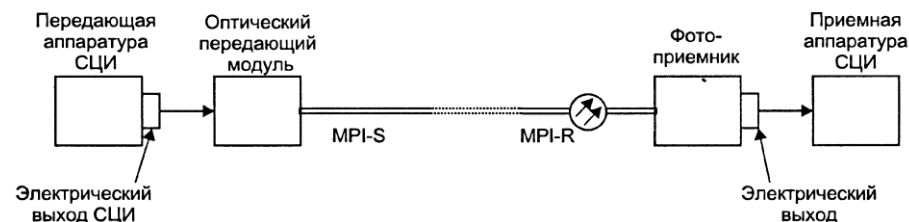
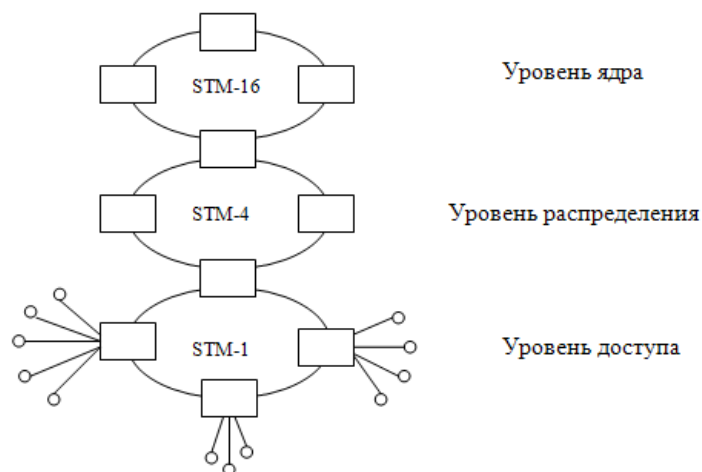
- Отсутствие гарантий доставки пакетов в целом
- Непредсказуемое время задержки доставки пакетов
- Адреса доставки передаются с каждым пакетом в адресном заголовке

Сеть доступа – совокупность абонентских линий и станций местной сети, обеспечивающих доступ абонентских терминалов к транспортной сети, а также местную связь без выхода на транспортную сеть

Сеть транспортная – часть сети связи, охватывающая магистральные сетевые узлы, междугородные станции, а также соединяющие их каналы и узлы (национальные, международные).



Принципы построения транспортной сети SDH (обзор)



Тракт передачи СЦИ

Синхронная цифровая иерархия, СЦИ или SDH – интегрированная транспортная сеть телекоммуникаций, основанная на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), позволяющая передавать все виды трафика.

Преобразования в SDH в формат STM-N осуществляется в два этапа:

1. согласование скоростей передачи входящих потоков PDH (Е1 со скоростью передачи 2,048 Мбит/с) и образование STM-1;
2. синхронное мультиплексирование STM-1 в STM-N ($n = 1, 4, 16, 64, 256$).

STM-1 со скоростью 155,520 Мбит/с;

STM-4 со скоростью 622,080 Мбит/с;

STM-16 со скоростью 2448,320 Мбит/с;

STM-64 со скоростью 9953,280 Мбит/с;

STM-256 со скоростью 39813,12 Мбит/с.

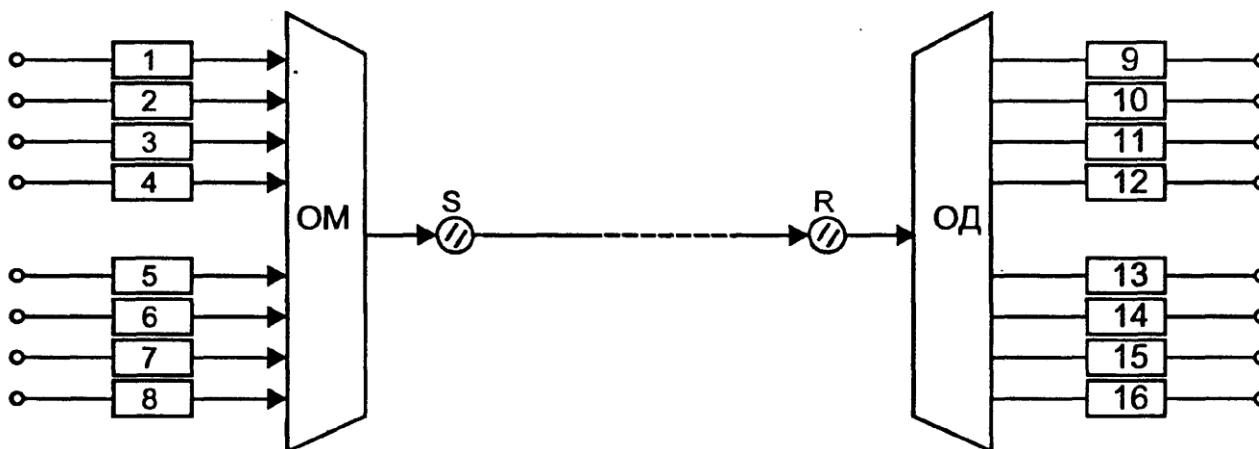


Оптическое мультиплексирование с разделением по длинам волн WDM (Wavelength Division Multiplexing) - m информационных цифровых потоков, переносятся каждый на своей оптической несущей с длиной волны λ_m и разнесены в пространстве.

С помощью оптических мультиплексоров (ОМ) эти потоки объединяются в один оптический поток $\lambda_1.. \lambda_m$, после чего он вводится в оптическое волокно.

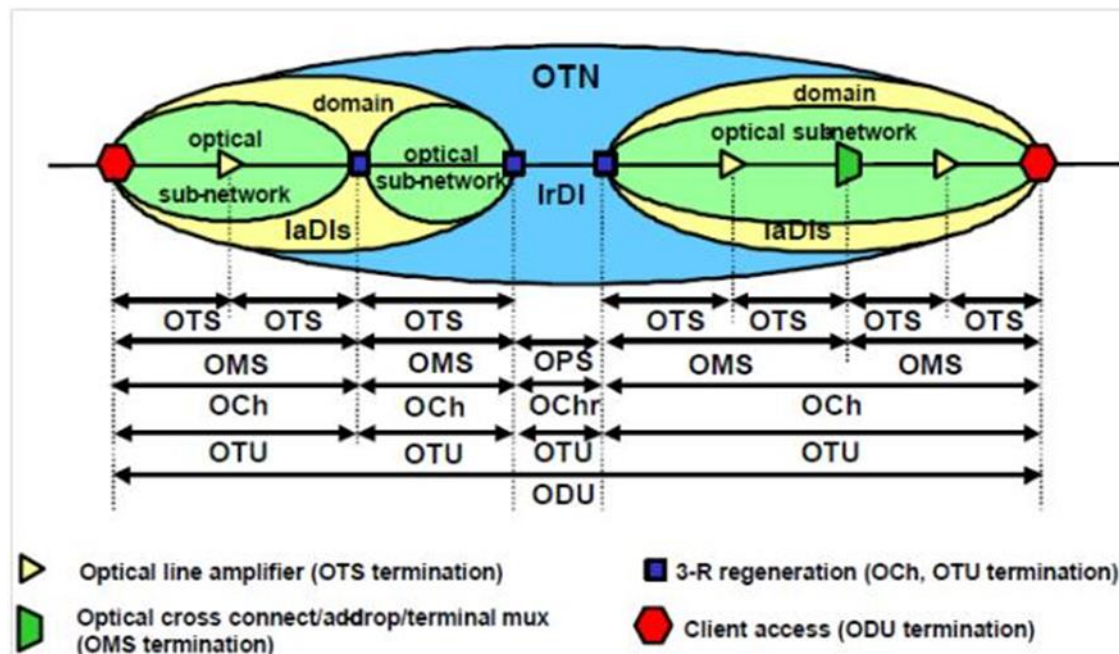
На приемной стороне производится обратная операция демультиплексирования.

