

Раздел 1. Теория и принципы построения единой сети электросвязи РФ

Лектор :

доцент кафедры АЭС ПГУТИ,

к.т.н. Гребешков А.Ю.

Самара
2017 год

1.1 Принципы организации 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

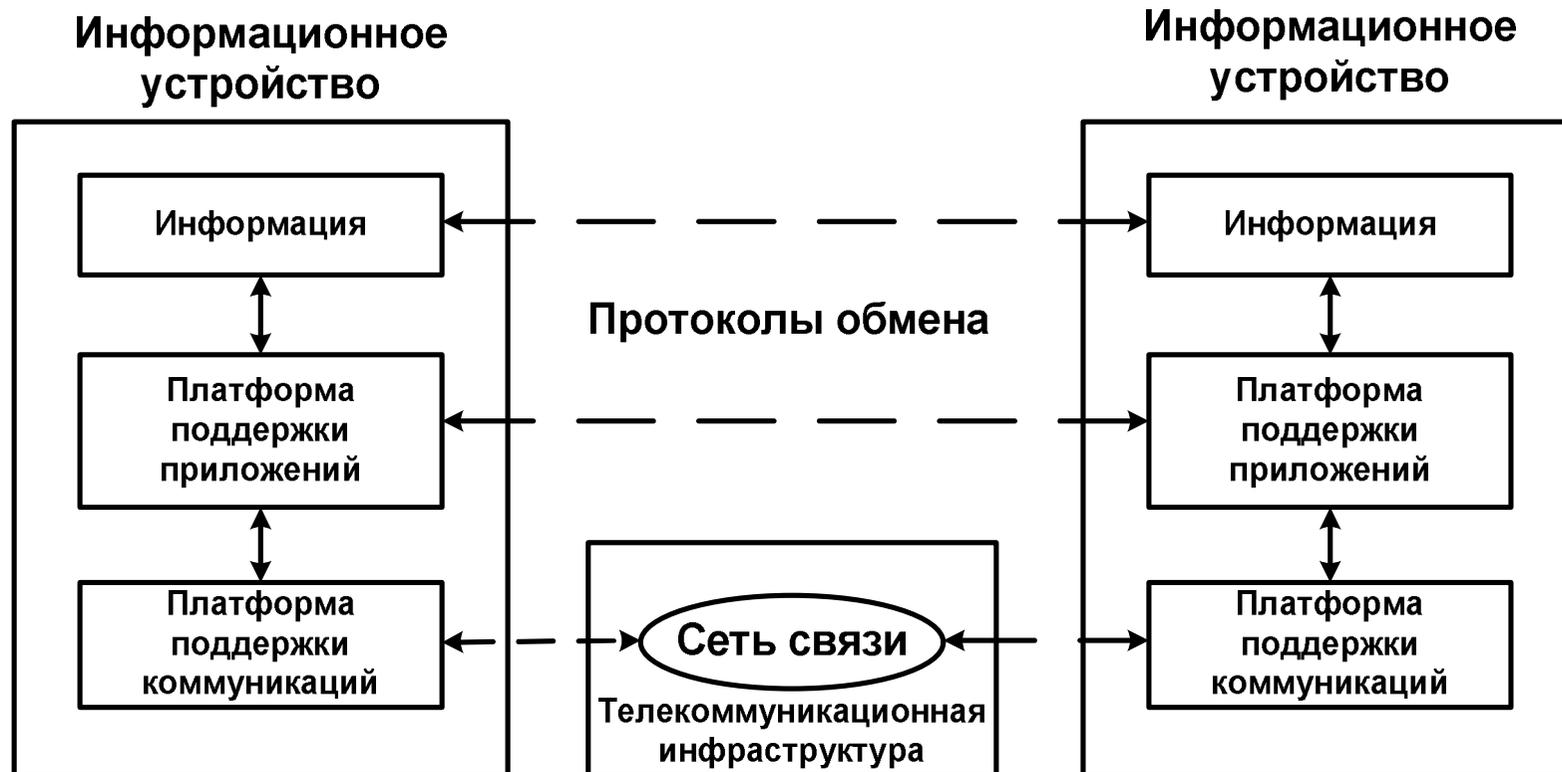
Информационное устройство – это персональный компьютер, планшетный компьютер, телефонный аппарат, телевизионный приёмник, факсимильный аппарат, смартфон

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 базовой системы идентификации абонентов ЕСЭ РФ

Национальный междугородный телефонный номер **ABC abxxxxx**, 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 **αβγ ABCαβxxxxxx** где **αβγ** – международный одно-, двух- или трехзначный код страны назначения.

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

Этапы перехода к новой системе идентификации

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».

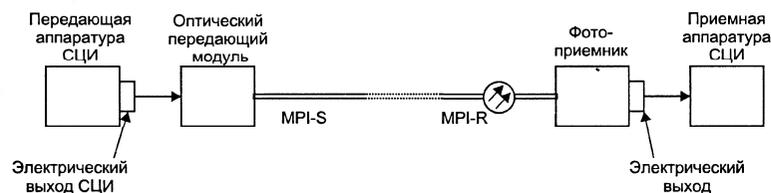
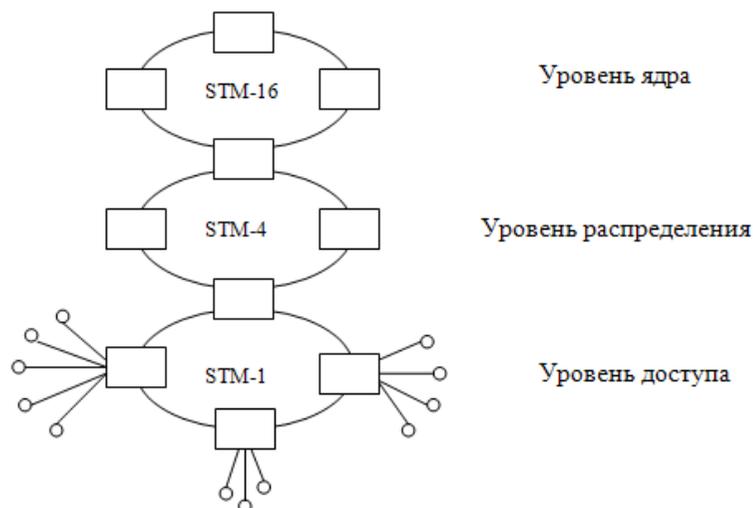
Второй этап (основной) – окончательно вводятся префиксы «0» и «00», междугородные коды ABC, которые начинались с «0» будут заменены на коды из резервной группы («0BC», «4BC»); окончательно будет осуществлён переходе к единой нумерации спецслужб, которые начинаются с «1», в частности, планируется повсеместно 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.

Сеть первичная – совокупность типовых физических цепей, типовых каналов передачи и сетевых трактов, образованных на базе сетевых узлов, сетевых станций, оконечных устройств первичной сети и соединяющих их линий передачи.

Сеть вторичная – совокупность линий и каналов вторичной сети, образованных на базе первичной сети, станций и узлов коммутации или станций и узлов переключений, предназначенная для организации связи между двумя или более определёнными точками. Границами вторичной сети являются стыки этой сети с абонентским оконечными устройствами.

Принципы построения первичной сети связи ЕСЭ РФ (обзор)



Тракт передачи СЦИ

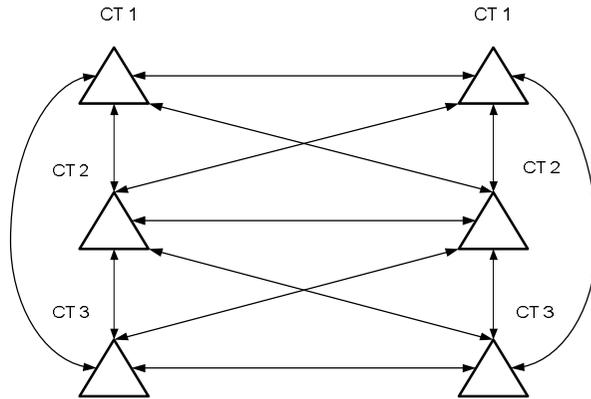
Синхронная цифровая иерархия, СЦИ или SDH – интегрированная транспортная сеть телекоммуникаций, основанная на волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), позволяющая передавать все виды трафика.

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 ($n = 1, 4, 16, 64, 256$).

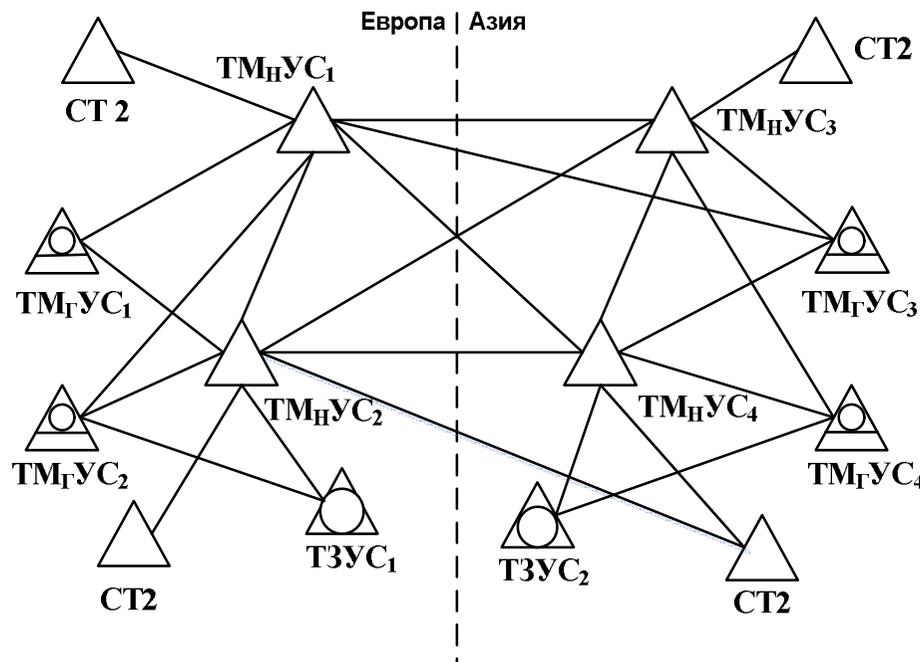
STM-1 со скоростью 155,520 Мбит/с;
STM-4 со скоростью 622,080 Мбит/с;
STM-16 со скоростью 2448,320 Мбит/с;
STM-64 со скоростью 9953,280 Мбит/с;
STM-256 со скоростью 39813,12 Мбит/с.

Принципы построения вторичной сети связи ЕСЭ РФ (обзор)



Международная сеть
телефонной связи

СТ – центр международной
коммутации



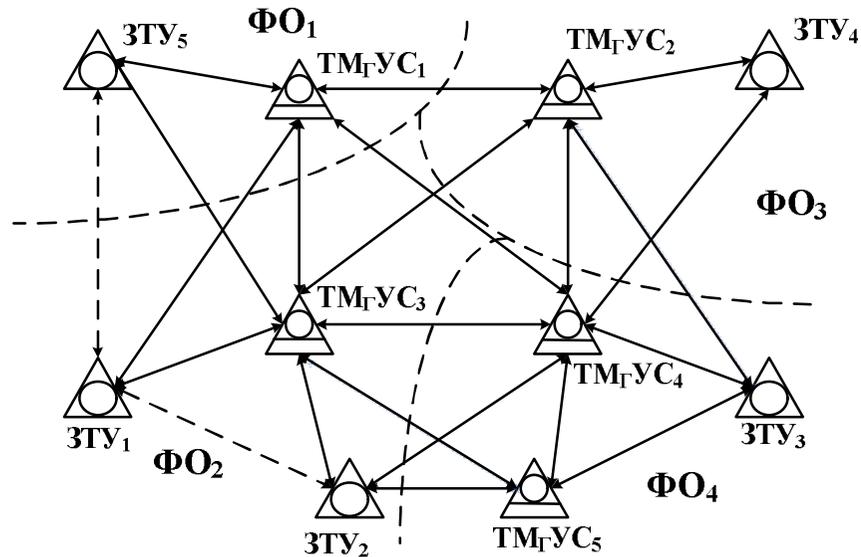
Российский сегмент
международной
телефонной сети связи

ТМнУС – транзитный
международный узел связи

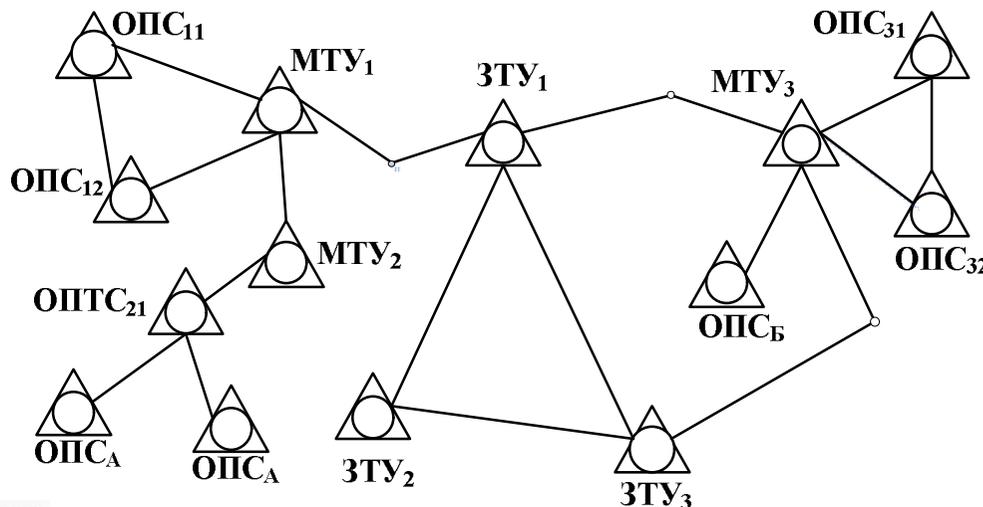
ТЗУС – транзитный зональный
узел связи

ТМгУС – транзитный
междугородный узел связи

Принципы построения вторичной сети связи ЕСЭ РФ (обзор)

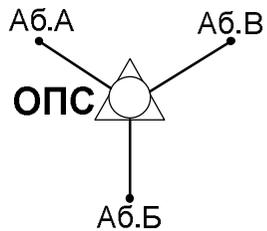


Российская
междугородная
телефонная сеть связи
ЗТУ – зональный транзитный узел
связи
ФО – федеральный округ

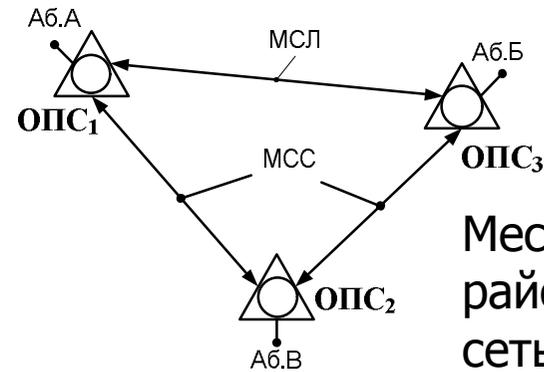


Зональная телефонная
сеть
МТУ – местный транзитный
узел
ОПТС – опорно-транзитная
станция
ОПС – опорная станция

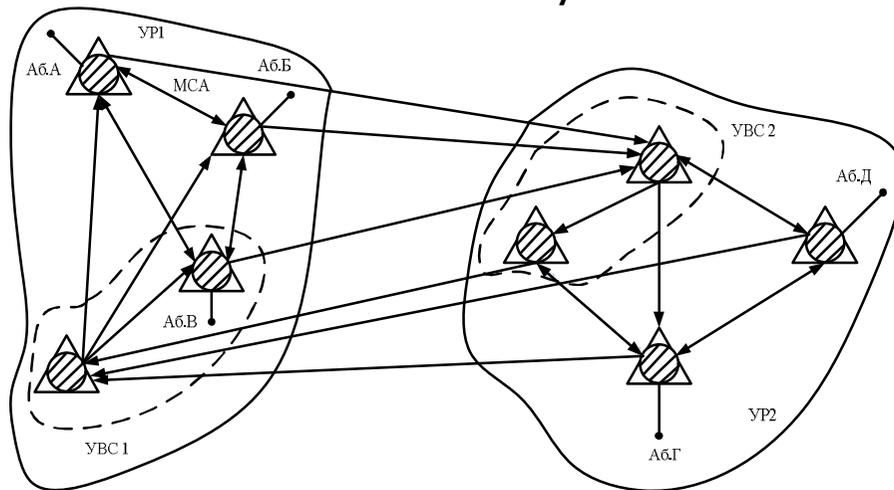
Принципы построения вторичной сети связи ЕСЭ РФ (обзор)