Многоволновые системы передачи работают в диапазоне длин волн 1530-1565 нм (3-е окно прозрачности).

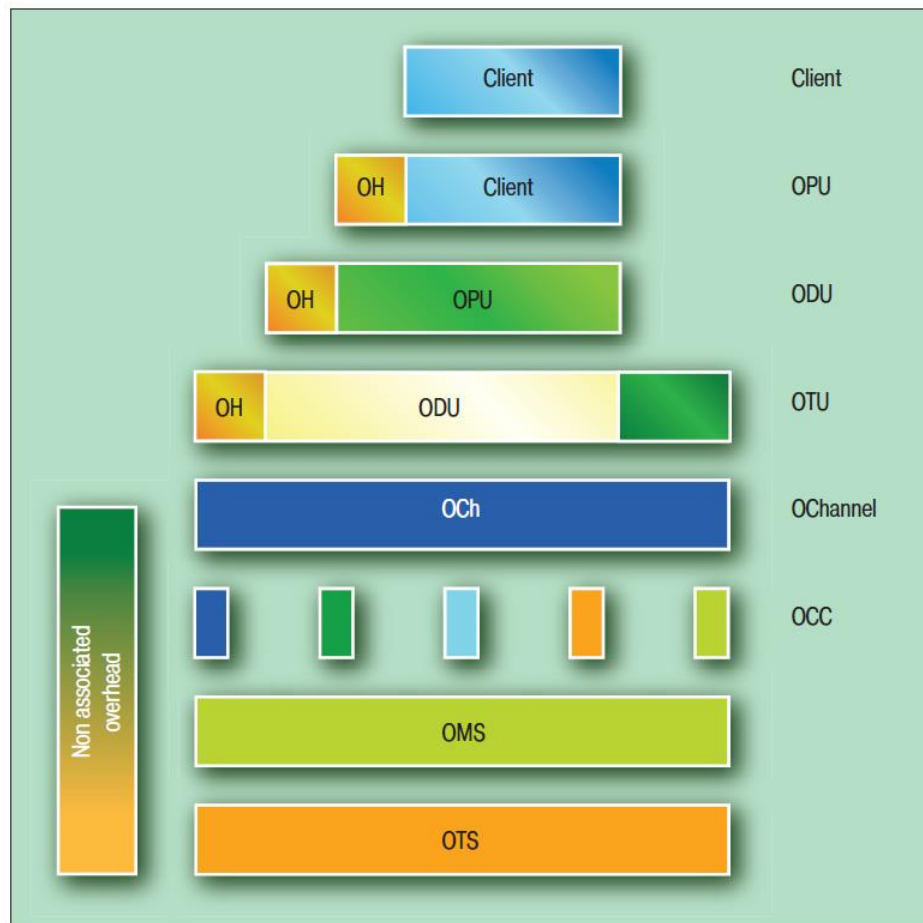


ОТС (OTN)

есть сеть
передачи
оптических
сигналов,
состоящая
из оптических
каналов,
оптических
узлов
и оптических
абонентских/
оконечных
устройств



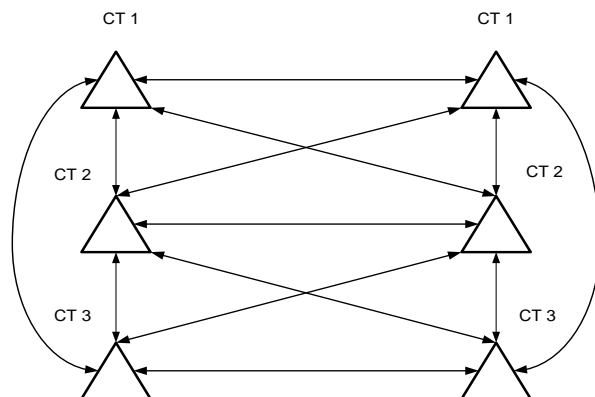
OMS – участок мультиплексирования оптического сигнала;
 OTS - участок передачи оптического сигнала;
 OC - оптический канал с полной функциональностью;
 ODU - блок данных оптического канала;
 OPS - оптический физический участок;
 laDIS – внутридоменный интерфейс ОТС;
 IrDI – междоменный интерфейс ОТС.



Результатом функционирования ОТС является становится оптический канал OCh с индивидуальной длиной волны, содержащий полезную нагрузку и заголовки различных уровней (OH) и корректирующую информацию (FEC).

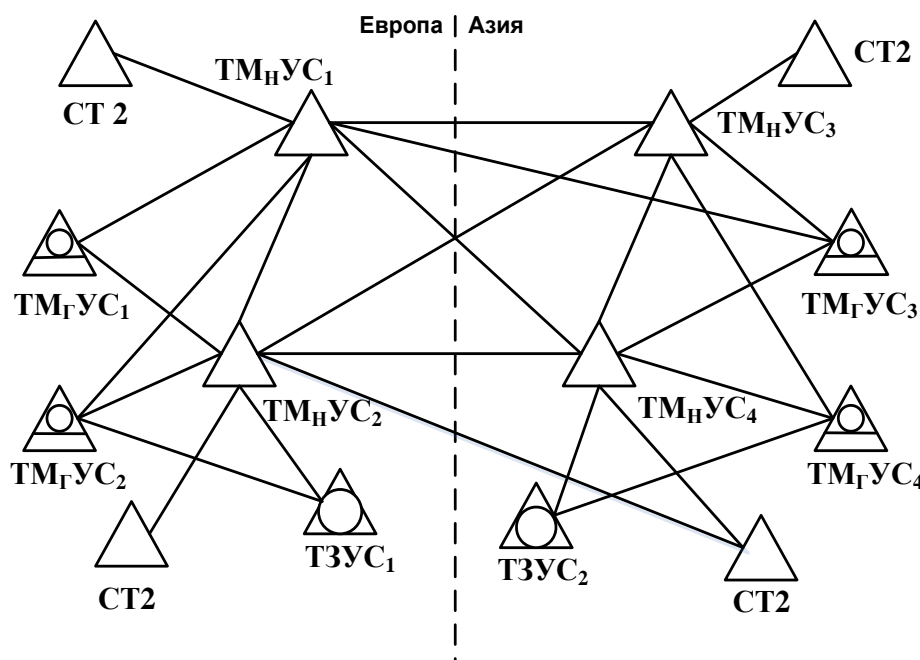
OMS состоит из мультиплексированных OCh и необходим для мониторинга оптического соединения. OTS позволяет сетевому оператору выполнять задачи контроля и обслуживания сети между сетевыми элементами

Принципы построения телефонной связи ЕСЭ РФ (обзор)



Международная сеть
телефонной связи

СТ – центр международной
коммутации



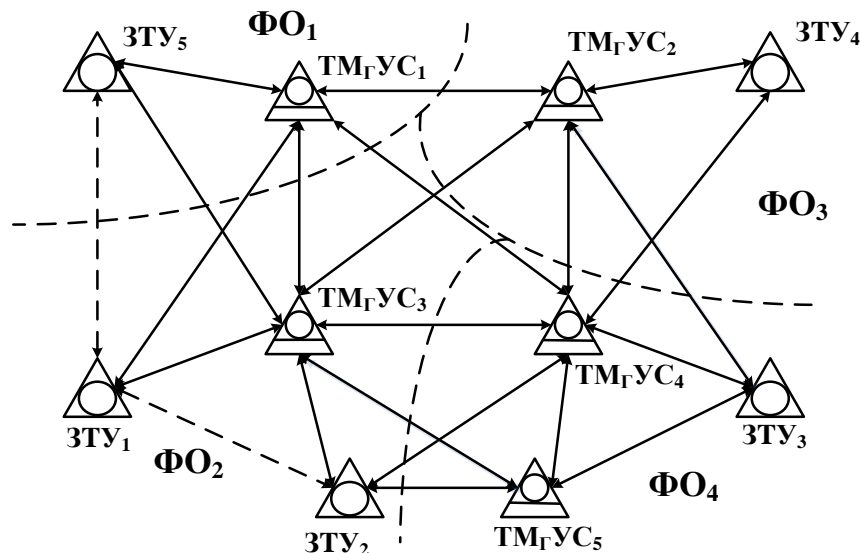
Российский сегмент
международной
телефонной сети связи

ТМнУС – транзитный
международный узел связи

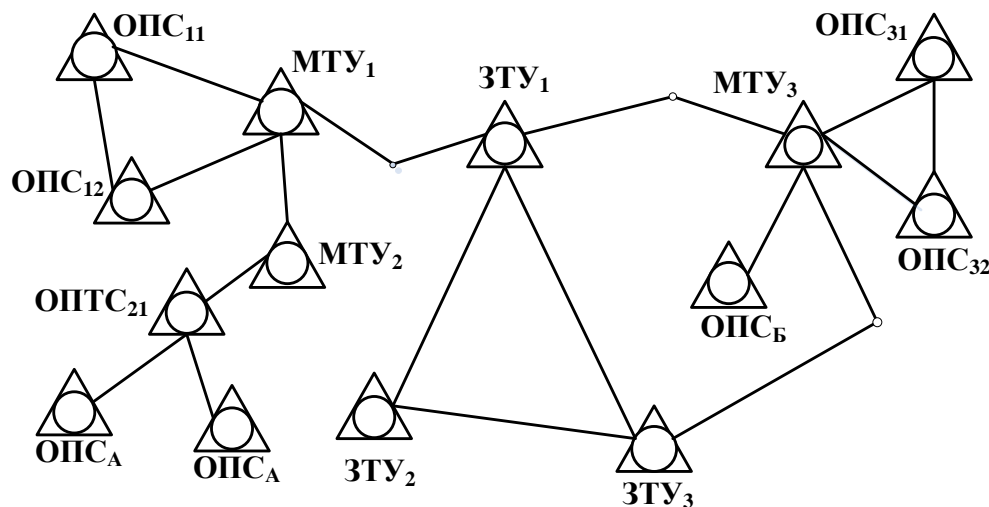
ТЗУС – транзитный зональный
узел связи

ТМгУС – транзитный
междугородный узел связи

Принципы построения телефонной связи ЕСЭ РФ (обзор)

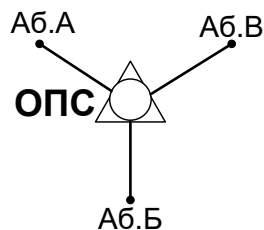


Российская
междугородная
телефонная сеть связи
ЗТУ – зональный транзитный узел
связи
ФО – федеральный округ

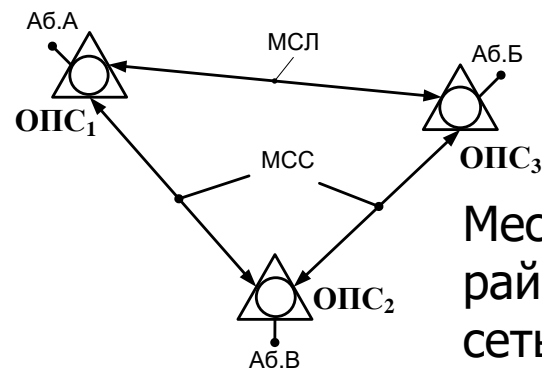


Зональная телефонная
сеть
МТУ – местный транзитный
узел
ОПТС – опорно-транзитная
станция
ОПС – опорная станция

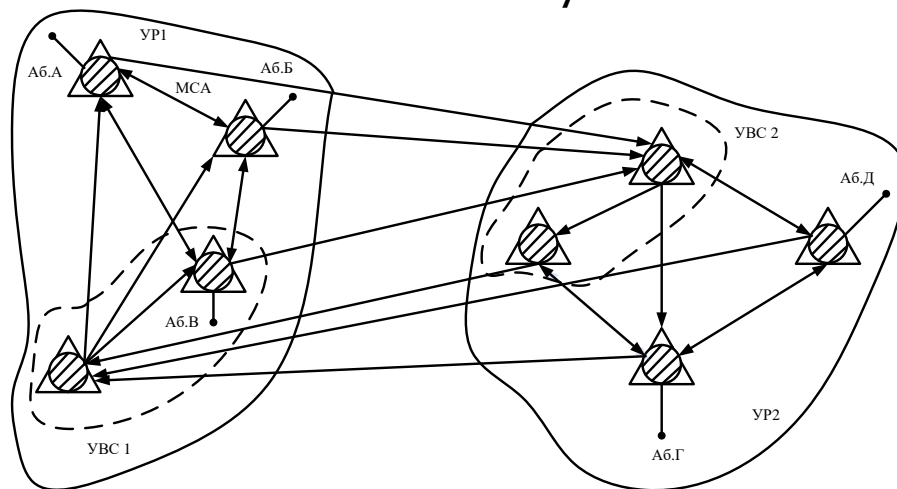
Принципы построения телефонной связи ЕСЭ РФ (обзор)