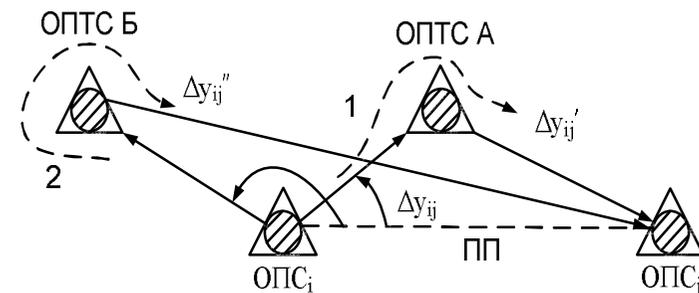
Местная
нерайонированная
сеть без узлов



Местная
районированная
сеть без узлов



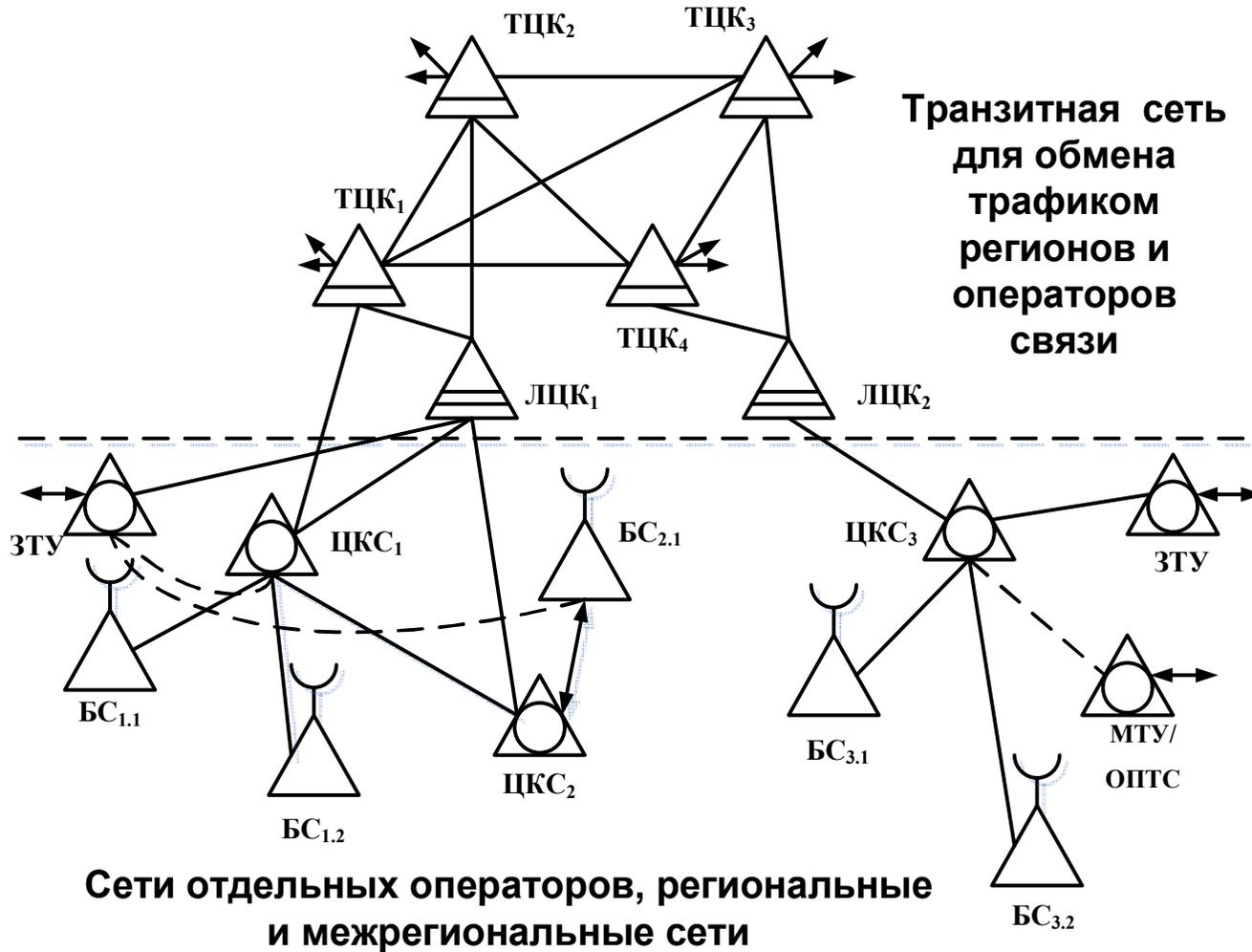
Местная районированная сеть с
узлами входящих сообщений



Сеть с обходными
направлениями связи



Построение вторичной сети радиотелефонной сети подвижной 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.



Стандарты радиотелефонной сети ПОДВИЖНОЙ СВЯЗИ

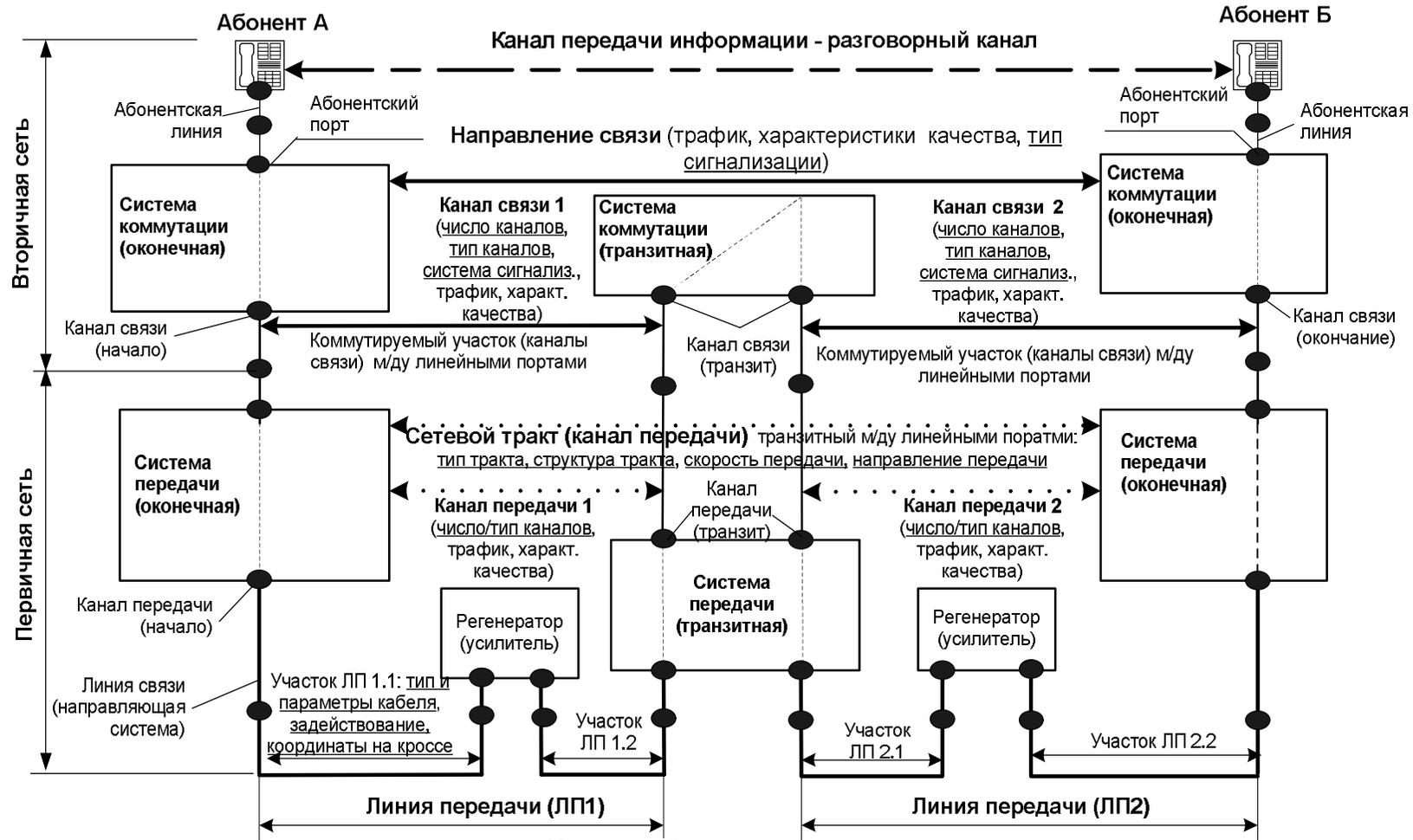
Поколение	Первые реализации	Типичные стандарты	Основные характеристики
1G	1984	AMPS, NMT	Аналоговые технологии, телефония
2G	1991	GSM, CDMA	Цифровые технологии, телефония, служба коротких сообщений, передача данных в режиме CS
2,5G	1999	GSM + GPRS	Передача данных в режиме PS
3G	2002	WCDMA, UMTS	Передача 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

Д.А. Федотов (с)





Организация канала связи сети с коммутацией каналов (пример)



Условные обозначения :

число каналов проектные или постоянные параметры учёта

трафик динамические/эксплуатационные характеристики

..... внутростанционный цифровой/аналоговый тракт

● порты, постоянные/кроссовые соединения

↔ направление связи или коммутируемые каналы связи

← . . . → направление передачи, тракты/каналы передачи

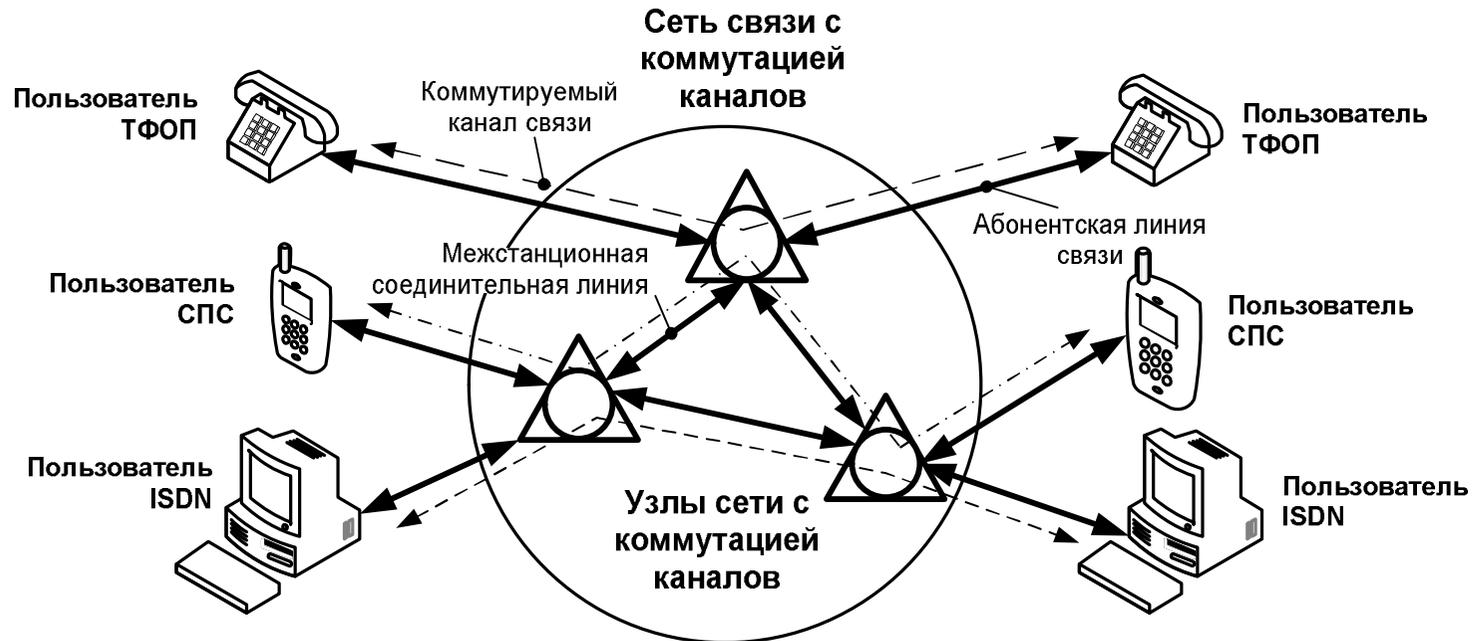
══ кабельные соединения

⇔ информационный канал

1.2 Основные телекоммуникационные технологии ЕСЭ РФ



Принципы организации коммутации каналов



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 и недостатки коммутации каналов

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

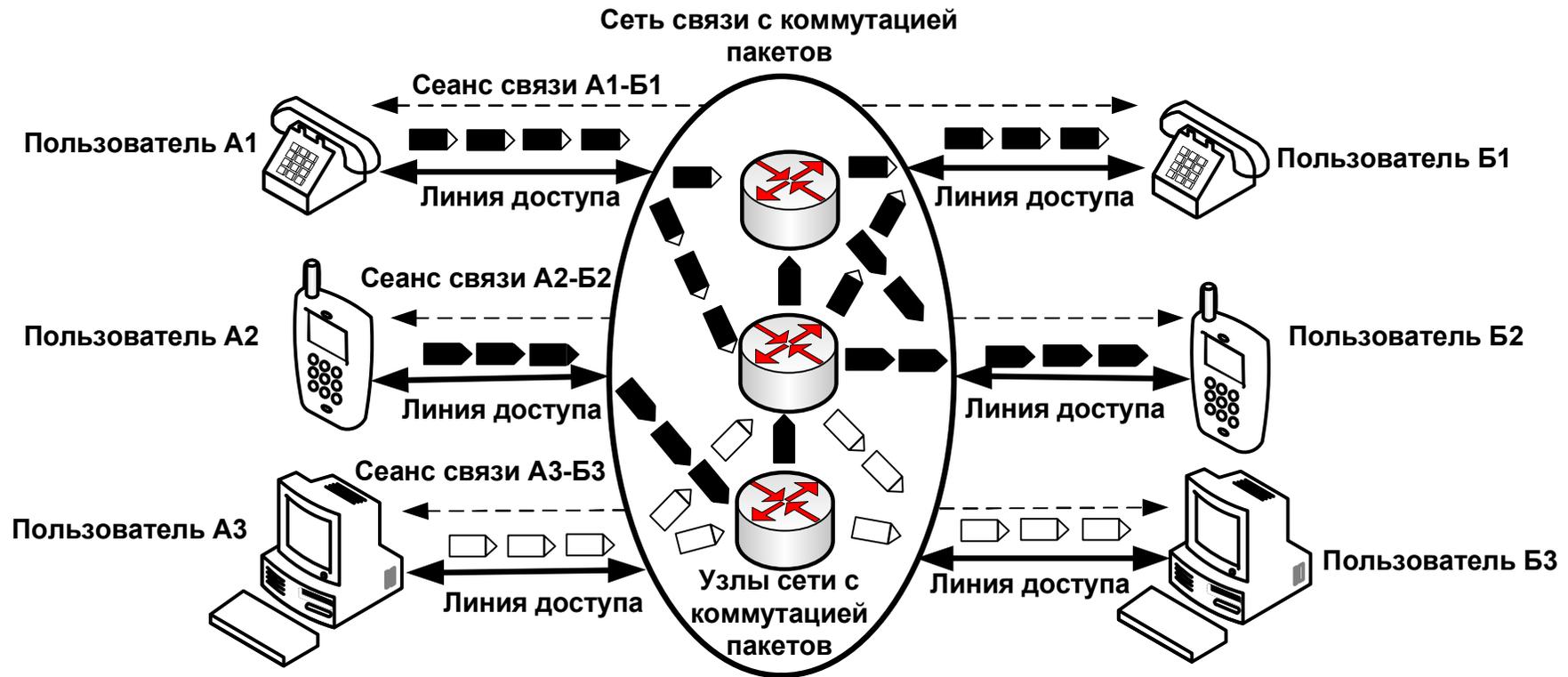
Коммутация пакетов – определения

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

Схема организации коммутации пакетов



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 и недостатки коммутации пакетов

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 транспортная и сеть доступа – современное состояние

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).

Обобщенная структура современной сети связи



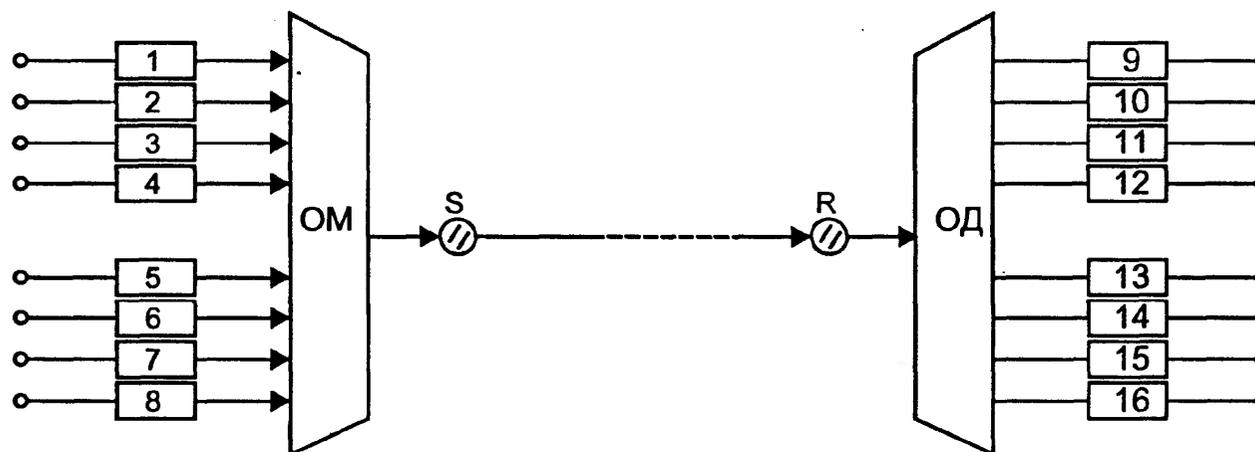
Организация транспортной сети на технологии DWDM

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.

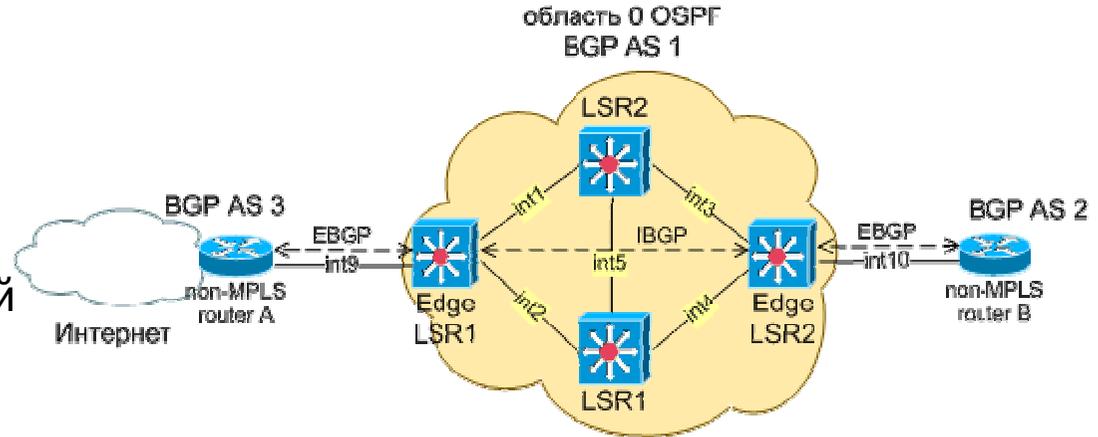
Многоволновые системы передачи работают в диапазоне длин волн 1530-1565 нм (3-е окно прозрачности).