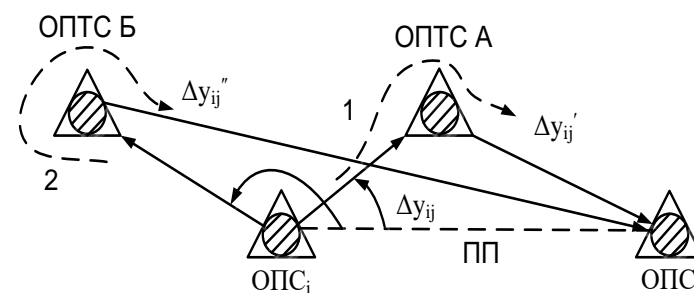
Местная
нерайонированная
сеть без узлов



Местная
районированная
сеть без узлов



Местная районированная сеть с
узлами входящих сообщений

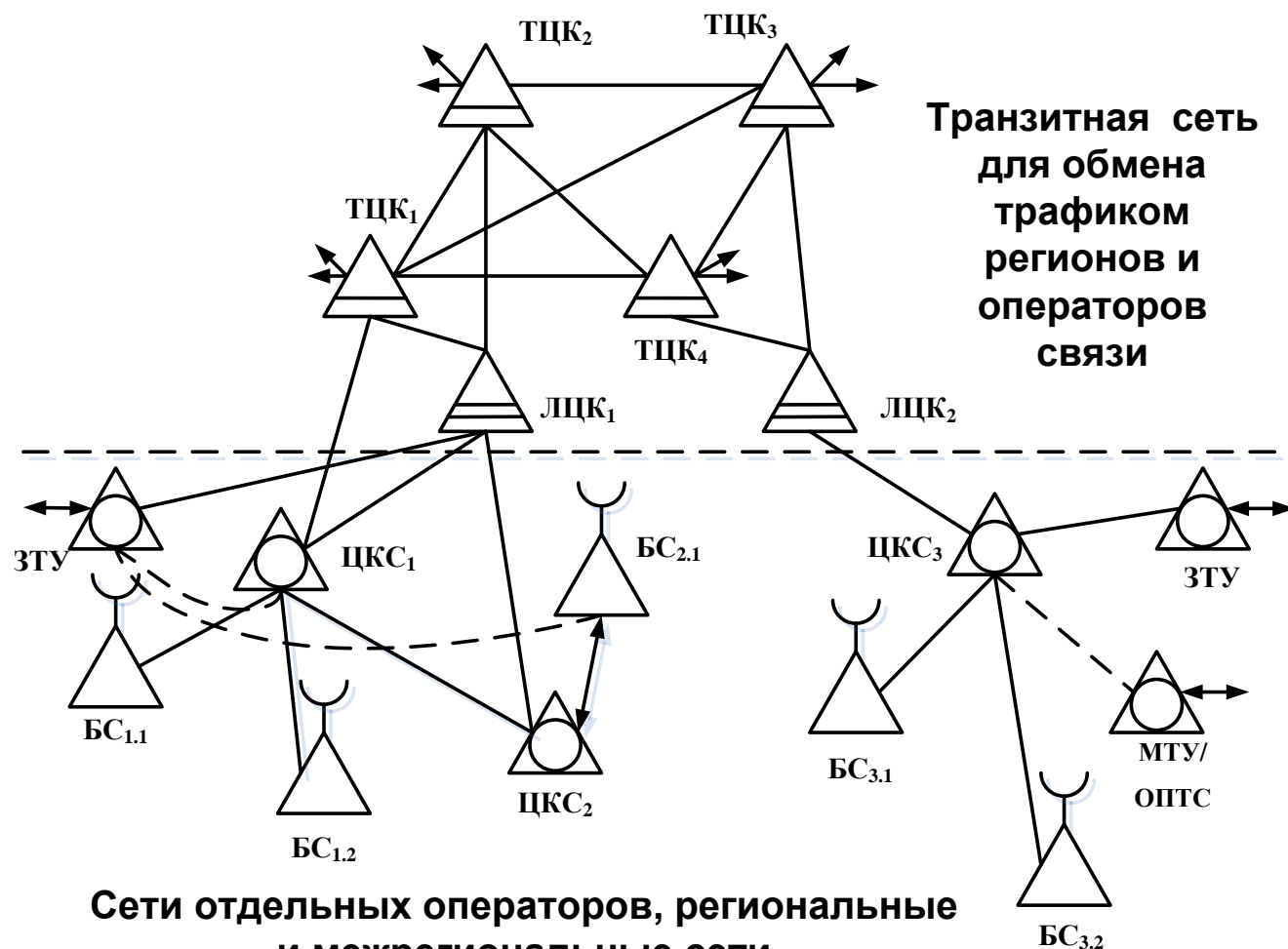


Сеть с обходными
направлениями связи

Стандарты радиотелефонной сети подвижной связи

Поколение	Первые реализации	Типичные стандарты	Основные характеристики
1G	1984	AMPS, NMT	Аналоговые технологии, телефония
2G	1991	GSM, CDMA	Цифровые технологии, телефония, служба коротких сообщений, передача данных в режиме CS
2,5G	1999	GSM + GPRS	Передача данных в режиме PS
3G	2002	WCDMA, UMTS	Передача данных в режиме PS Более высокие скорости передачи данных Внедрение GPRS и EDGE.
3,5G	2006-2007	LTE, UMTS + HSPA+	Скорости передачи данных до десятков Мбит/с
4G	2008-2010	LTE Advanced, WiMax R2	IP-ориентированная сеть, Скорости передачи данных до сотен Мбит/с

Построение сети радиотелефонной сети подвижной связи 2G/3G



**Транзитная сеть
для обмена
трафиком
регионов и
операторов
связи**

ТЦК – транзитный
центр коммутации,
создается в
федеральном округе
(ФО), обслуживает
трафик разных
операторов и ФО

ЛЦК – локальный
центр коммутации,
обслуживает группу
регионов, связь с
ЗТУ

ЦКС – центр
коммутации
подвижной связи,
обслуживает
оконечный трафик
города, края,
республики.

Шлюз с сетью передачи пакетов **PDN-GW** (Packet Data Network Gateway) обеспечивает IP-доступ через WLAN к сети 3GPP и интернет-доступ UE.

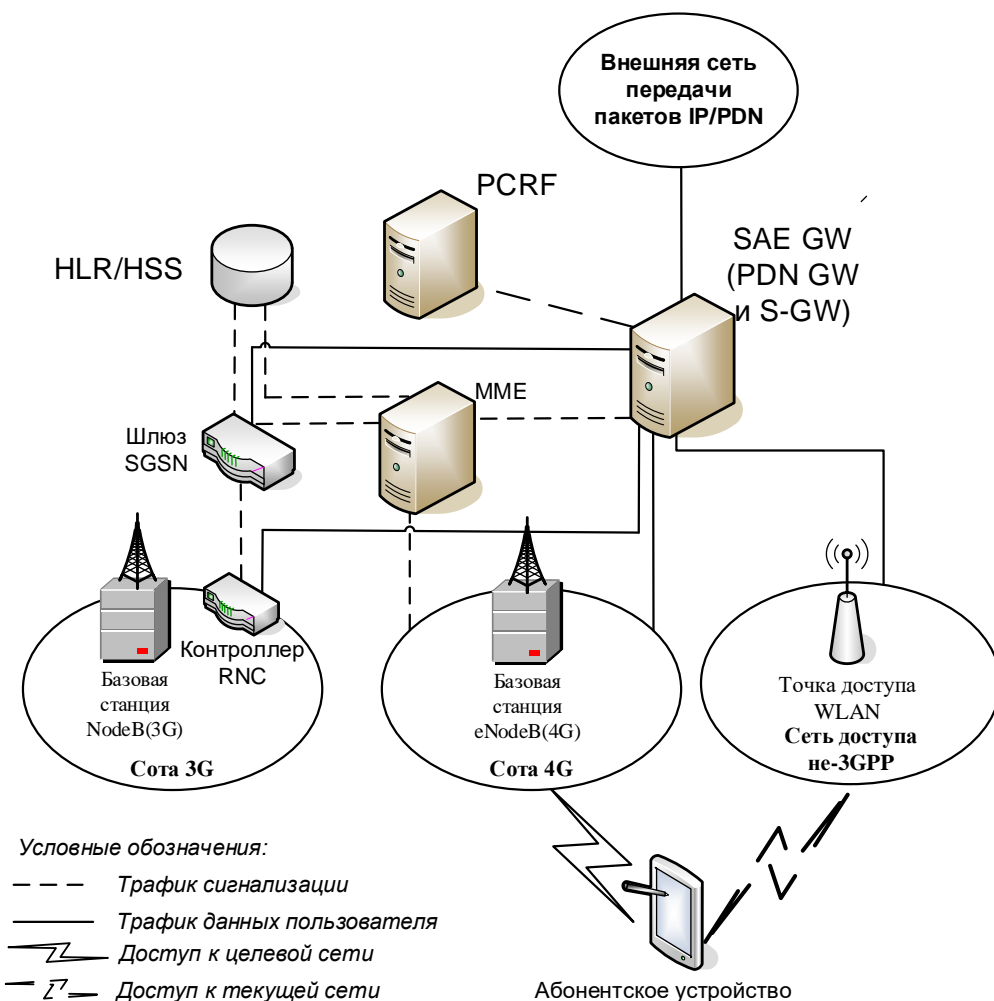
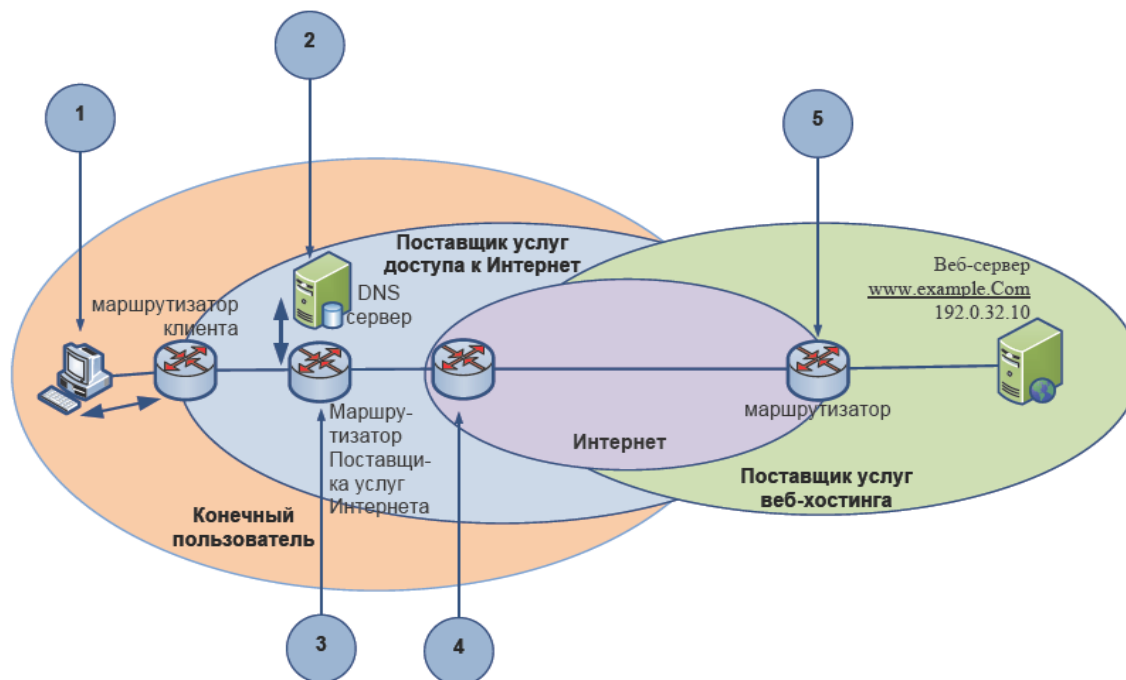
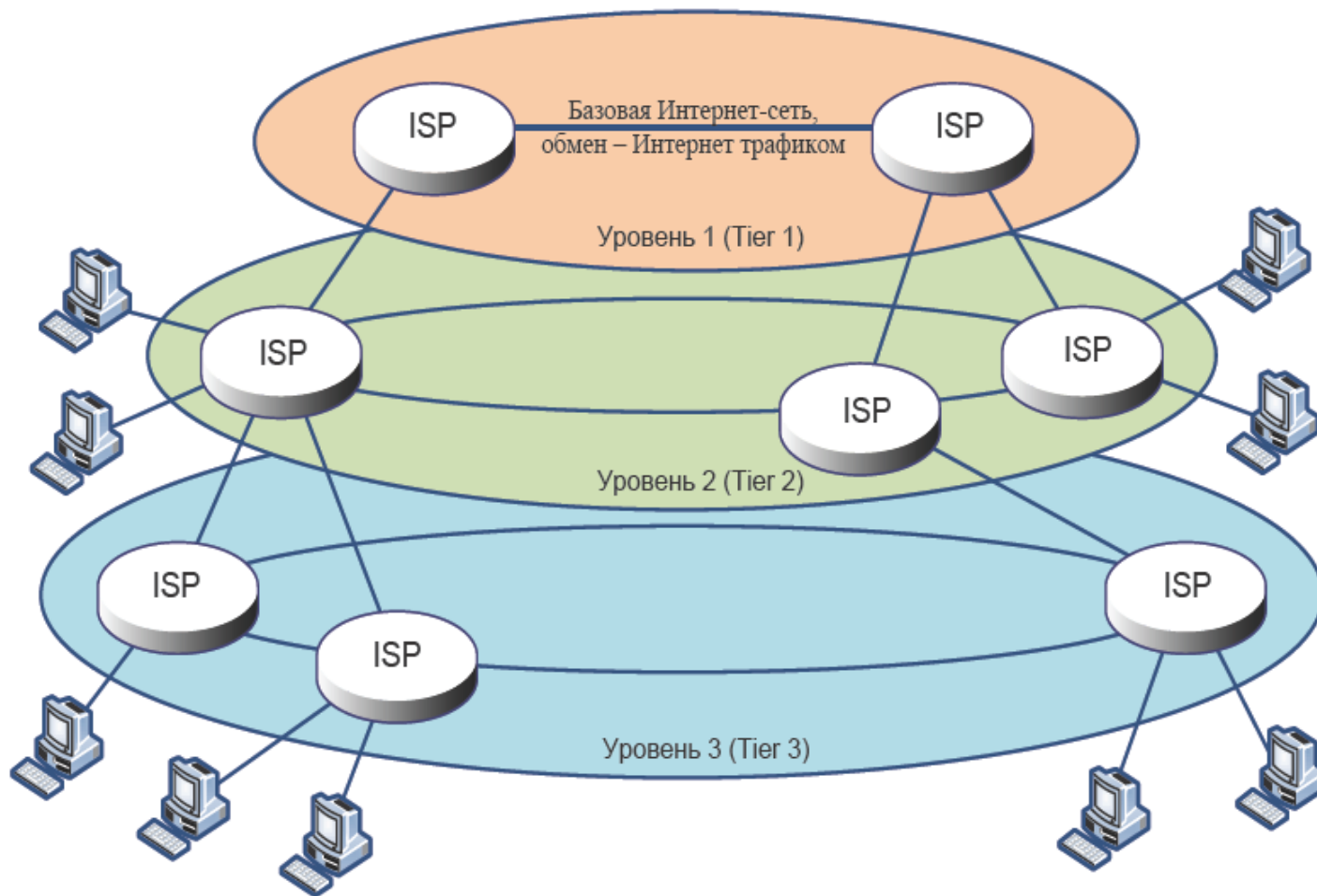


Схема запроса web-страницы



Обозначение	Пояснение
1	Какой IP-адрес для www.example.com ?
2	IP-адрес www.example.com - 192.0.32.10
3	Положение IP-адреса 192.0.32.10 – этот путь
4	Положение IP-адреса 192.0.32.10 – этот путь
5	IP-адрес 192.0.32.10 находится в моей сети