организация транспортной сети на технологии MPLS

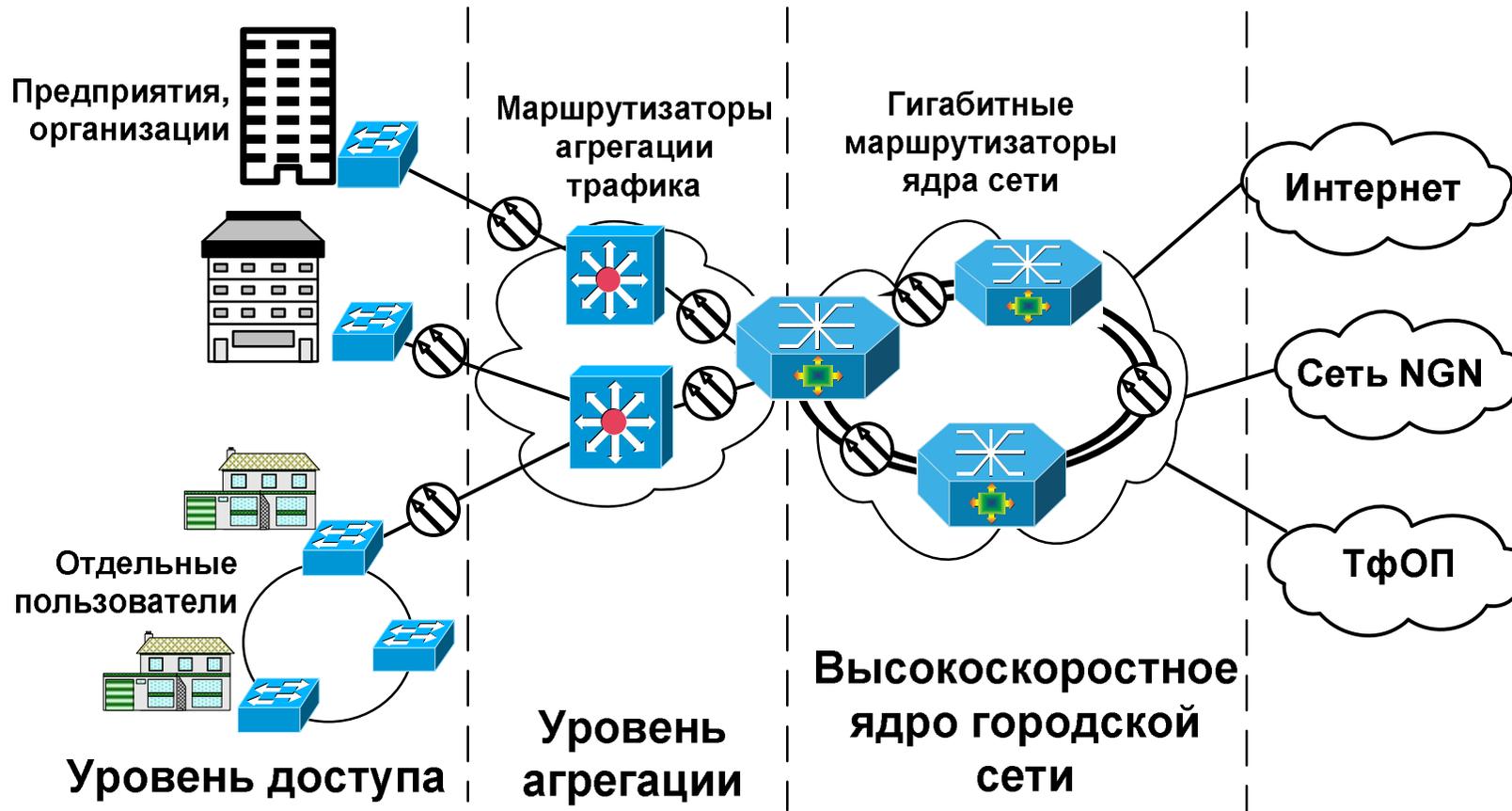
Технология MPLS использует принцип установок и обмена меток для IP-пакетов. Метка – это идентификатор фиксированной длины, который определяет класс сетевого уровня FEC (Forwarding Equivalence Class).



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.

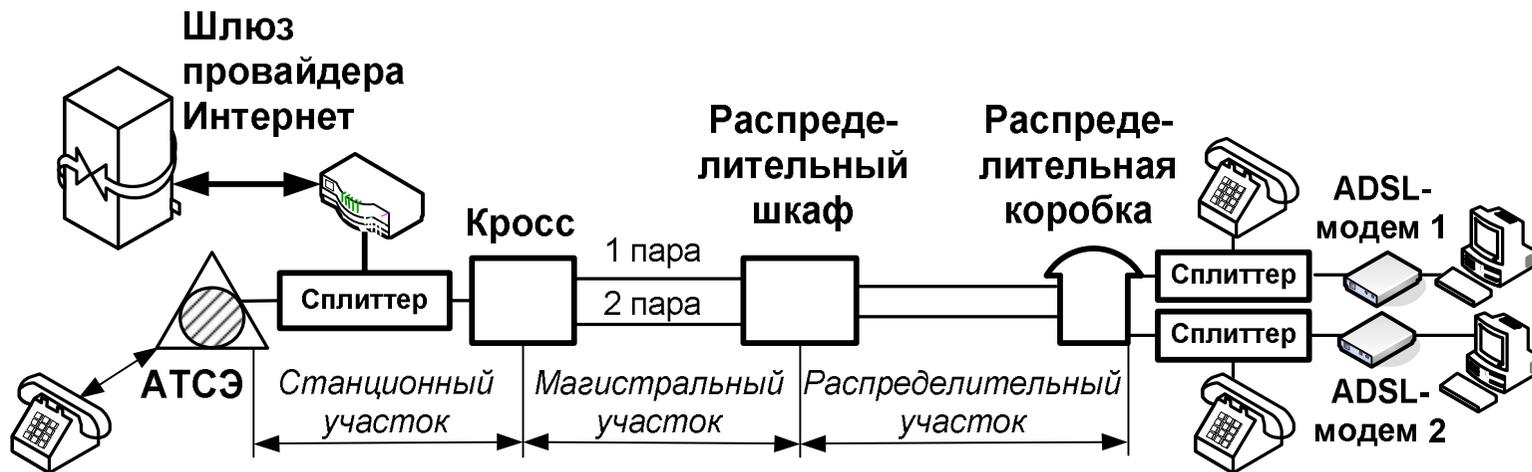
Распределение меток между LSR приводит к установлению внутри домена MPLS путей с коммутацией по меткам (Label Switching Path, LSP), чтобы гарантировать кратчайший путь или требуемую полосу пропускания.

Организация MAN с использованием технологии Ethernet

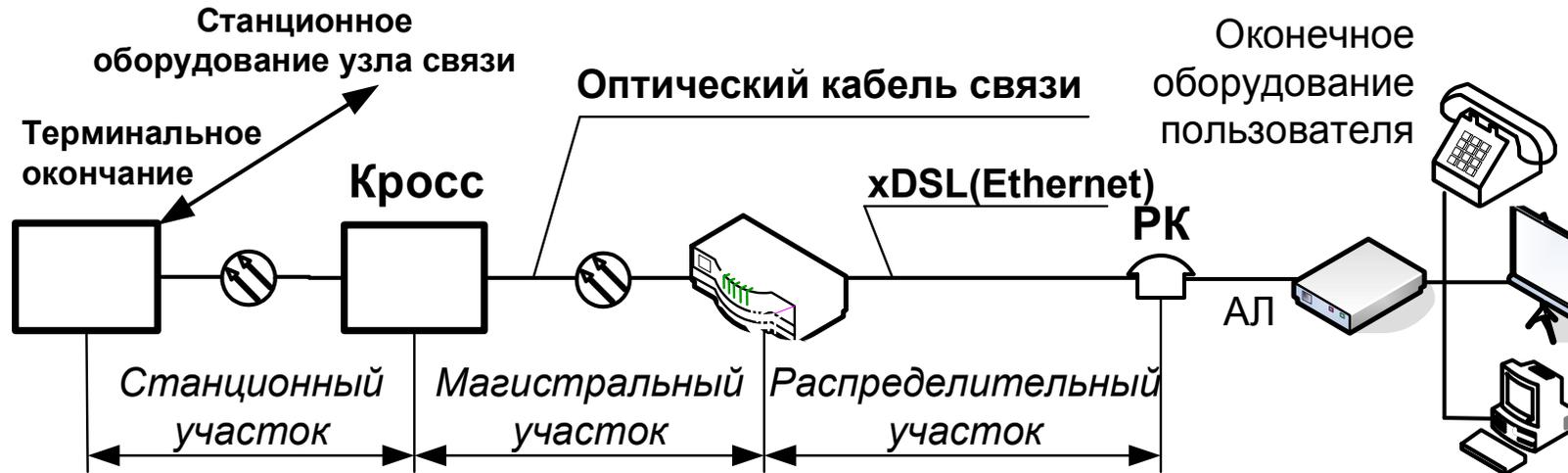


Технологии сетей доступа

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

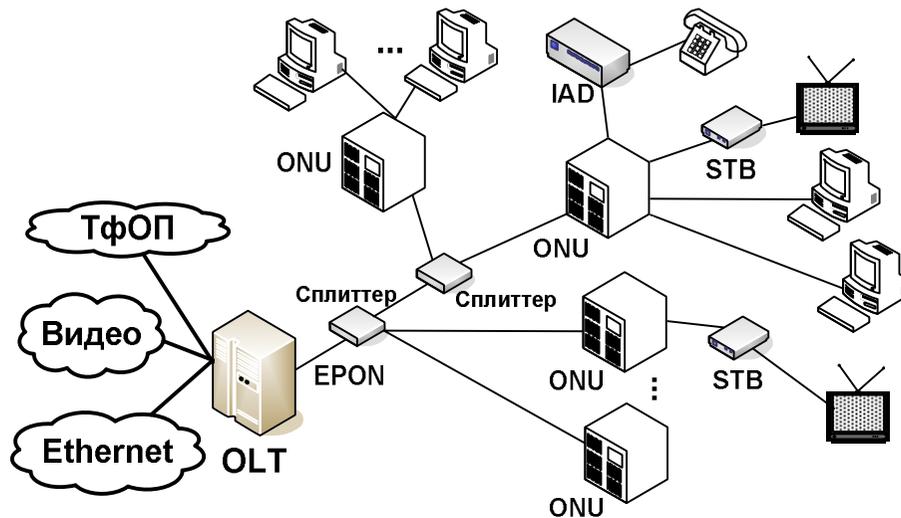


- Для организации DSL применяется модем, который позволяет модулировать аналоговый сигнал и передавать с его помощью нули и единицы цифровой информации.
- Для DSL характерна разница в скоростях передачи «нисходящего», downstream потока (от сети к пользователю) и «восходящего», upstream (от пользователя в сеть) потока данных. Это объясняется разницей в объеме запроса от клиента к серверу (восходящий поток) и ответа сервера (нисходящий поток).



- Технология «оптический кабель до точки X», FTTx (Fiber To The x) предусматривает доведение кабеля с оптическими волокнами до некоторой точки «x», 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

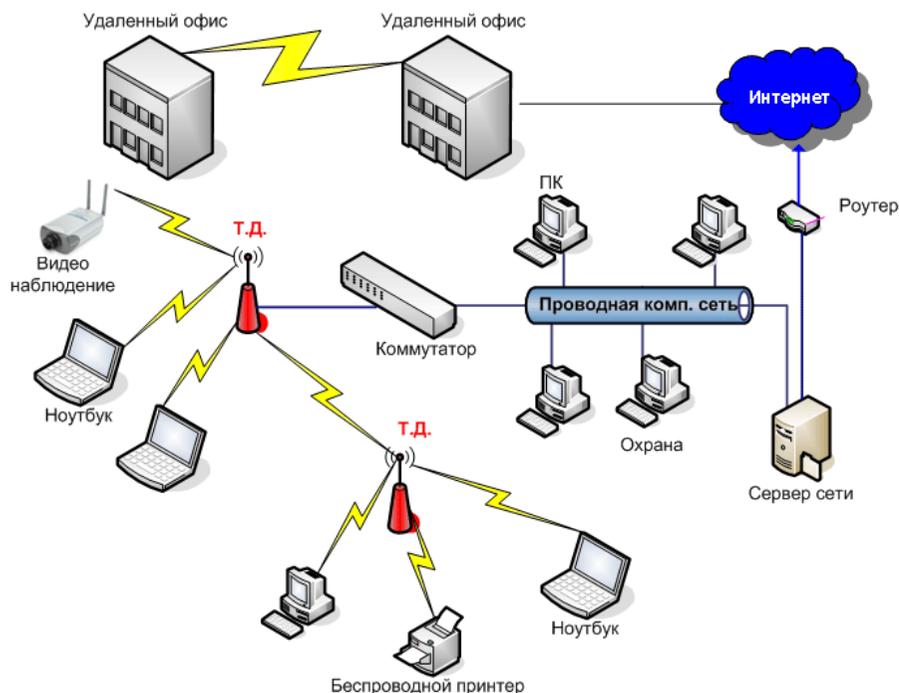


Пассивные оптические сети PON

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 широкоэмиттерная 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).

Беспроводные сети WiFi



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 которые отличаются диапазоном частот, методом кодирования, скоростью передачи данных.

IEEE 802.11a использует диапазон частот 5 ГГц, скорость передачи от 6 до 54 Мбит/с, метод кодирования OFDM.

IEEE 802.11b использует диапазон частот 2,4 ГГц, скорость передачи до 11 Мбит/с, метод кодирования модернизированный DSSS.

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

В 2009 г. утвержден стандарт IEEE 802.11n со скоростью передачи данных до 600 Мбит/с. в диапазонах 2,4—2,5 или 5,0 ГГц.

Заключение по лекции 1

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. Первичные сети связи осуществляют перенос сигнала электросвязи с нормализованной скоростью. Вторичные сети связи осуществляют предоставление видов электросвязи и телесервисов.
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. Имеет место тенденция к уменьшению количества уровней

Раздел 2

Теоретические основы построения сетей NGN, IMS и модели процессов организации сеансов связи

Лектор :

доцент кафедры АЭС ПГУТИ,

к.т.н. Гребешков А.Ю.

Самара
2017 год

2.1 Теория и принципы построения сети следующего поколения NGN

Сеть следующего поколения ССП или NGN (Next Generation Network) – сеть на базе коммутации пакетов, которая способна предоставлять услуги электросвязи, в том числе широкополосные инфокоммуникационные услуги, обеспечивая при этом требуемое качество обслуживания, и в которой функции услуг и приложений отделены от функций переноса сигнала электросвязи (функции сети).

К особенностям сетей NGN относятся:

- наличие клиентской (пользовательской) и серверной части, а также управление всеми ресурсами, включая клиентские;
- поддержка разнообразных протоколов и многосвязное взаимодействие (в отличие от наиболее распространенного сейчас взаимодействия «точка-точка»);
- возможность использования сложной многоуровневой адресации;
- выполнение требований к мобильности и гарантиям качества услуг;
- многообразие схем идентификации пользователей, которые могут быть обеспечены при помощи IP-адресации при маршрутизации в IP-сетях;
- конвергенция услуг мобильных и фиксированных сетей связи.

Преимущества сети NGN для оператора связи и пользователя

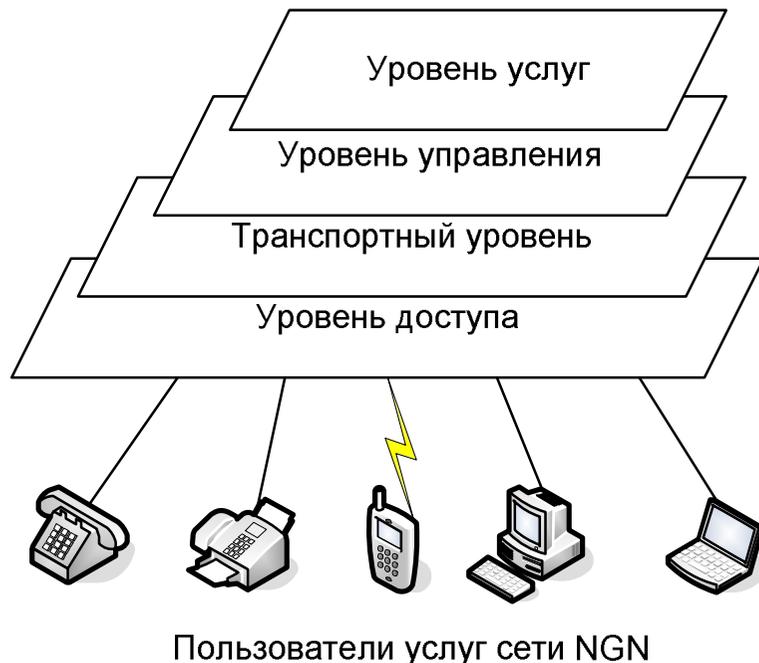
Преимущества для оператора :

- построение одной универсальной сети для оказания различных услуг;
- повышение среднего дохода с абонента за счет оказания дополнительных мультимедийных услуг;
- оптимальное распределение полосы пропускания для интеграции различных видов трафика;
- быстрое внедрение новых услуг и приложений с различным требованием к объему передаваемой информации и качеству ее передачи.

Преимущества для пользователя:

- абстрагирование от технологий реализации услуг электросвязи (принцип черного ящика);
- гибкое получение необходимого набора, объема и качества услуг;
- мобильность получения услуг.