Схема обмена интернет трафиком

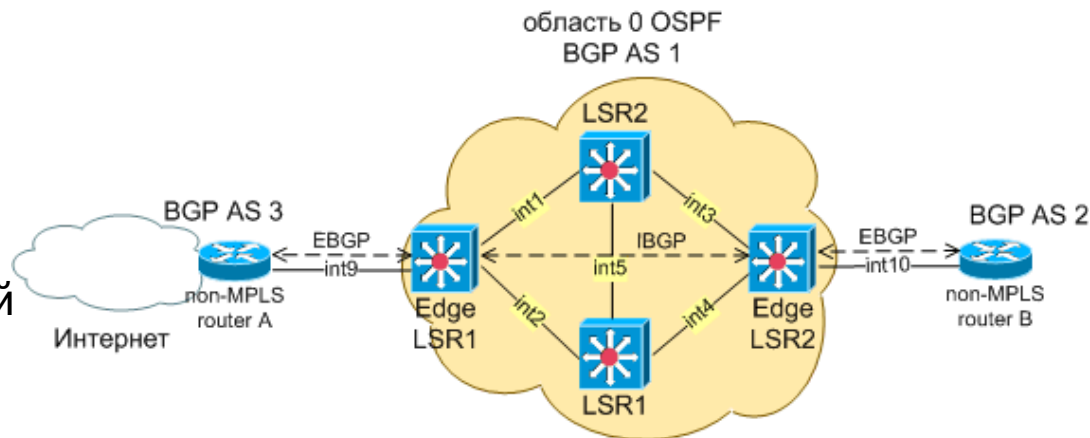


1.2 Основные телекоммуникационные технологии ЕСЭ РФ



Организация сети на технологии MPLS

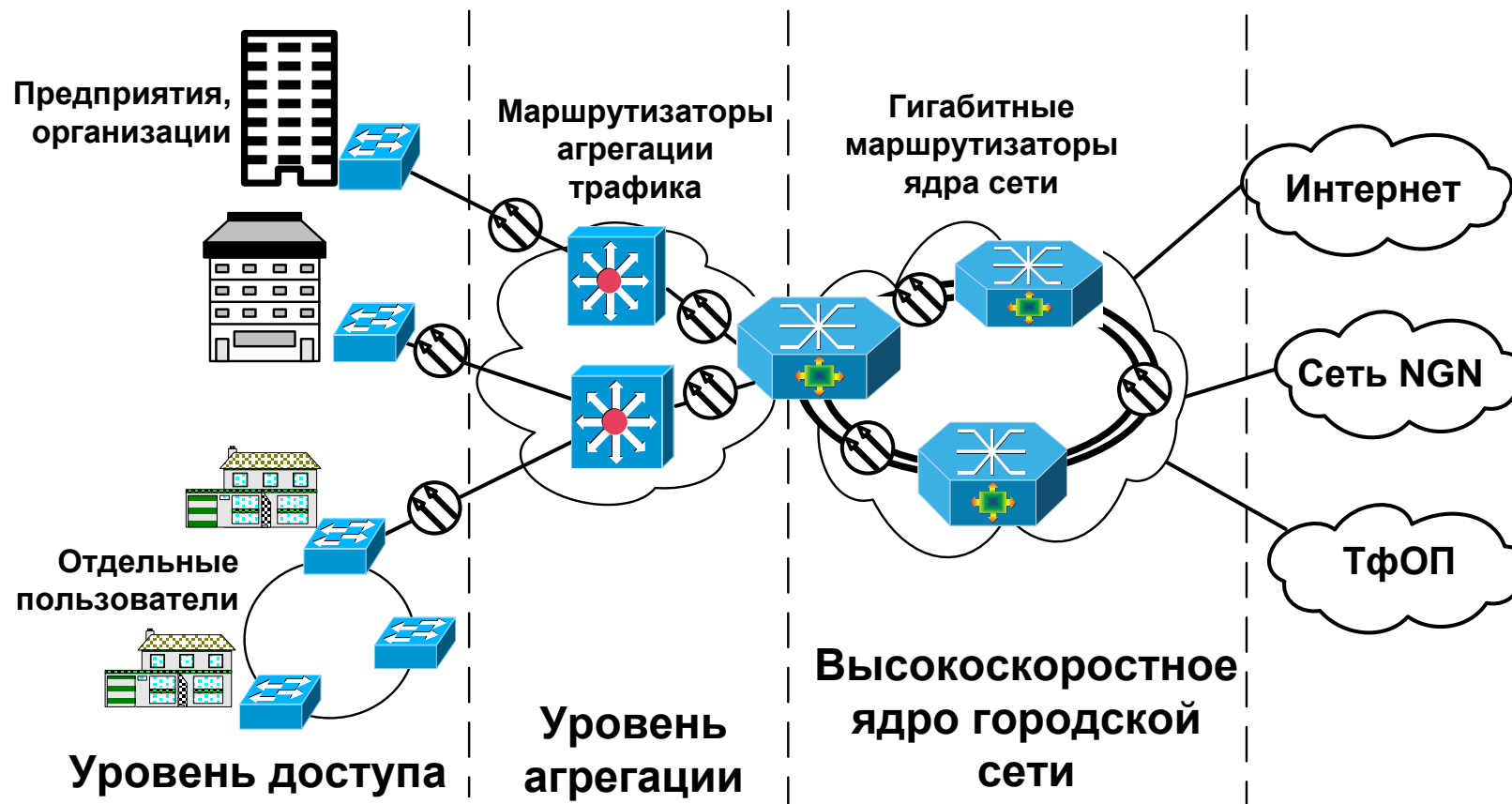
Технология MPLS использует принцип установок и обмена меток для IP-пакетов. Метка – это идентификатор фиксированной длины, который определяет класс сетевого уровня FEC (Forwarding Equivalence Class).



По значению метки IP-пакета определяется его принадлежность к определенному классу на каждом из участков маршрута передачи. Значение метки уникально лишь для участка пути между соседними узлами сети MPLS - маршрутизаторами, коммутирующими по меткам LSR (Label Switching Router). LSR получает информацию о сети и затем начинает взаимодействовать с соседними маршрутизаторами, распределяя метки, которые в дальнейшем будут применяться для коммутации. Обмен метками может производиться с помощью как специального протокола распределения меток LDP (Label Distribution Protocol), так и модифицированных версий других протоколов сигнализации.

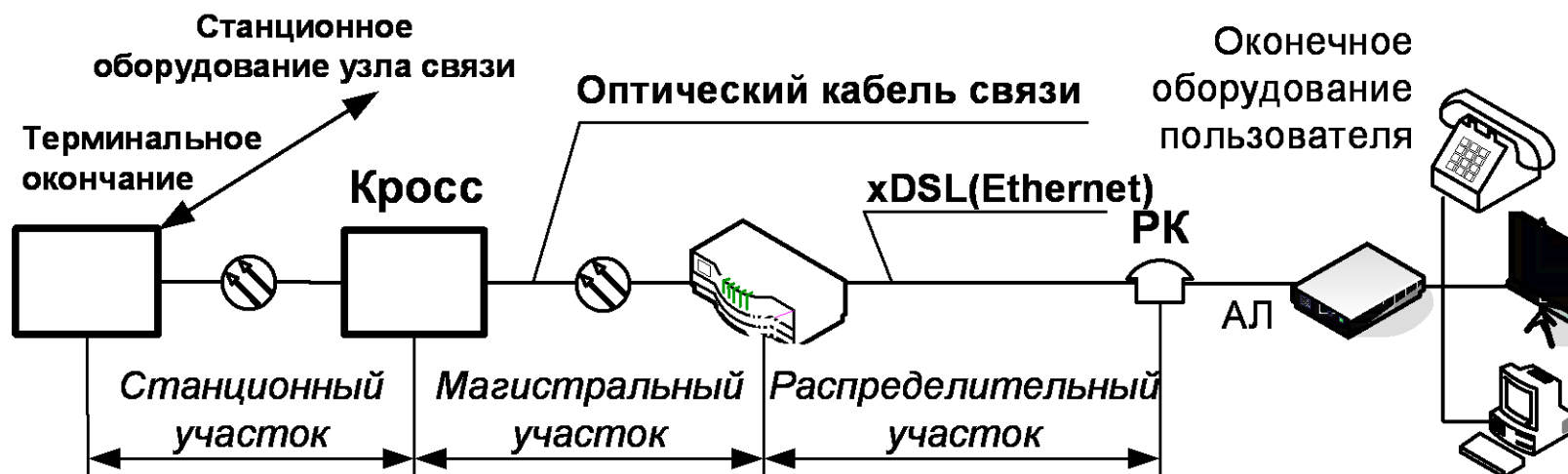
Распределение меток между LSR приводит к установлению внутри домена MPLS путей с коммутацией по меткам (Label Switching Path, LSP), чтобы гарантировать кратчайший путь или требуемую полосу пропускания.

Организация MAN с использованием технологии Ethernet



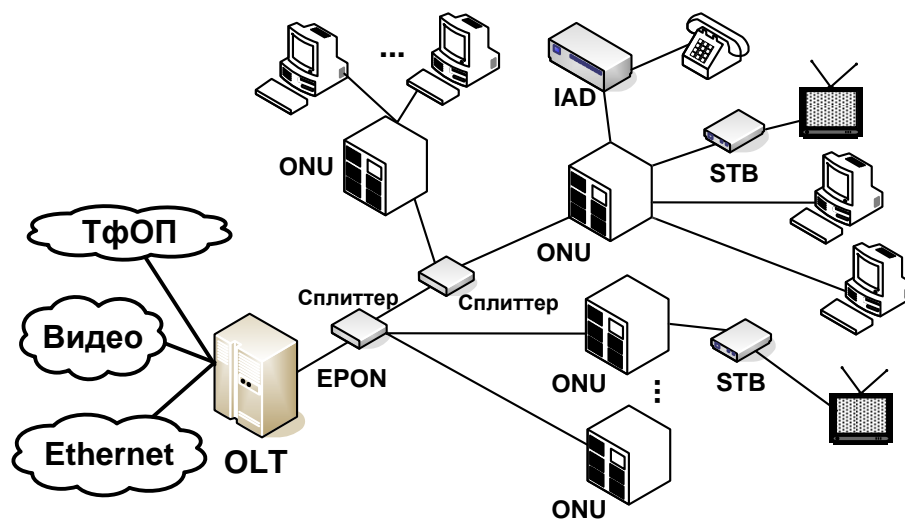


Технология	Среда передачи	Скорость передачи	Максимальное расстояние
Ethernet Fast Ethernet Gigabit Ethernet	Оптическое волокно, медная витая пара (кат.5,6,7)	От 10 Мбит/с до 1000 Мбит/с	100 м (медь); до 2 км (многомодовое волокно); до 150 км (одномодовое волокно)
HDSL(высокоскоростная цифровая абонентская линия)	Медная витая пара	2 Мбит/с, симметричная передача	До 5–8 км в зависимости от диаметра медной жилы
ADSL (асимметричная цифровая абонентская линия)	Медная витая пара	1 Мбит/с от абонента и 7 Мбит/с к абоненту, асимметричная передача	До 5–8 км в зависимости от диаметра медной жилы
PON (пассивная оптическая линия)	Волокно	10 Мбит/с для данных, 2 Мбит/с для телефонии	До 20 км
WiFi (версия IEEE 802.11a/b)	Радиоэфир	До 11....54 Мбит/с	От 50 до 100 м
WiFi (версия IEEE 802.11n)	Радиоэфир	До 600 Мбит/с	От 30 до 80 м
WiMAX (версия IEEE 802.16-2005)	Радиоэфир	До 70 Мбит/с	До 3–5 км – городская застройка, до 50 км – открытая местность



- Технология «оптический кабель до точки X», FTTx (Fiber To The x) предусматривает доведение кабеля с оптическими волокнами до некоторой точки «х», после которой информация передается с использованием другой среды распространения сигналов.

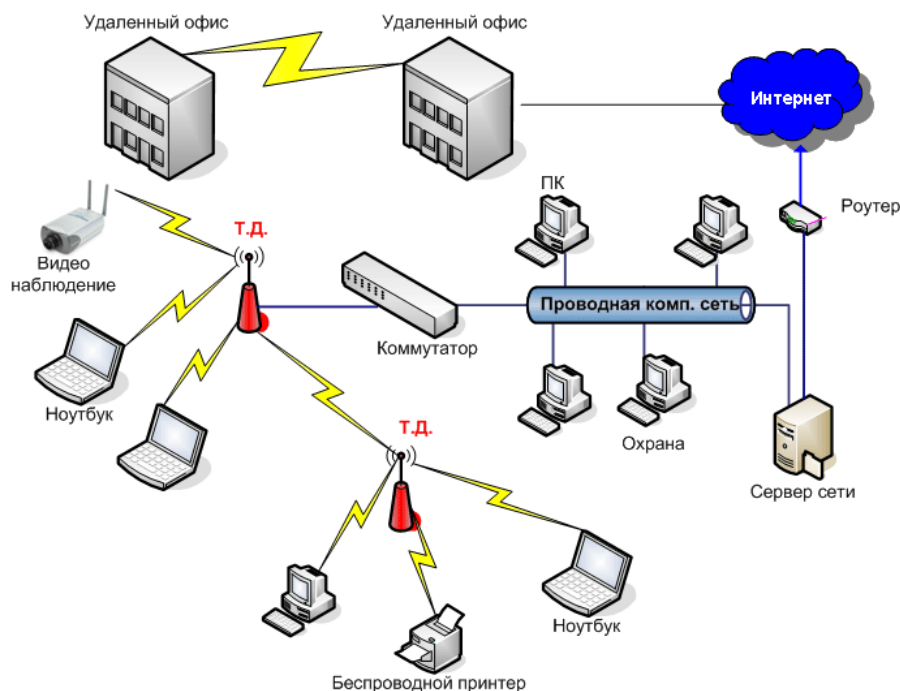
- На рис. показано построение широкополосной сети доступа на базе оптических кабелей, по крайней мере, на магистральном участке распределительной сети FTTC (C, curb) оптическое волокно доведено либо до распределительного шкафа либо до маршрутизатора/коммутатора сети Ethernet.



Пассивные оптические сети PON

предназначены для передачи оптического сигнала без усиления с помощью мультиплексирования по длине волны. Сеть PON с древовидной структурой охватывает приемо–передающий модуль в устройстве оптического терминала OLT (Optical Line Terminal) и пользовательское оптическое сетевое устройство, ONU (Optical Network Unit).

- Сеть используется для предоставления услуг Triple-Play: телефонная связь, передача данных и телевидение, переносит данные пользователя, инкапсулированные в Ethernet-кадры (стандарт IEEE 802.3).
- В направлении нисходящего потока (downstream) от OLT к ONU на длине волны 1490 нм (для телевидения – 1550 нм) идет широкоэвещательная передача. В направлении восходящего потока (upstream) от ONU к OLT кадры передаются точно к OLT на длине волны 1310 нм из за свойств направленности пассивного оптического разветвителя (сплиттера).
- Технологии PON допускают динамическое распределение полосы пропускания, DBA (Dynamic Bandwidth Allocation) между различными приложениями и ONT.
- Устройство OLT PON поддерживает интерфейсы транспортной сети SDH (STM-1), ATM (STM-1/4), Fast Ethernet, Gigabit Ethernet и интерфейсы сети доступа E1 (G.703), Ethernet 10/100Base-TX, телефонный интерфейс (FXS).



Технология «беспроводной свободы» WiFi (Wireless Fidelity) определяется стандартом IEEE 802.11, который описывает физический уровень и канальный (MAC) уровень.

На физическом уровне существует несколько вариантов спецификаций IEEE 802.11.

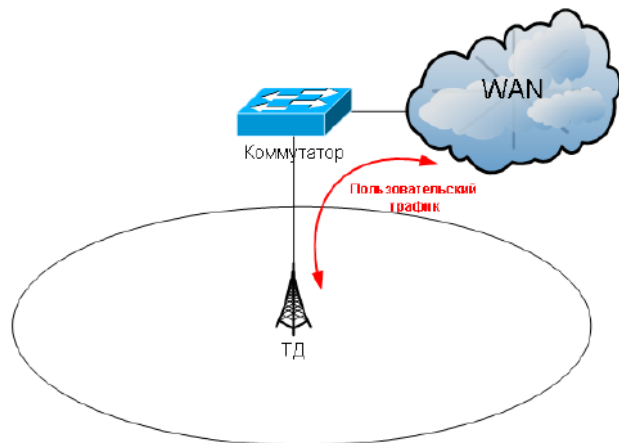
2019 год: IEEE 802.11ax или WiFi-6 использует диапазон частот **2,4 ГГц, 5 ГГц** с расширением до **7 ГГц**, макс. скорость передачи до 11 Гбит/с, метод кодирования OFDMA, антенны MIMO.

IEEE 802.11ac или WiFi-5 использует диапазон частот **2,4 ГГц 5,5-5,8 ГГц**, макс. скорость передачи до 7 Гбит/с, метод кодирования OFDM, антенны MIMO.

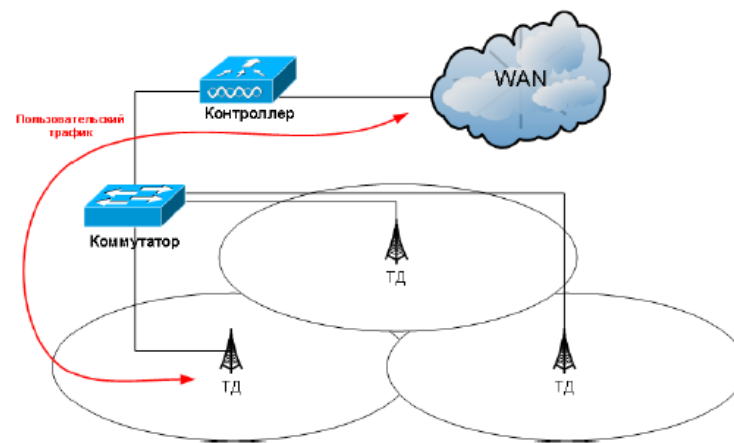
IEEE 802.11ad (WigSig) использует диапазон частот **57 – 66 ГГц**, макс. скорость передачи до 7 Гбит/с, метод кодирования SC/OFDM, расстояние до 10 м.