Общее описание архитектуры NGN



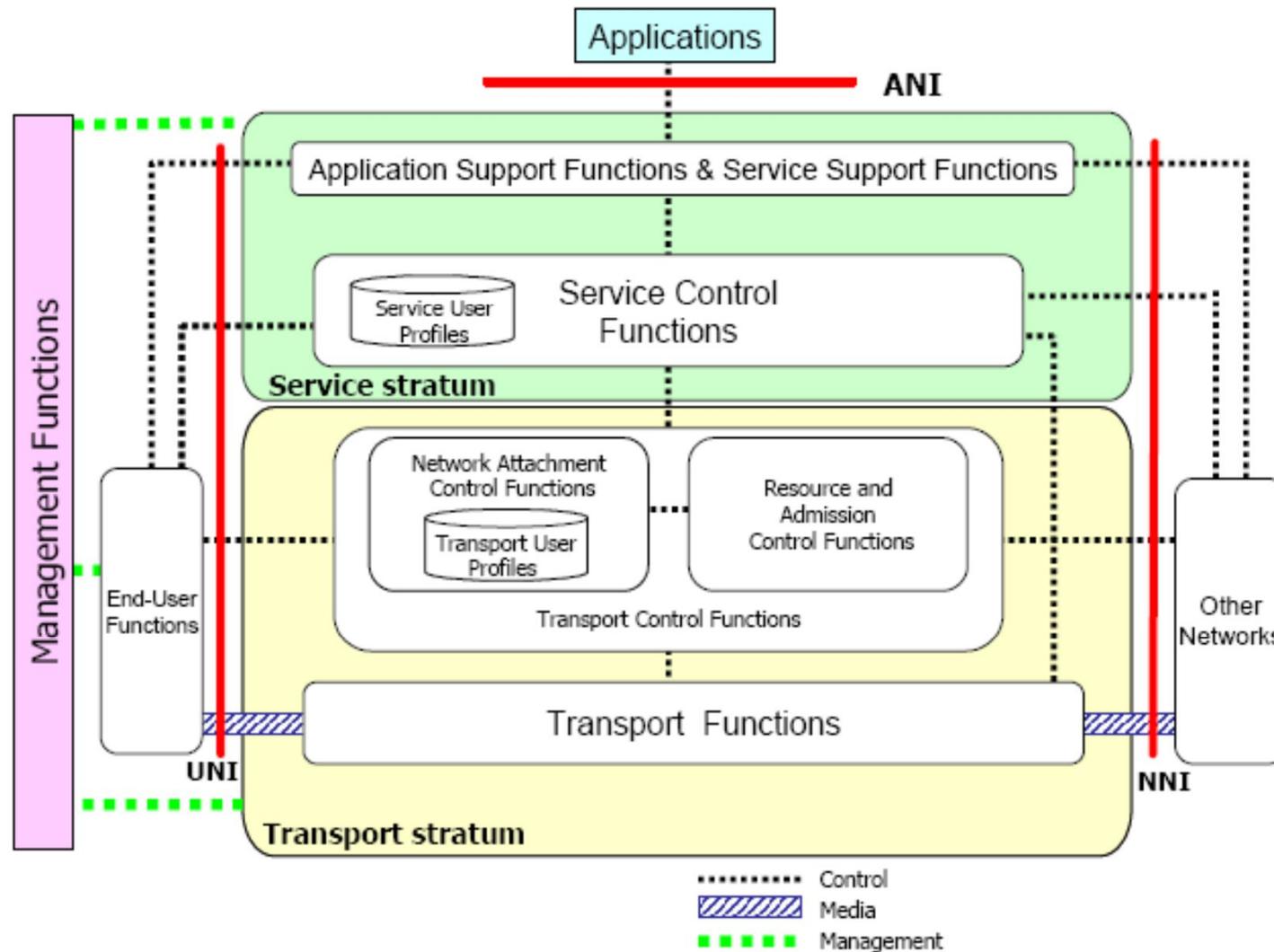
Уровень доступа А (Access), содержащий сеть доступа к транспортной пакетной сети, обеспечивает доступ пользователям к ресурсам сети;

Транспортный уровень Т (transport), включающий транспортную сеть, построенную на базе протоколов пакетной коммутации, представляет собой основной ресурс сети, обеспечивающий передачу информации от пользователя к пользователю

Уровень управления вызовами С(control) – совокупность функций по управлению всеми процессами в телекоммуникационной сети, основанную на применении технологии компьютерной телефонии и Softswitch.

Уровень услуг и эксплуатационного управления S (service) – содержит логику выполнения услуг и/или приложений и управляет этими услугами, имеет открытые интерфейсы для использования сторонними организациями. Здесь сконцентрирована полезная нагрузка сети в виде услуг по доступу пользователей к информации.

Функциональная архитектура NGN по МСЭ-Т

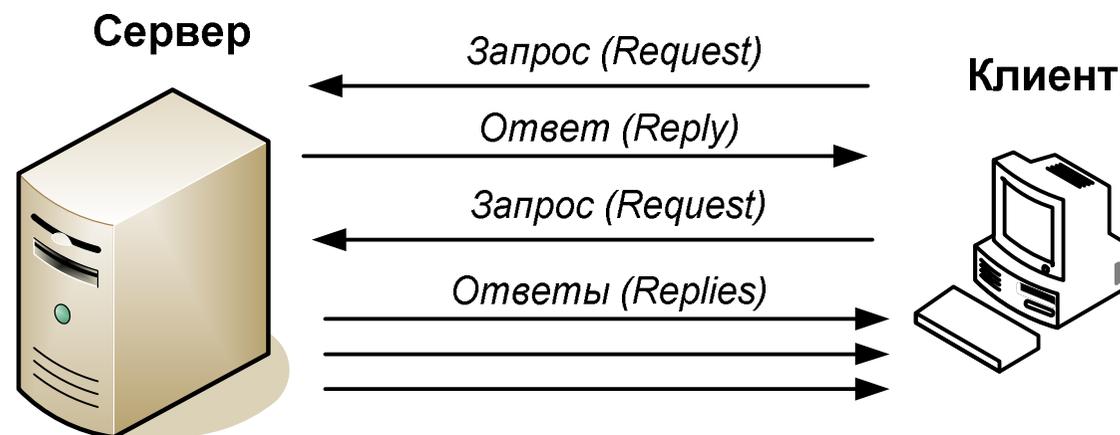


Инфокоммуникационная услуга и система «клиент-сервер»

Инфокоммуникационная услуга предусматривает не только установление сеанса связи между пользователями, но и предоставление информации, которая исходит от третьей стороны (сайт, социальная сеть, портал, электронный магазин и т.п.).

Инфокоммуникационные услуги используют клиентскую часть - реализуется в оборудовании пользователя, и серверную часть – реализуется на специальном выделенном узле сети, называемом узлом служб.

Сервер – это процессор (ЭВМ), обеспечивающий функционирование программного продукта для предоставления услуг (сервисов) с помощью операций одному или более клиентам (процессорам) через сеть связи.



Требования к инфокоммуникационным услугам

Мобильность услуг – предоставление услуг с любого терминала пользователя

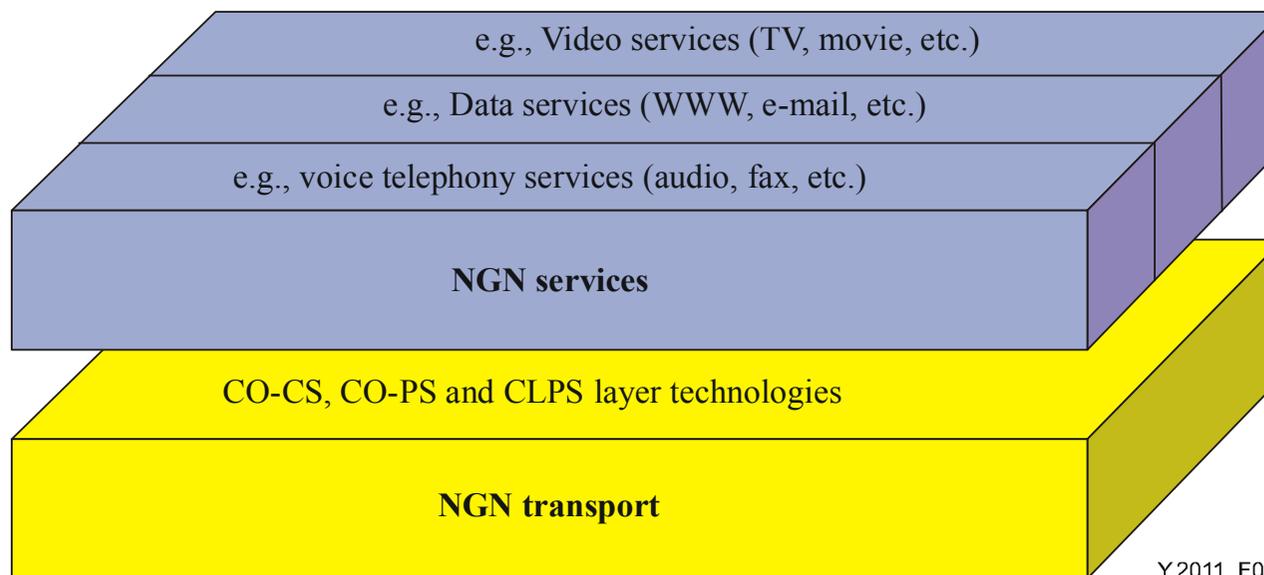
Возможность гибкого и быстрого создания новых услуг

Гарантированное качество услуг

Независимость качества услуги от используемых для её предоставления сетей и сетевых технологий.

Широкополосный доступ – скорость от 256 Кбит/с, оптимально – 2 Мбит/с.

Плоскости услуг NGN



CO-CS, connection-oriented circuit-switched – оконечные соединения с коммутацией каналов

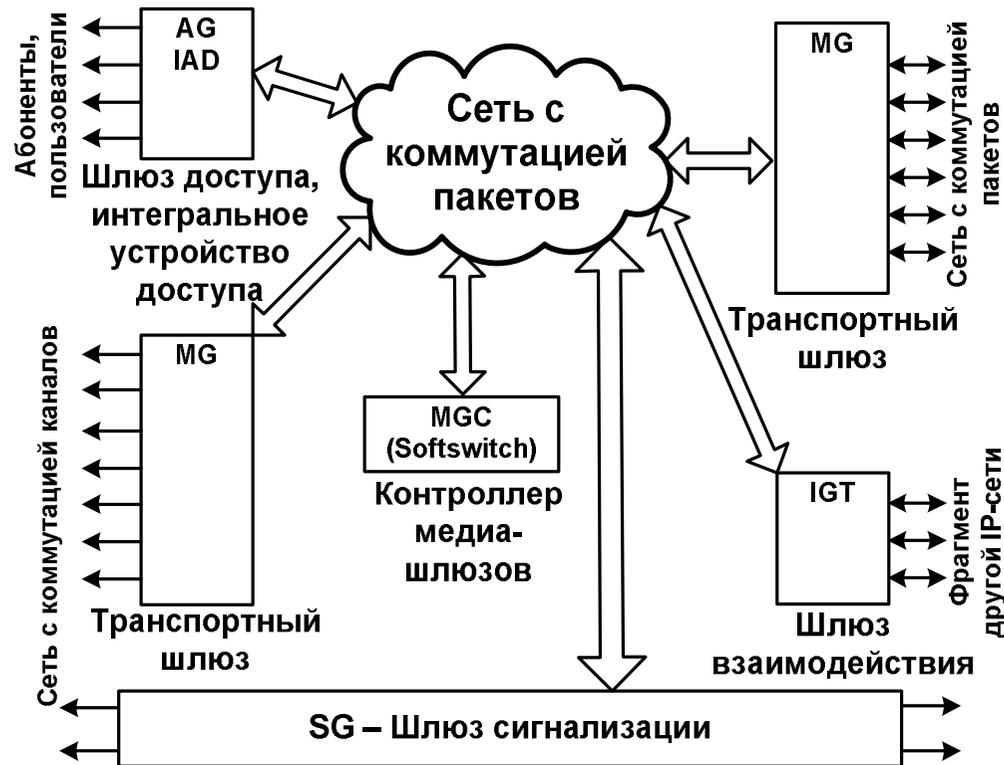
CO-PS, connection-oriented packet-switched – оконечные соединения с коммутацией пакетов

CLPS, connectionless packet-switched – коммутация пакетов не ориентированная на соединение

Общая схема многоуровневой NGN



Что такое Softswitch?



Softswitch (программный коммутатор, гибкий коммутатор) – носитель интеллектуальных возможностей сети, который координирует управление обслуживанием вызовов, сигнализацию и функции, обеспечивающие установление соединения через одну или несколько сетей.

Архитектура Softswitch основана на отдельных компонентах, связанных между собой открытыми интерфейсами. Центральным элементом этой архитектуры является **узел управления вызовами**, который часто называется **контроллером медиашлюзов (MGC)**.

Для связи с различными внешними сетями используется шлюзовое оборудование сопряжения с сетями с коммутацией пакетов, с сетями с коммутацией каналов, с сетями сигнализации.

Транспортный шлюз Media Gateway, MG – функции преобразования пользовательской информации между разными транспортными сетями и/или разными типами мультимедийных данных. Преобразует речевую информацию, поступающую со стороны ТфОП, в вид для передачи по сетям с коммутацией пакетов, т.е. кодирует и упаковывает в пакеты RTP/UDP/IP речевую информацию; производит обратное преобразование.

Шлюз доступа, Access Gateway, AG – предназначен для подключения к Softswitch учрежденческих АТС, аналоговых модемов и телефонных аппаратов, линий xDSL, транспортных шлюзов для мобильной сети радиодоступа стандарта GSM/3G (RAN), а также средств интегрированного абонентского доступа IAD (Integrated Access Devices).

Устройство управления шлюзом (контроллер медиа-шлюзов), Media Gateway Controller, MGC – управление вызовами пользователей и функции управления шлюзом.

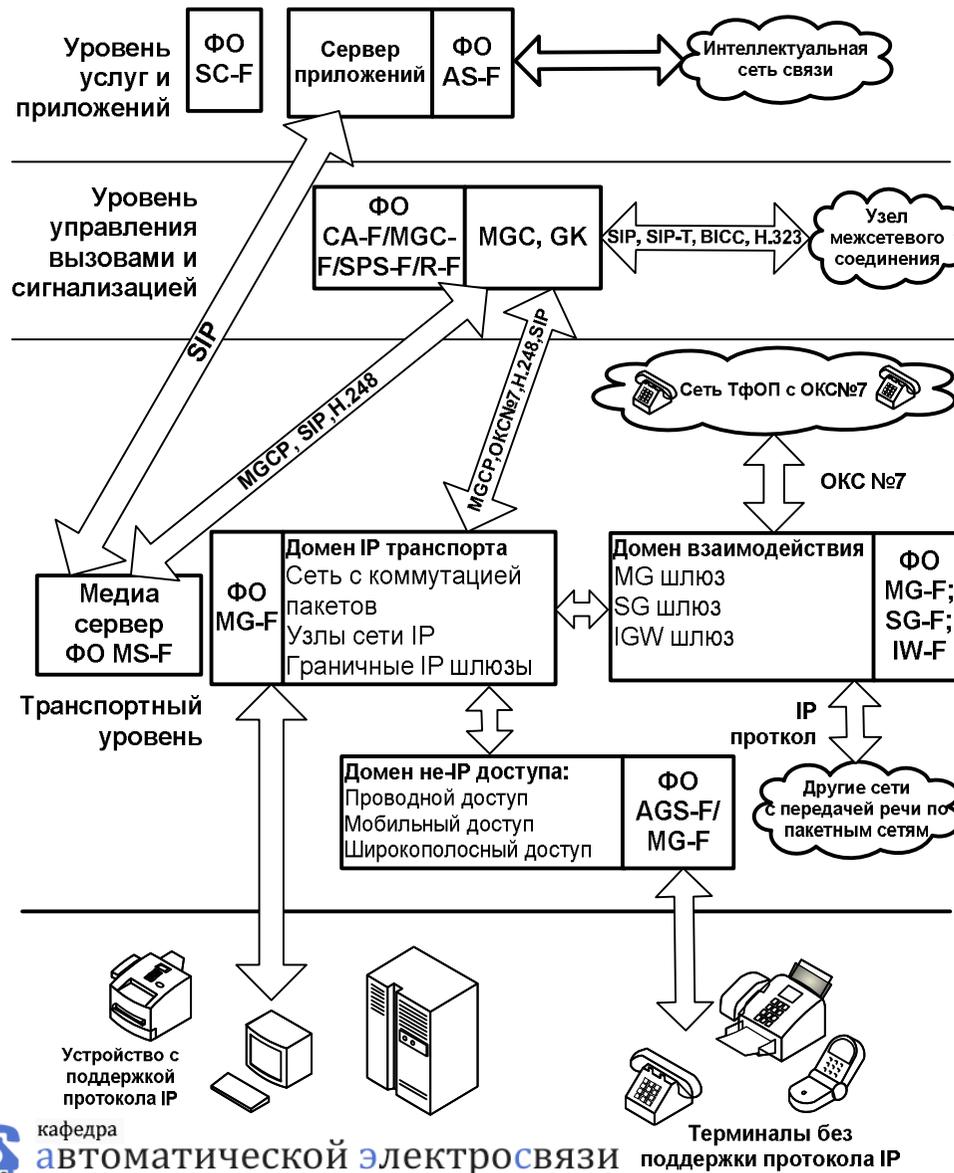
Шлюз сигнализации Signaling Gateway, SG – преобразование сигнальной информации между разными транспортными уровнями. Обеспечивает доставку сигнальной информации ТфОП к MGC, и в обратном направлении.

Конвертер протокола SIP (SIP Proxy) – функции взаимодействия устройств гибкого коммутатора с устройствами, работающими по протоколу SIP

Шлюз взаимодействия, Interworking Gateway, IGT – взаимодействие различных протоколов сигнализации на одном транспортном уровне, в том числе совместимость протоколов IP v4 и IPv6

Протокол	Функция в сети NGN	Комментарий
SIP	Установление сеанса связи, в том числе между компонентами softswitch	Применяется для установления, как голосовых, так и мультимедийных вызовов по сетям с коммутацией пакетов (IP). Терминальные устройства содержат программное обеспечение SIP агента.
SIP-T	Передача сигнализации ТфОП ОКС№7 через сеть с поддержкой SIP	Специальная разновидность протокола SIP, обеспечивающая «прозрачную» передачу сообщений ОКС№7 по сети с поддержкой SIP. Работа по стандартизации продолжается для обеспечения всей функциональности принятой в ТфОП.
H.323	Установление и управление сеансом связи	Наиболее распространенный протокол при передаче речи по сети IP с поддержкой унаследованного оборудования.
H.248/ MEGACO	Управление шлюзами доступа	Наиболее перспективный и разрабатываемый стандарт управления медиашлюзами.
MGCP	Управление шлюзами доступа в пакетную сеть	Данный протокол управления медиашлюзами считается менее перспективным, чем H.248.
SIGTRAN	Передача протоколов управления и сигнализации по IP-сети	Набор стандартов, предлагаемых организацией IETF для обеспечения надежной передачи сигнализации ТфОП по IP-сети
BICC	Управление вызовом в сетях с разделенными уровнями управления и переноса информации	Протокол установления соединения независимый от типа использованной транспортной сети. Реализует полный набор услуг сети ТфОП/ISDN. Содержит комплект стандартов, описывающих не только сигнальные процедуры, но и сетевую архитектуру. Принят неправительственной организацией 3GPP для сетей мобильной связи 3-го поколения.