IEEE 802.11n или WiFi4 со скоростью передачи данных до 600 Мбит/с. в диапазонах 2,4—2,5 или 5,0 ГГц

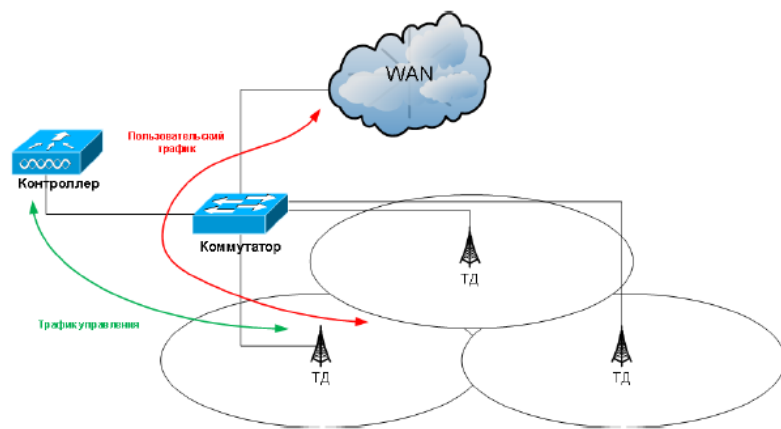
IEEE 802.11g работает в диапазоне частот 2,4 ГГц, скорость передачи до 54 Мбит/с, метод кодирования OFDM.



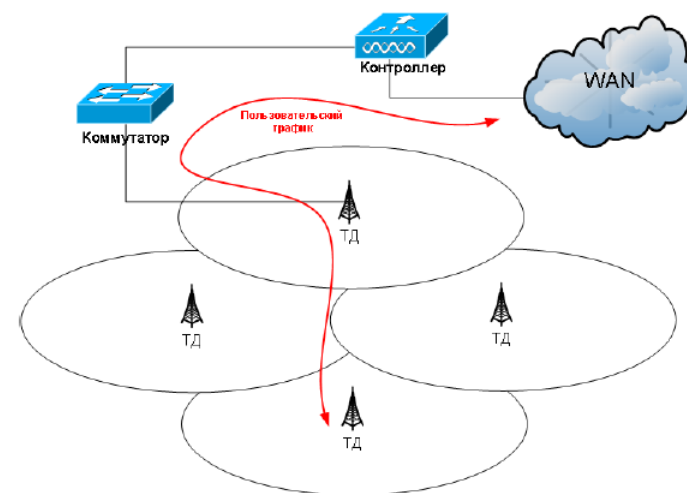
Автономная точка доступа



Централизованная схема с контроллером



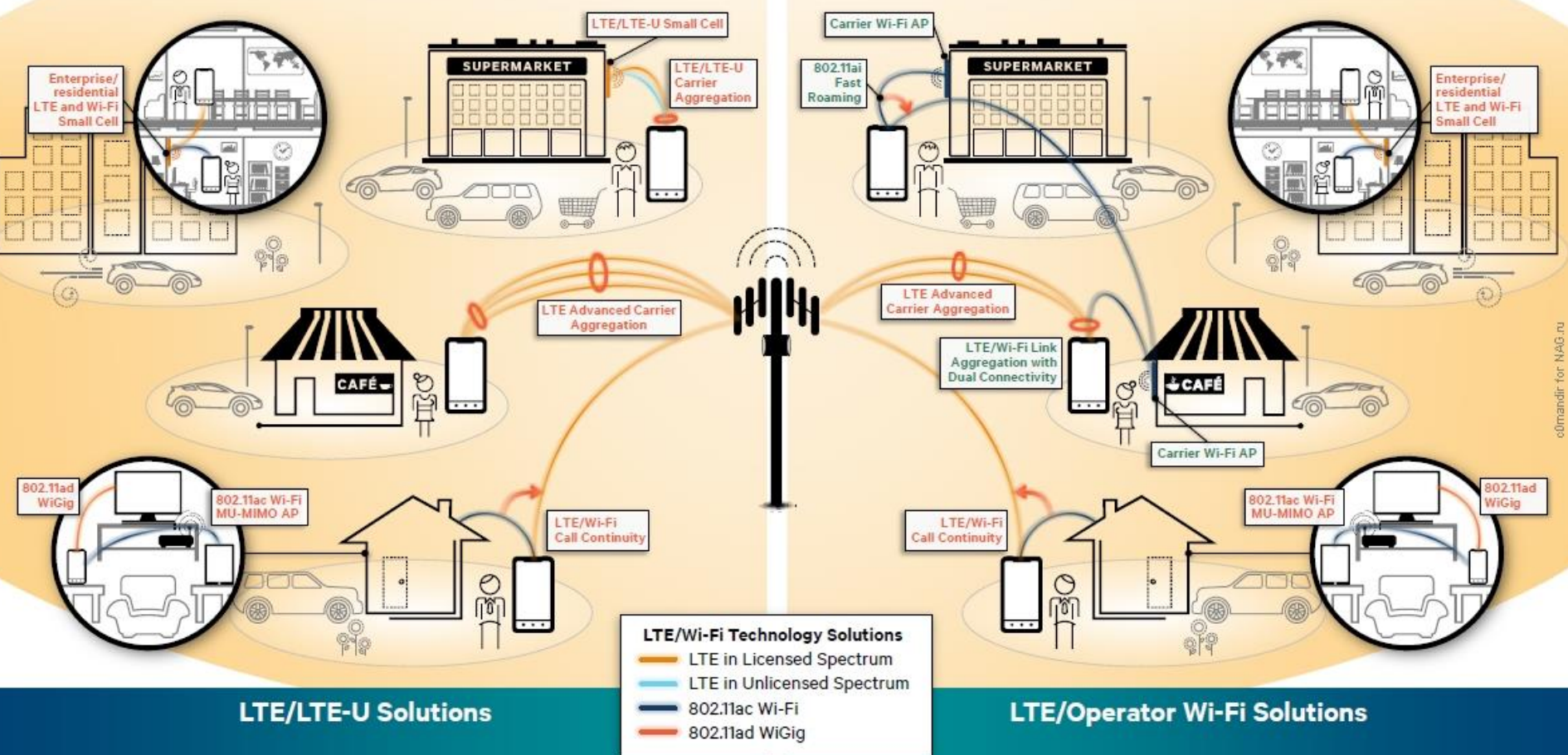
Централизованная коммутация трафика
с контроллером



Mesh-сеть с контроллером



Deployment Scenarios for Licensed and Unlicensed Access



Источник: Презентация "Making best use of unlicensed spectrum for 1000x", Qualcomm Technologies, Feb. 2015



1. Глобальная информационная инфраструктура обеспечивает каждому гражданину доступ к глобальным информационным ресурсам
2. Единая сеть электросвязи включает ряд подсистем, каждая из которых обеспечивает исполнение определенных функций системы связи.
3. Транспортные сети осуществляют перенос сигнала электросвязи между сетями доступа. Сети доступа осуществляют подключение к транспортным сетям.
4. Для предоставления услуг телефонной связи используется система нумерации с многозначным номером абонента.
5. Сети связи имеют иерархическую структуру, т.е. различают главные узлы связи и узлы связи второго, третьего уровня. Основная тенденция состоит в уменьшении количества уровней и переход к децентрализованной инфраструктуре.