Архитектура и функциональные объекты Softswitch



Архитектура гибкого коммутатора с точки зрения функционала во многом аналогична архитектуре

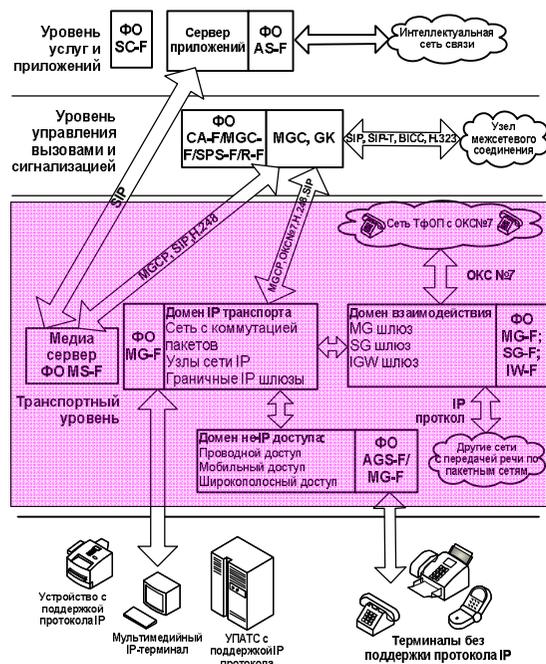
NGN

В архитектуре гибкого коммутатора в целом выделяется 12 основных функциональных объектов, FO.

Функциональные объекты

являются функциями, а не физическими устройствами или программами. Это означает, что разные FO могут физически располагаться в различных автономных устройствах или, наоборот, несколько FO могут совместно функционировать на базе высокопроизводительного вычислительного устройства (сервера).

Функции транспортного уровня Softswitch



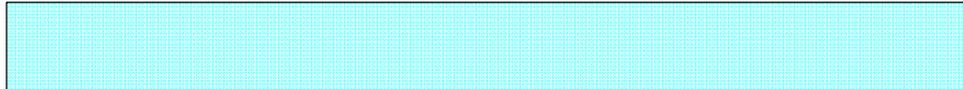
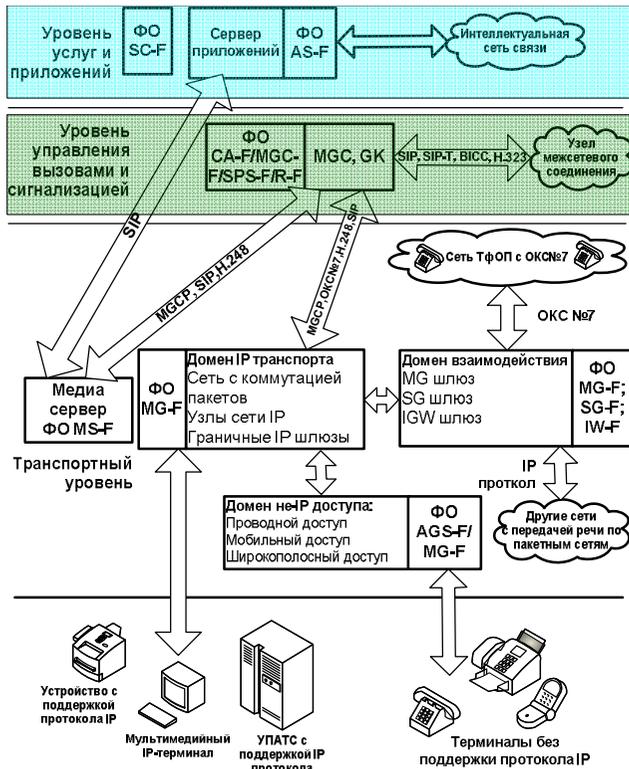
Транспортный уровень/плоскость (Transport Plane) отвечает за транспортировку сообщений по сети связи. Этими сообщениями могут быть сообщения сигнализации, сообщения маршрутизации для организации тракта передачи информации или непосредственно пользовательские речь и данные.

Транспортный уровень делится на три домена:

- домен транспортировки сообщений по протоколу IP;
- домен взаимодействия;
- домен организации «не-IP» доступа.

Домен взаимодействия (Interworking Domain) включает в себя устройства прямого и обратного преобразования сигнальной или пользовательской информации, поступающей со стороны внешних сетей, в пригодный для передачи по IP-сети вид. В этот домен входят такие устройства, как шлюзы сигнализации (Signaling Gateways). Домен «не-IP» доступа (Non-IP Access Domain) предназначен для организации доступа к сети IP-телефонии различных не-IP терминалов.

Функции уровня управления обслуживанием вызовов Softswitch

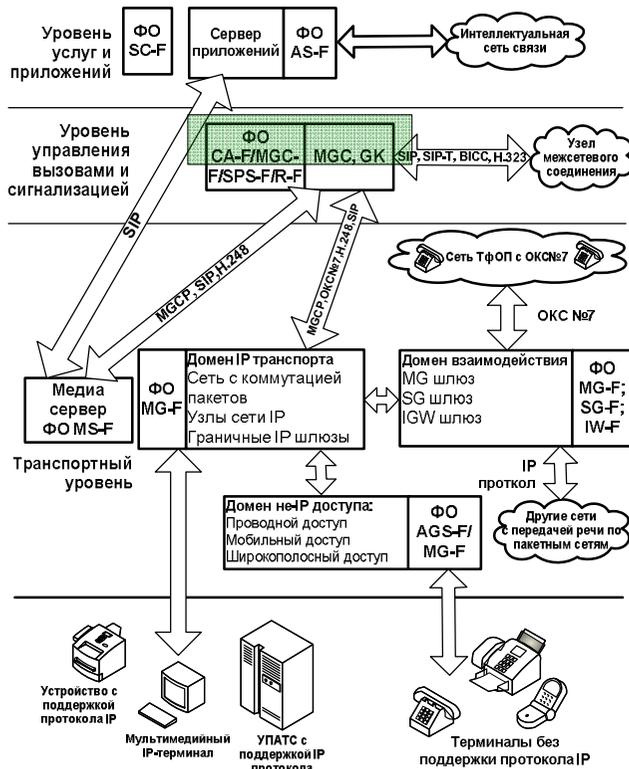


Уровень услуг и приложений (Service & Application Plane) содержит логику выполнения услуг и/или приложений в сети IP-телефонии и управляют этими услугами путем взаимодействия с устройствами, находящимися в плоскости управления обслуживанием вызова и сигнализации. Состоит из серверов приложений (Application Servers) и серверы дополнительных услуг (Feature Servers). Может управлять медиасерверами, которые выполняют функции конференцсвязи, IVR.



Плоскость управления обслуживанием вызова и сигнализации (Call Control & Signaling Plane) управляет основными элементами сети с коммутацией пакетов (IP), прежде всего теми, которые принадлежат транспортной плоскости. В этой плоскости происходит управление обслуживанием вызова на основе сигнальных сообщений, поступающих из транспортной плоскости, устанавливаются и разрываются соединения для передачи пользовательской информации по сети. Эта плоскость включает в себя такие устройства, как контролер медиашлюзов MGC (Media Gateway Controller), привратник (Gatekeeper).

Функциональный объект Softswitch MGC-F

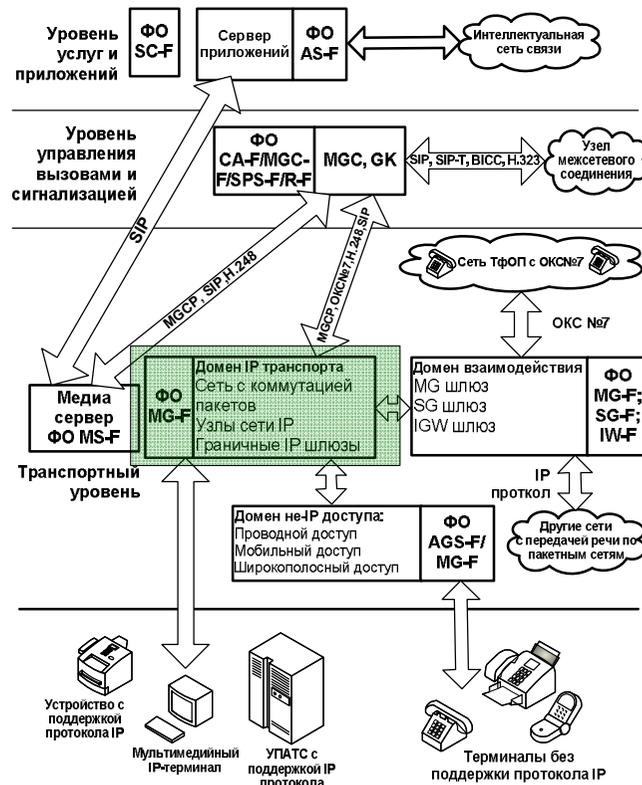


Функция контроллера медиашлюзов, MGC-F реализует автомат логики обслуживания вызова и сигнализации управления его обслуживанием для одного или более транспортных шлюзов, а именно:

- определяет состояние процесса обслуживания каждого вызова в медиашлюзе;
- передает информационные сообщения пользователя или терминала от одного шлюза к другому;
- отправляет и принимает сигнальные сообщения от портов, от других MGC-F и от внешних сетей;

- взаимодействует с сервером приложений для предоставления услуг пользователю;
- имеет возможность управлять портами, полосой пропускания;
- взаимодействует с другими функциями для обеспечения маршрутизации вызова, аутентификации и учета.

Функциональный объект Softswitch MG-F



Функциональный объект медиашлюза MG-F (Media Gateway Function) - обеспечивает

сопряжение порта доступа и сети с коммутацией пакетов, соединительной линии и сети с коммутацией пакетов, т.е. служит шлюзом между пакетной сетью и внешними сетями с коммутацией каналов.

MG-F имеет следующие характеристики:

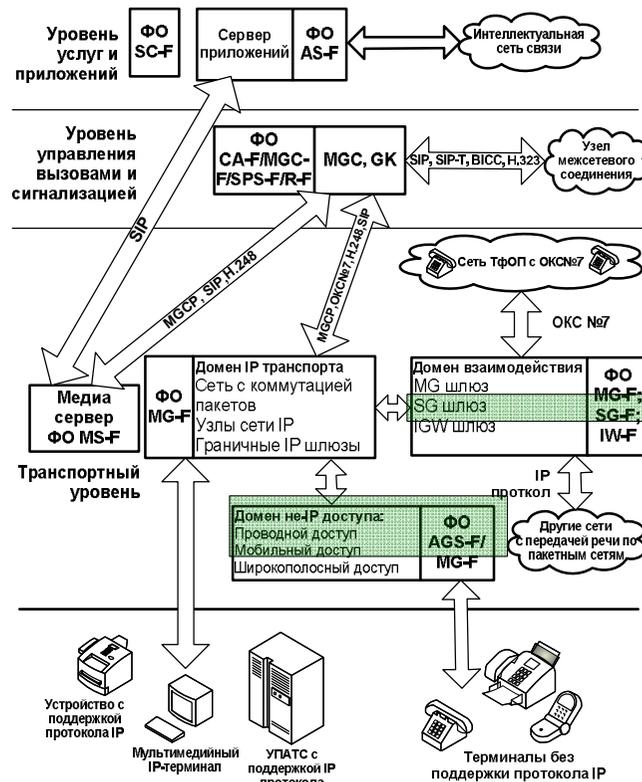
- всегда состоит в отношениях ведущий/ведомый с MGC-F, используя протокол управления MGCP или MEGACO/H.248;

- может выполнять функции кодирования, пакетирования, компенсации эха, управление буферами, устранения джиттера, корректирующие действия при потерях пакетов;

- функции обслуживания пользовательских соединений, такие как генерирование акустических сигналов, генерирование сигналов DTMF, генерирование комфортного шума, выполнять анализ цифр набора номера;

- функции обработки сигнализации и обнаружения событий : обнаружение сигналов DTMF, обнаружение состояний отбоя/ответа абонента, детектирование наличия речевых сигналов и др.

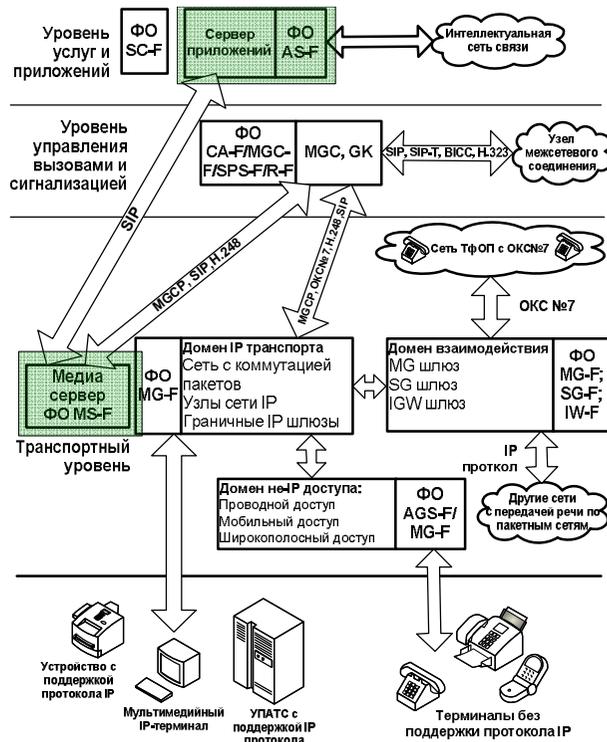
Функциональные объекты Softswitch SG-F и AGS-F



Функциональный объект шлюза сигнализации SG-F (Signaling Gateway Function) поддерживает обмен между сетью с коммутацией пакетов и ТфОП. Для беспроводных сетей подвижной связи SG-F поддерживает обмен сигнальной информацией между транзитной IP сетью и сетью сотовой связи (СПС) с ОКС №7. SG-F пакетирует и передает ОКС №7 к MGC-F или другому SG-F, используя методы протокола SIGTRAN. Один SG-F может обслуживать несколько MGC-F, а интерфейсом между SG-F и другими функциональными объектами является протокол SIGTRAN.

Функциональный объект сигнализации шлюза доступа AGS-F (Access Gateway Signaling Function) поддерживает обмен сигнальной информацией между сетью IP-телефонии и сетью доступа с коммутацией каналов. Для сетей сотовой связи поддерживает также обмен сигнальной информацией между транзитной сетью подвижной связи с коммутацией пакетов и сетью СПС. AGS-F пакетирует и передает информацию протоколов сигнализации интерфейсов V5 или ISDN (для проводных сетей) по сети с коммутацией пакетов.

Функциональные объекты Softswitch AS-F и MS-F



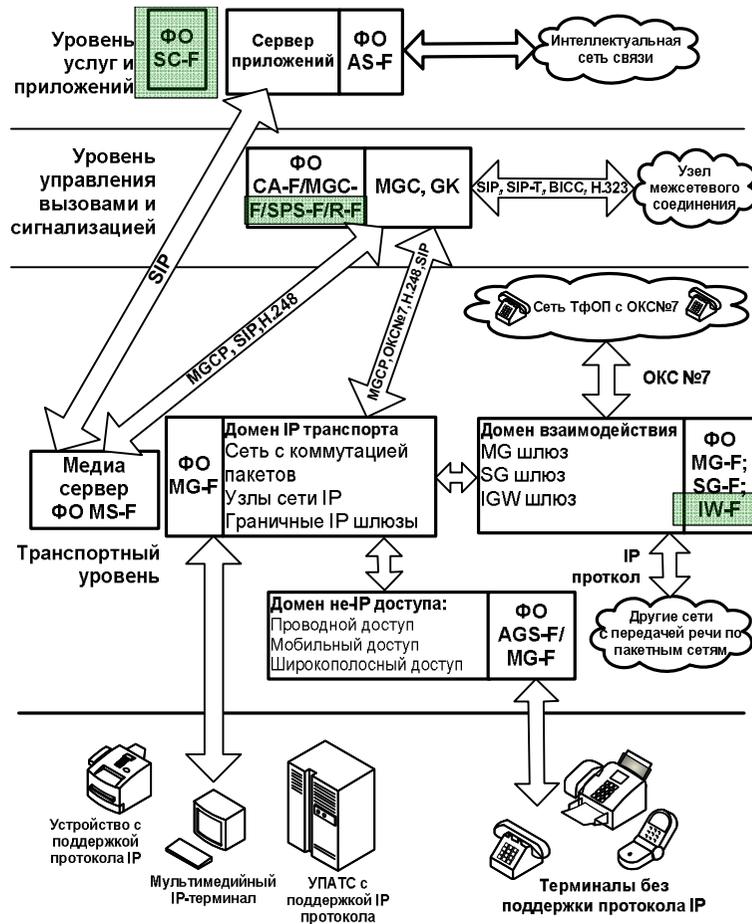
Функциональный объект сервера приложений AS-F (Application Server Function) поддерживает логику и выполнение услуг для одного или более приложений. AS-F может:

- запрашивать у MGC-F прекращение сеансов связи для определенных приложений;
- запрашивать у MGC-F повторное инициирование услуг связи (например, вызовов по предоплаченной телефонной карте);
- управляет MS-F для обслуживания потоков пользовательской информации;
- поддерживать Web-приложения или иметь Web-интерфейсы,
- использует открытые API типа JAIN или Parlay для создания новых услуг;

- поддерживает алгоритмы распределения ресурсов, биллинга и регистрации сеансов, взаимодействует с функциональными объектами MGC-F или MS-F;
- может вызывать другой AS-F для предоставления услуг.

Функциональный объект медиа-сервера MS-F (Media Server Function) обеспечивает управление обработкой пользовательского пакетного трафика от любых приложений, для чего поддерживает различные кодеки и схемы кодирования В основном обслуживает запросы от AS-F или MGC-F, касающиеся обработки пользовательской информации.

Функциональные объекты Softswitch SC-F, R-F/A-F, IW-F

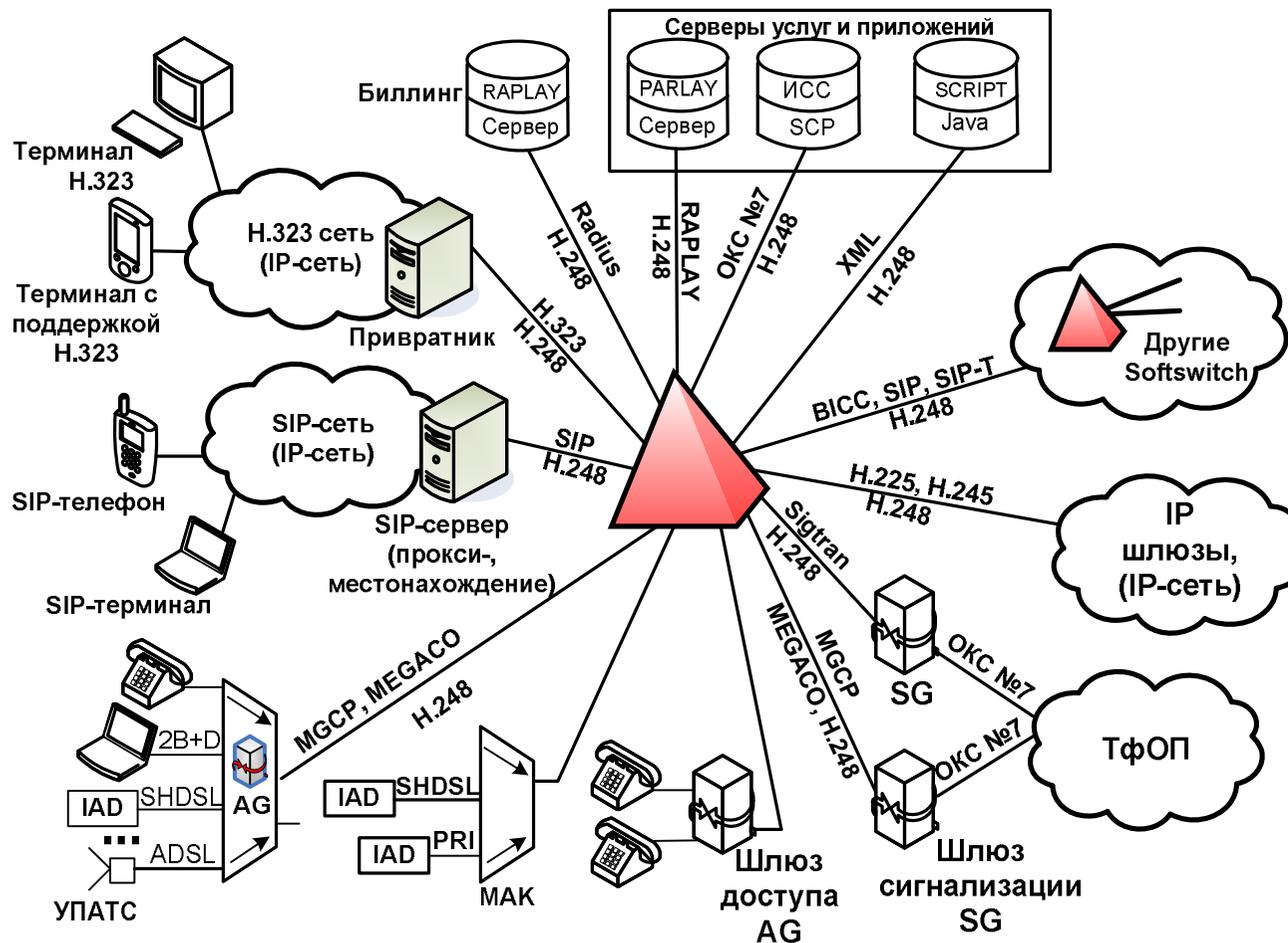


Функциональный объект управления услугами SC-F (Service Control Function) существует, когда AS-F управляет логикой услуг. SC-F использует ОКС №7, а также открытые API типа JAIN и Parlay.

Функциональный объект маршрутизации и учета стоимости R-F/A-F обеспечивает маршрутизацию локальных и межсетевых вызовов (R-F), фиксирует детали каждого сеанса связи для целей биллинга и планирования (A-F), обеспечивает управление сеансом и управление мобильностью, может узнавать о маршрутной информации от внешних ИСТОЧНИКОВ.

Функциональный объект взаимодействия IW-F (Interworking Function) обеспечивает взаимодействие различных сетей связи.

Схема взаимодействия Softswitch и элементов сети NGN



Условные обозначения:
 МАК – Мультисервисный абонентский концентратор

Softswitch применяется в качестве :

- узлов связи городских и сельских телефонных сетей;
- узлов связи междугородных телефонных сетей;
- узлов сетей с коммутацией пакетов для передачи мультимедийных данных;
- узлов сетей для передачи речи по протоколу IP (IP-телефония) и SIP;
- оборудования для построения интеллектуальных сетей связи;
- оборудования для построения узлов телематических служб – сервер электронной почты, электронной коммерции, портал мультимедийных услуг, сервер IPTV

Выводы по разделу 2.1

1. Softswitch определяется как носитель интеллектуальных возможностей сети, который координирует управление обслуживанием вызовов, сигнализацию и функции, обеспечивающие установление соединения через одну или несколько сетей.
2. Softswitch прежде всего управляет обслуживанием речевых вызовов. В сети может присутствовать несколько Softswitch, которые связаны между собой по протоколам SIP или H.323. Они согласованно управляют шлюзами, участвующими в соединении.
3. В архитектуре гибкого коммутатора выделяется 12 основных функциональных объектов, которые могут физически располагаться в различных автономных устройствах или многофункциональных платформах. Функционально шлюз может быть абонентским, транспортным, шлюзом сигнализации, шлюзом взаимодействия. Выделяют устройство управления шлюзом – контроллер.

2.2 Теория и принципы построения сети IMS



Архитектура мультимедийной IP-подсистемы IMS

Мультимедийная IP-подсистема – это комплекс функциональных элементов базовой сети, предназначенный для предоставления услуг на базе протокола SIP.

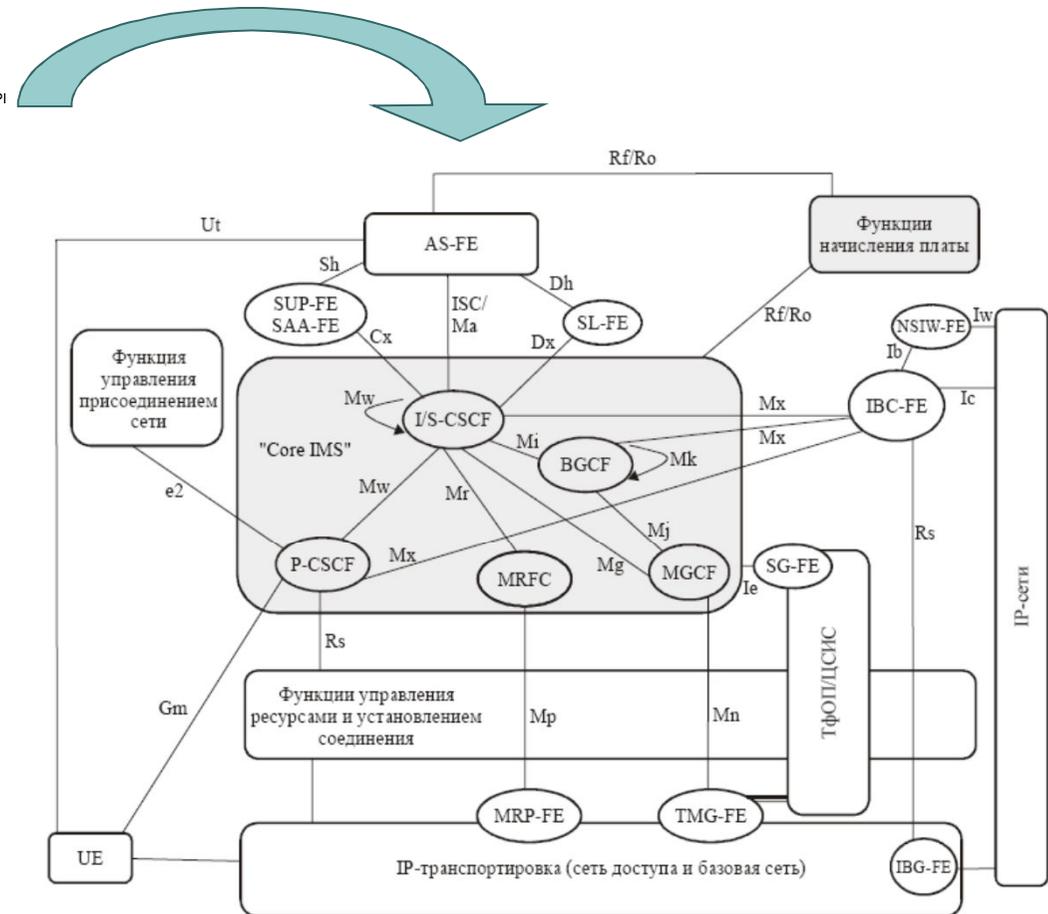
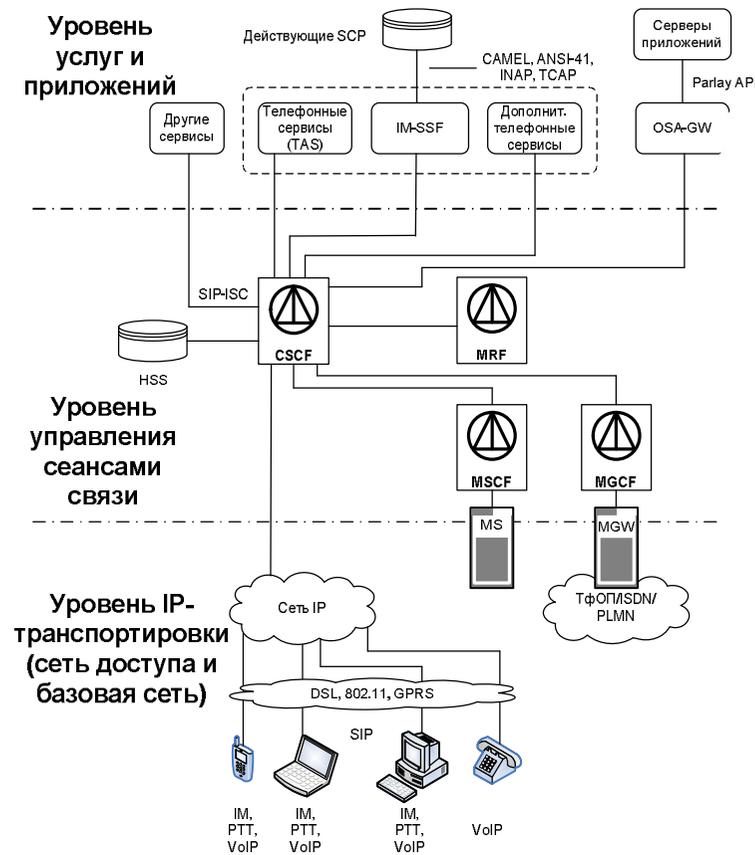
Архитектура IMS – поддерживает регистрацию, аутентификацию пользователя и оконечного устройства на определенном фрагменте сети. В качестве одного из действий регистрации IMS выполняет аутентификацию и другие действия по обеспечению безопасности. Технология IMS стала продолжением эволюции устройств управления NGN, за счет добавления в архитектуру подвижных сетей 3G.

«Под зонтиком» IMS можно объединить проводные и беспроводные сети, различные услуги и приложения, сделать это максимально гибко и персонализировано для клиента.



- Управление сетями доступа с IP-соединениями в том числе контроль QoS, управление установлением соединения, аутентификация
- Взаимодействие с другими сетями и сетями прошлых поколений
- Независимость программных приложений от уровня управления вызовом/сеансом связи и уровня транспортной сети
- Независимость технологии доступа к сети от технологии управления вызовом/сеансом связи и приложений

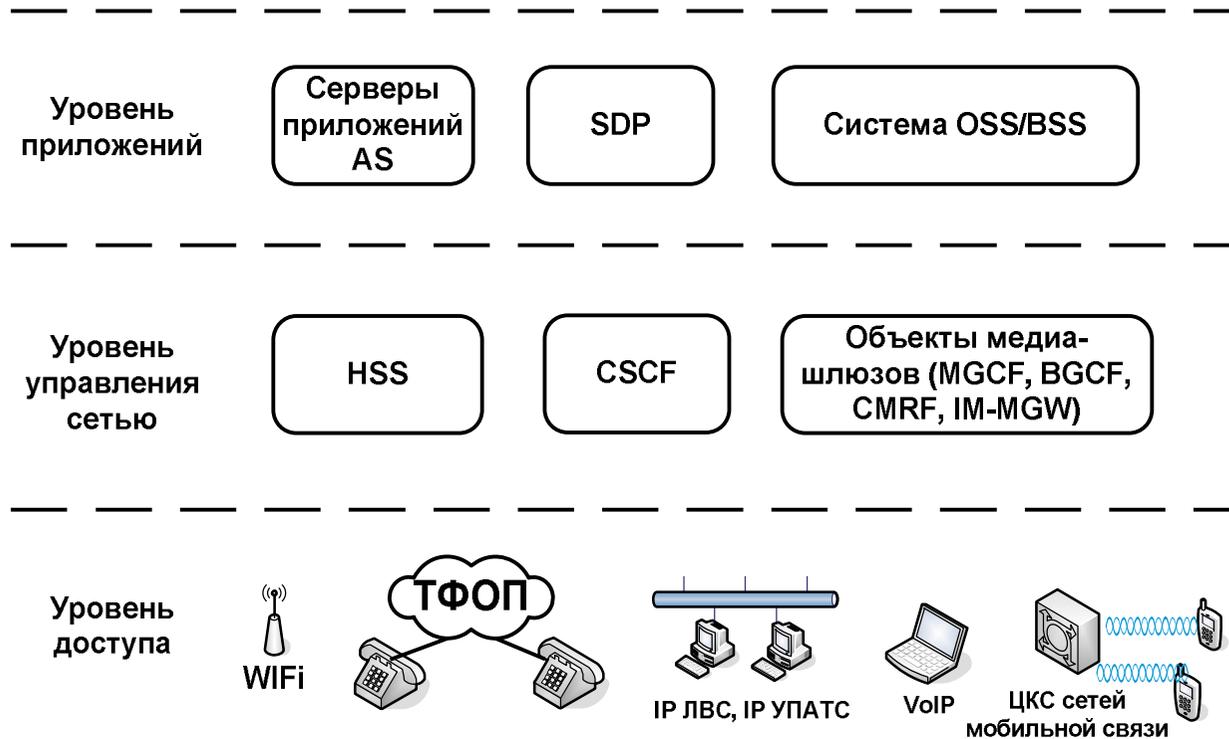
Общая архитектура и функции IMS



В IMS функции ядра управления IMS core выполняет комплекс устройств, согласующихся через специфицированные контрольные точки серии M.

Контрольная точка (reference point) это воображаемая точка на соединении двух неперекрывающихся функциональных групп.

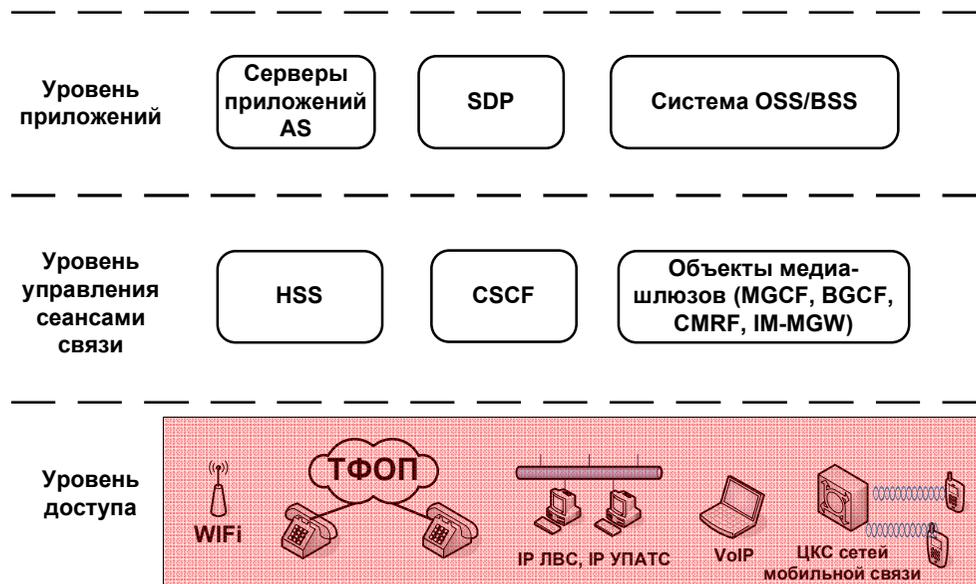
Обобщенное представление уровней IMS



Архитектура IMS представляет собой набор логических функций, которые можно разделить на три уровня.

В IMS добавляется домашний (основной) сервер абонентов HSS (Home Subscriber Server) для учета местоположения абонентов в процессах биллинга, роуминга и контроля местоположения абонента.

Уровень доступа IMS



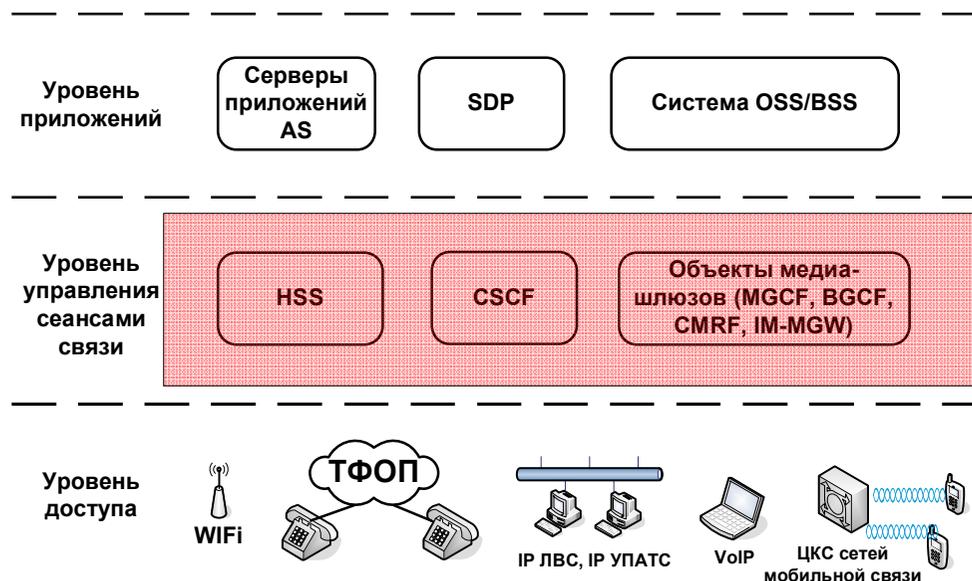
Уровень доступа и базовой сети отвечает за процедуру подключения пользователей к сети IMS (подуровень управления) и транспортировку данных пользователя (функции передачи). В Рек. МСЭ–Т Y.2021–2006 г. этот уровень детально не описывается, но в документах ETSI отмечается, что функциональными элементами транспортного уровня являются следующие:

Подсистема присоединения сети, NASS (network attachment subsystem) используется для пользователей не-3GPP доступа, обеспечивает динамическое назначение IP-адресов, аутентификацию пользователя до или в течение процедуры назначения IP-адреса, авторизацию и конфигурацию доступа к сети, управление местоположением.

Подсистема управления доступом и ресурсами, RACS (resource and admission control subsystem) – используется для пользователей не-3GPP доступа, обеспечивает управление доступом, резервирование ресурсов, доступ к услугам, предоставляемым мультимедийным шлюзом, в том числе управление шлюзом и преобразование сетевых адресов.

Мультимедийный шлюз IM-MGW (Media Gateway) осуществляет преобразование пользовательской информации сети с коммутацией каналов в пакеты IP-сети и обратно, коммутацию пользовательской информации между портами шлюза.

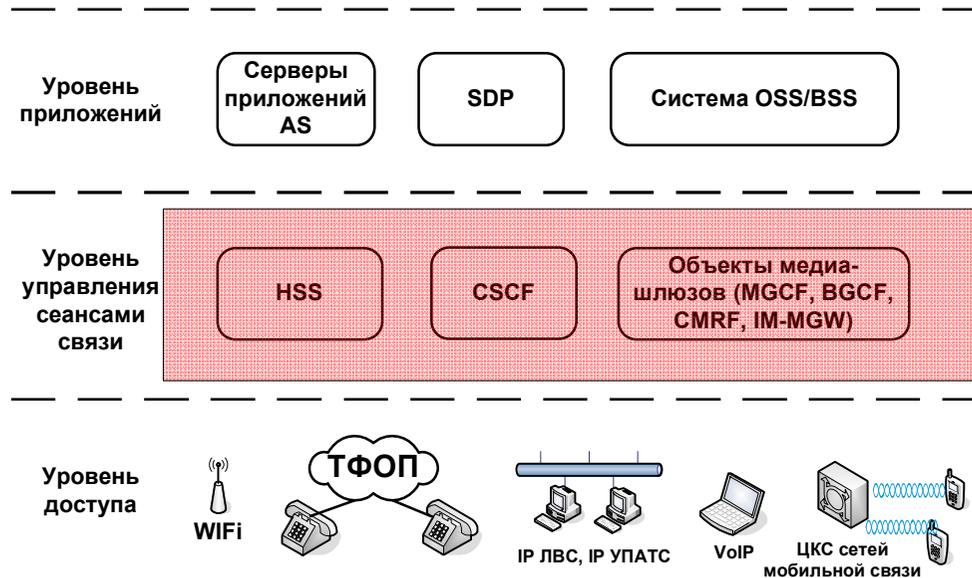
Уровень управления сеансами связи IMS - 1



Уровень управления сеансами связи отвечает за процедуру установления сеансов связи пользователей IMS.

Функция управления сеансом связи, CSCF (Call Session Control Function) – центральный модуль управления процессами установления соединения между различными устройствами IMS-сети. Это устройство регистрирует абонентские устройства и направляет сигнальные сообщения протокола SIP к соответствующим серверам приложений.

Уровень управления сеансами связи IMS - 2



Функция управления медиа-шлюзами **MGCF (Media Gateway Control Function)** обеспечивает взаимодействие сигнализации SIP с сигнализацией других медиа-шлюзов (например, H.248).

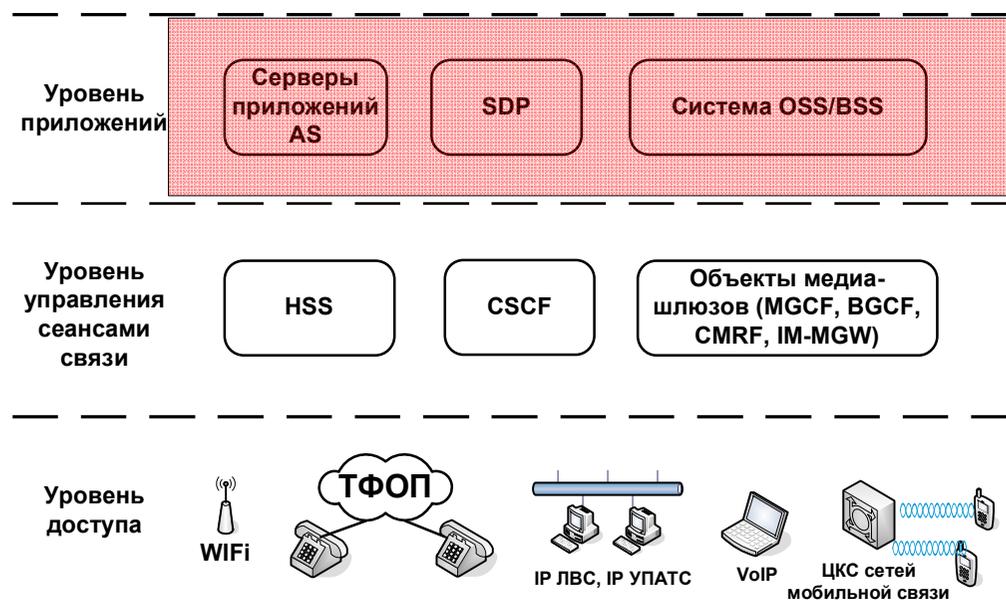
Управление включает в себя распределение и отмену распределения ресурсов медиашлюза, а также изменение способа использования этих ресурсов.

Функция MGCF реализует следующие функции:

Функция управления пограничным медиашлюзом BGCF (Border Gateway Control Function) – выбирает сеть, с которой должна быть связана ТфОП, и выбирает функцию MGCF в этой сети.

Контроллер функции управления мультимедийными ресурсами CMRF (Controller Multifunction Resource) – формирует многосторонние мосты конференц-связи, выполняет повтор объявлений и транскодирование среды передачи.

Шлюз среды IP-мультимедиа IM-MGW (IM Media Gateway) – управляет каналами из сети с коммутацией каналов и потоками мультимедиа из сети с коммутацией пакетов, например, функции кодека, эхо-компенсатора, моста конференцсвязи.



Уровень услуг и приложений состоит из серверов приложений и контент-серверов для предоставления абонентам дополнительных услуг. Базовые средства предоставления услуг, как это определено стандартом IMS (например, управление присутствием или управление списками групп), реализованы в качестве услуг на сервере SIP-приложения.

Мультимедийные платформы для распространения услуг, SDP (Service Delivery Platform) предоставляют услуги видеообмена, видеохостинга, интернет-банкинга. **Системы эксплуатационной поддержки оператора связи OSS (Operating Support System)** для обеспечения контроля и управления IMS и система поддержки бизнеса оператора связи BSS (Business Support System) – для решения бизнес-задач и управления взаимоотношения с клиентами.

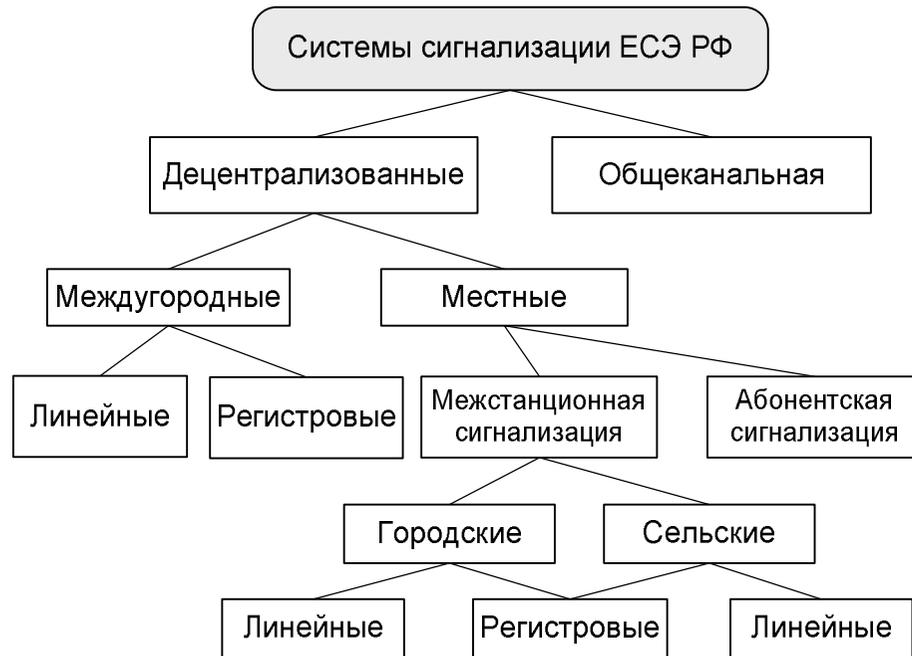
- Наличие стандартов, которые дают возможность иметь единообразные и потому способные эффективно взаимодействовать сети.
- Роуминг услуг, что должно принести дополнительную прибыль оператору.
- Использование в проводных сетях NGN и мобильных сетях 3G единообразной системы – возможности конвергенции фиксированных и мобильных сетей, идеи, набирающей популярность по всему миру.

Выводы по разделу 2.2

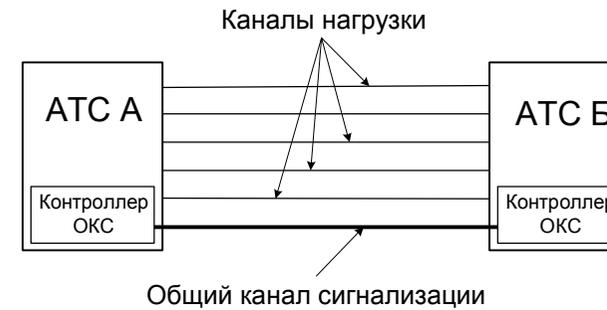
1. Мультимедийная IP-подсистема IMS – это комплекс функциональных элементов базовой сети, предназначенный для предоставления услуг на базе протокола SIP и ориентирована на протокол IPv6.
2. Технология IMS стала продолжением эволюции NGN, за счет добавления в архитектуру подвижных сетей, 3G.
3. В перспективе архитектура NGN станет частью IMS.

2.3 Модель технологических процессов организации сеансов связи





Децентрализованная сигнализация



Централизованная сигнализация по общему каналу

(с) Росляков А.В.

Общеканальная сигнализация №7 телефонной сети связи с коммутацией каналов

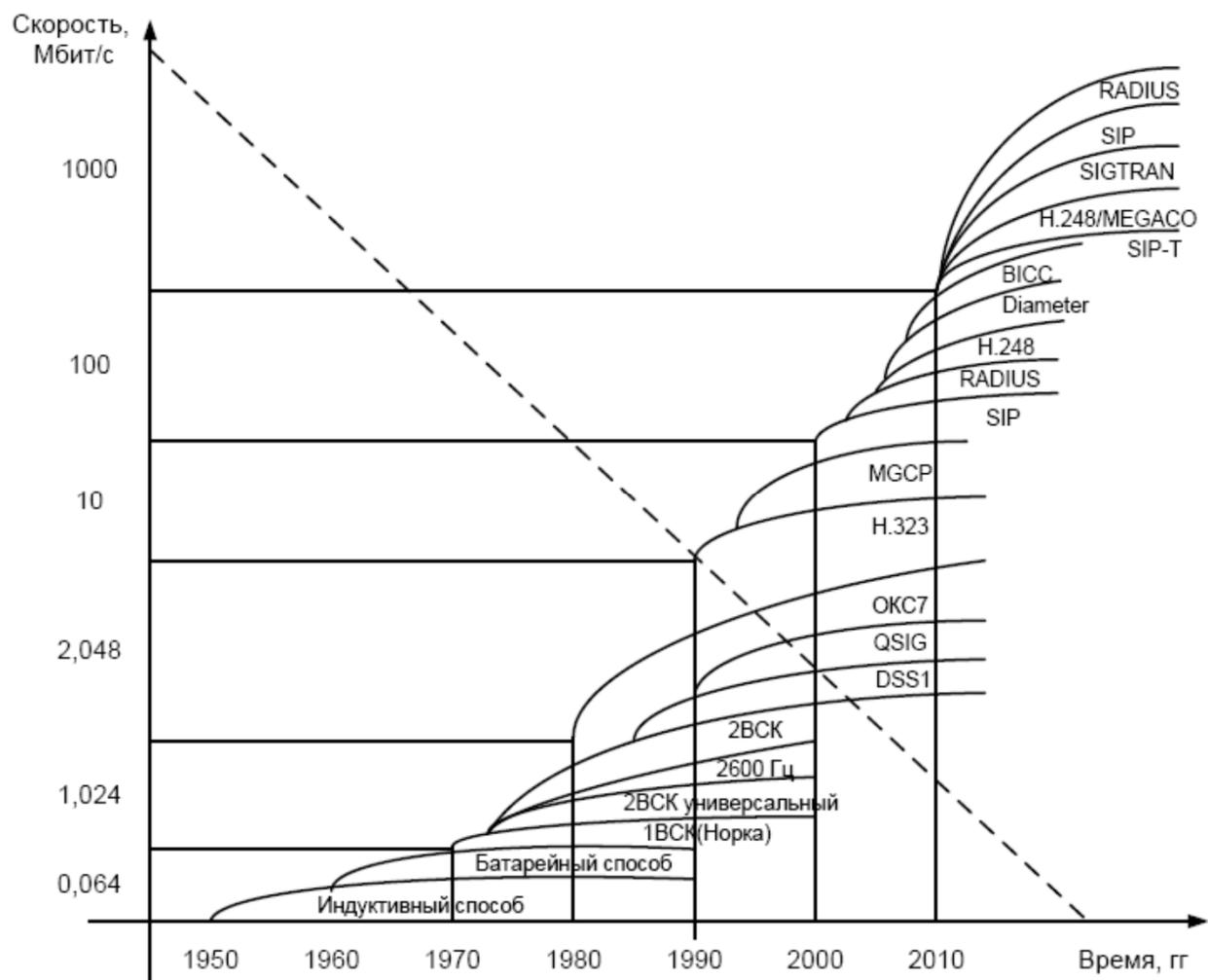
Общеканальная сигнализация – это метод передачи сигнальных сообщений для установления соединения на сетях с коммутацией каналов, когда по единому каналу передается сигнальная информация, относящаяся к множеству других каналов или узлов связи. Передача идет между пунктами сигнализации.

Один сигнальный канал, например, способен передать информацию для установления соединений по 1000–2000 коммутируемым каналам ТФОП.

Сигнальная информация передается в виде пакетов переменной длины со специфической структурой адресной части заголовков, которые называются **сигнальными единицами** (Рек. МСЭ–Т Q.703) с прямым порядковым номером, ППН от 0 до 127.

В качестве сигнальной информации передается номер абонента, его характеристики, тип терминала, сведения о дополнительных услугах

Эволюция систем сигнализации



Назначение протоколов сигнализации сети NGN

Протокол	Функция в сети NGN	Комментарий
SIP	Установление сеанса связи, в том числе между компонентами softswitch	Применяется для установления, как голосовых, так и мультимедийных вызовов по сетям с коммутацией пакетов (IP). Терминальные устройства содержат программное обеспечение SIP агента.
SIP-T	Передача сигнализации ТфОП ОКС№7 через сеть с поддержкой SIP	Специальная разновидность протокола SIP , обеспечивающая «прозрачную» передачу сообщений ОКС№7 по сети с поддержкой SIP. Работа по стандартизации продолжается для обеспечения всей функциональности принятой в ТфОП.
H.323	Установление и управление сеансом связи	Наиболее распространенный протокол при передаче речи по сети IP с поддержкой унаследованного оборудования.
H.248/ MEGACO	Управление шлюзами доступа	Наиболее перспективный и разрабатываемый стандарт управления медиашлюзами.
MGCP	Управление шлюзами доступа в пакетную сеть	Данный протокол управления медиашлюзами считается менее перспективным, чем H.248.
SIGTRAN	Передача протоколов управления и сигнализации по IP-сети	Набор стандартов, предлагаемых организацией IETF для обеспечения надежной передачи сигнализации ТфОП по IP-сети
BICC	Управление вызовом в сетях с разделенными уровнями управления и переноса информации	Протокол установления соединения независимый от типа использованной транспортной сети. Реализует полный набор услуг сети ТфОП/ISDN. Содержит комплект стандартов, описывающих не только сигнальные процедуры, но и сетевую архитектуру. Принят неправительственной организацией 3GPP для сетей мобильной связи 3-го поколения.



Протокол SIP - протокол прикладного уровня семиуровневой модели взаимосвязи открытых систем, с помощью которого осуществляются такие операции, как установление, модификация и завершение мультимедийных сессий по сети с коммутацией пакетов.

Протокол SIP является протоколом типа «клиент-сервер», включает текстовые запросы и ответы (отклики), содержащие поля заголовков, в которых передается информация об обслуживании и характеристиках соединения.

Клиент SIP выдает запросы, в которых указывает, что он желает получить от сервера. Сервер принимает запрос, обрабатывает его и выдает ответ, который может содержать уведомление об успешном выполнении запроса, уведомление об ошибке или информацию, затребованную клиентом.

Протокол инициирования сеансов связи (SIP)	Прикладной уровень
Протоколы TCP и UDP	Транспортный уровень
Протоколы IPv4 и IPv6	Сетевой уровень
PPP, ATM, Ethernet	Уровень звена данных
UTP5, SDH, DDH, V.34 и др.	Физический уровень

(с) Гольдштейн Б.С.

Структура сообщений протокола SIP



Стартовая строка представляет собой начальную строку любого SIP-сообщения. Если сообщение является запросом, в этой строке указываются тип запроса, адресат и номер версии протокола. Если сообщение является ответом на запрос, в стартовой строке указываются номер версии протокола, тип ответа и его короткая расшифровка, предназначенная только для пользователя.

Заголовки сообщений содержат сведения об отправителе, адресате, пути следования и др., в общем, переносят информацию, необходимую для обслуживания данного сообщения. О типе заголовка можно узнать по его имени.

Заголовки бывают 4-х видов:
общие заголовки (запрос-ответ),
заголовки содержания (размер сообщения, источник запроса, начинаются с Content),
заголовков запросов (доп. информация о запросе),
заголовков ответов (дополнительная информация об ответе).

Например заголовок **Call_ID** – уникальный идентификатор сеанса связи или всех регистраций отдельного клиента, заголовок **To** – определяет адресата. Заголовок **From** – идентифицирует отправителя запроса; заголовок **Content-Length** указывает размер тела сообщения.

(с) Гольдштейн Б.С.

Идентификация в протоколе SIP

Для организации взаимодействия с существующими приложениями IP–сетей и для обеспечения мобильности пользователей протокол SIP использует адрес, подобный адресу электронной почты следующего вида:

имя@домен;

имя@IP адрес;

№ телефона@адрес шлюза.

Адрес SIP состоит из двух частей.

Первая часть – это имя пользователя, зарегистрированного в домене или на рабочей станции, вторая часть – имя домена, шлюза или IP–адрес.

Если вторая часть адреса идентифицирует какой–либо шлюз, то в первой указывается телефонный номер абонента.

Запросы протокола SIP

Тип запроса	Описание запроса
INVITE	<i>Приглашает пользователя открыть сеанс связи. Содержит описание сеанса связи.</i>
ACK	<i>Подтверждение приема окончательного ответа на запрос Invite</i>
BYE	<i>Завершение сеанса связи, передается любым участником сеанса связи</i>
CANCEL	<i>Отменяет обработку запросов</i>
OPTION	<i>Запрос информации о функциональных возможностях терминала</i>

Тип ответа	Описание ответа на запрос
2xx	Запрос был успешно обработан. Из всех ответов типа 2xx определен лишь один 200 ОК . Его значение не зависит от того, на какой запрос он отвечает.
3xx	Информация для оборудования вызывающего пользователя о новом местоположении вызываемого пользователя или перенос другой информации.
4xx	В запросе обнаружена ошибка. Пользователь должен изменить запрос для повторной передачи.
5xx	Запрос не может быть обработан из-за отказа сервера.
6xx	Соединение с вызываемым пользователем установить невозможно

Компоненты модели протокола SIP

Прокси–сервер (proxy):

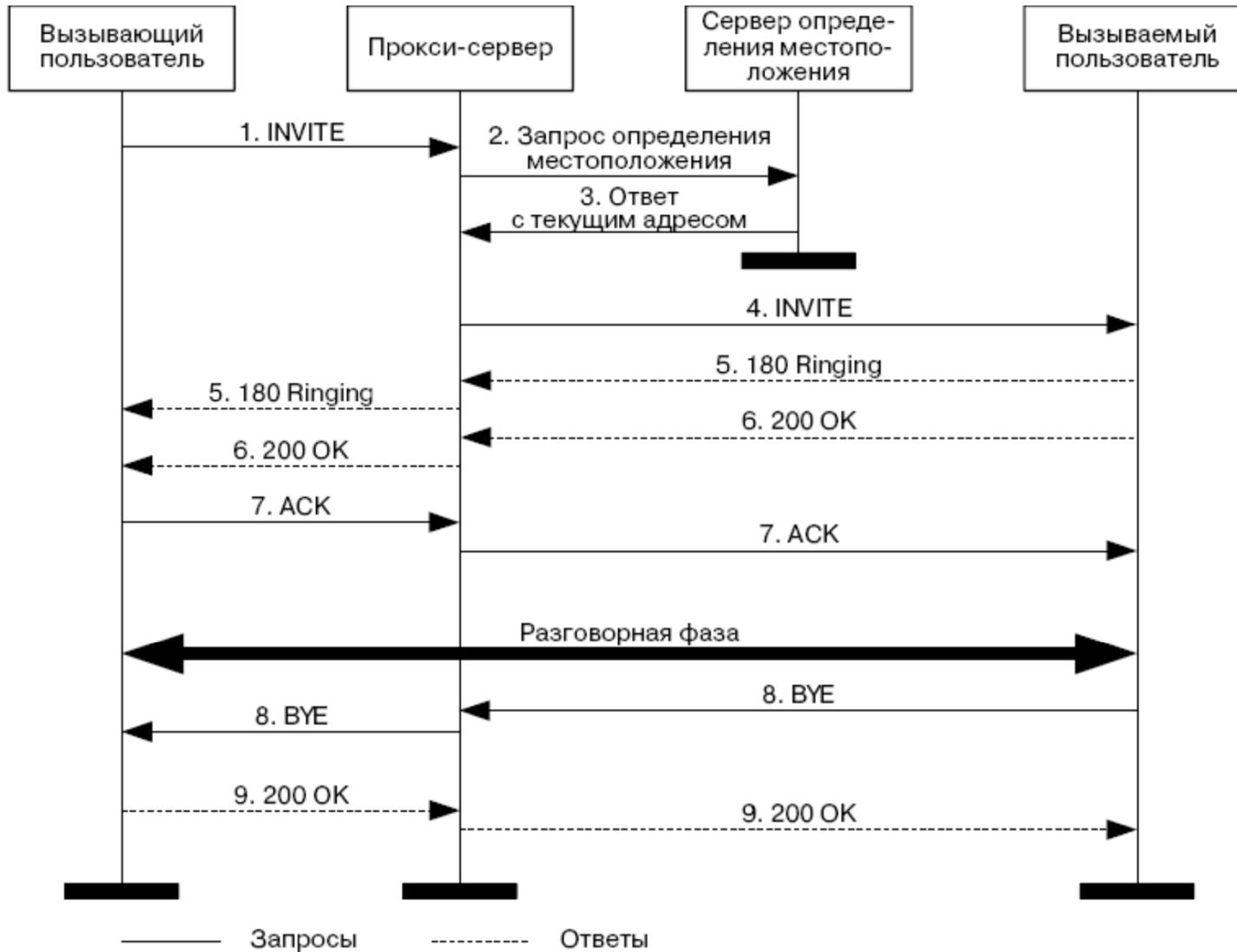
- принимает запросы пользователя и обрабатывает их;
- выполняет действия - поиск и вызов пользователя, маршрутизация запроса, предоставление услуг.

Прокси–сервер состоит из клиентской и серверной частей, поэтому может принимать вызовы, инициировать собственные запросы и возвращать ответы.

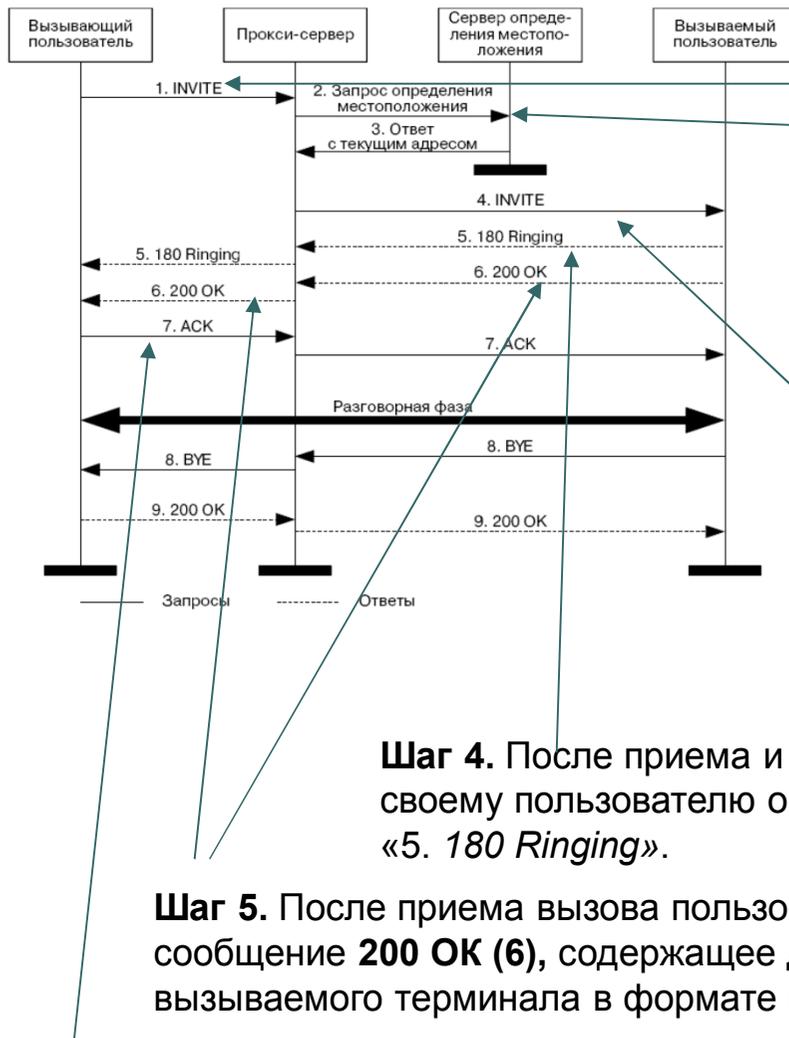
Сервер определения местоположения пользователей предназначен для хранения текущего адреса пользователя служит, в виде базы данных адресной информации.

В базе хранится постоянный адрес пользователя и один или несколько контактных (текущих) адресов, то есть адресов конкретных устройств пользователя. Может быть совмещен с прокси–сервером или отдельно от прокси–сервера, но при условии связи с прокси-сервером.

Модель (сценарий) использования SIP



Описание модели (сценария) использования SIP (1)



Шаг 1. Вызывающий пользователь передает запрос «1. INVITE» на адрес прокси-сервера. В запросе пользователь указывает известный ему адрес вызываемого пользователя.

Шаг 2. Прокси-сервер запрашивает текущий адрес вызываемого пользователя у сервера определения местоположения «2. Запрос местоположения», который и сообщает ему этот адрес «3. Ответ с контактным адресом».

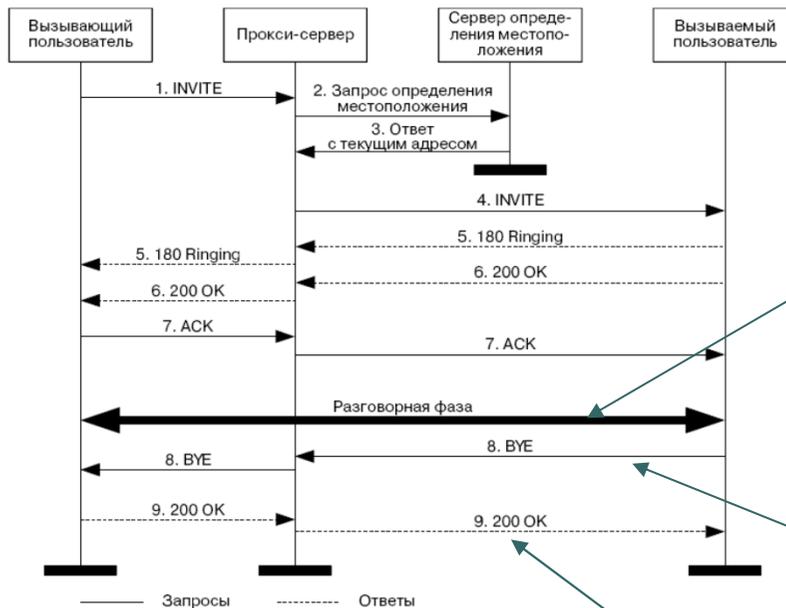
Шаг 3. Прокси-сервер передает запрос «4. INVITE» непосредственно вызываемому оборудованию. В запросе содержатся данные о функциональных возможностях вызывающего терминала, но при этом в запрос добавляется данные с адресом прокси-сервера для того, чтобы ответы на обратном пути шли через прокси-сервер.

Шаг 4. После приема и обработки запроса вызываемое оборудование сообщает своему пользователю о входящем вызове, а встречной стороне передает ответ «5. 180 Ringing».

Шаг 5. После приема вызова пользователем встречной стороне передается сообщение **200 ОК (6)**, содержащее данные о функциональных возможностях вызываемого терминала в формате протокола UDP.

Шаг 6. Терминал вызывающего пользователя подтверждает прием ответа запросом ACK (7).

Описание модели (сценария) использования SIP (2)



Шаг 7. Фаза установления соединения закончена и начинается разговорная фаза

Шаг 8. По завершении разговорной фазы одной из сторон передается запрос **BYE (8)**, который подтверждается ответом **200 OK (9)**.

Шаг 9. Все сообщения проходят через прокси-сервер, который может модифицировать в них некоторые поля.

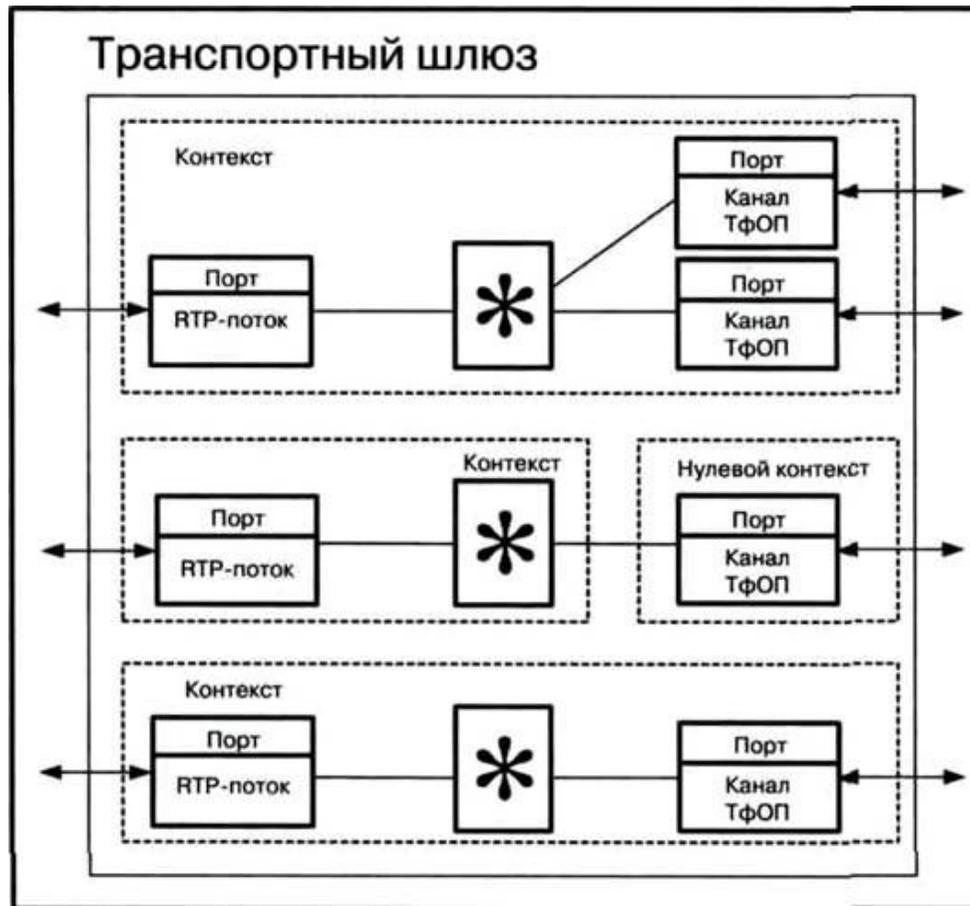
Протокол Megaco/H.248

Протокол **MEdia GAteway COntrol (MEGACO, Megaco)** является общим для шлюзов, устройств управления многоточечными соединениями и устройств интерактивного голосового ответа.

На шлюзах протокол Megaco поддерживает рутинные операции (кодирование-декодирование), а «интеллектуальные» операции осуществляет SoftSwitch. При использовании Megaco пользователи могут сохранить имеющиеся телефоны или УАТС и тем не менее подключиться к сети следующего поколения или интегрированному коммутатору.

Для переноса сигнальных сообщений Megaco использует UDP, TCP, SCTP. UDP должен обязательно поддерживаться контроллером шлюзов, TCP должен обязательно поддерживаться и контроллером и шлюзом.

Сообщения MEGACO могут кодироваться двумя способами: текстовый способ (IETF) и бинарный способ с помощью абстрактной нотации синтаксиса ASN.1 (МСЭ).

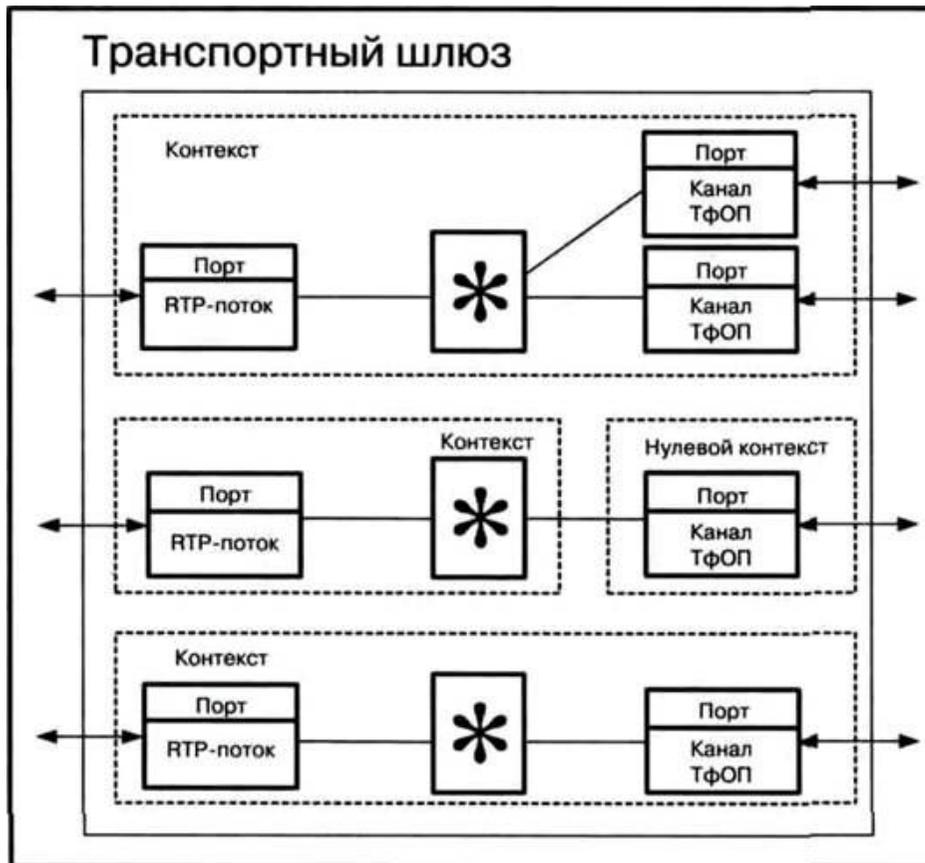


Контекст – отображение логической связи между портами, более широкое понятие чем «сеанс связи». Например, контекст включает описание порта и логическое RTP–соединение между портами.

В **нулевой контекст** записываются все порты, не имеющие связи между собой.

Контекст действует только в пределах шлюза. Контекст имеет идентификатор, приоритет и другие параметры.

(с)Гольдштейн Б.С.



Оконечные порты (termination), являются источниками и приемниками информации и находятся в транспортных шлюзах.

Порт – логическое описание конечных пунктов шлюзов MG, в том числе физических портов и виртуальных окончаний (например RTP–окончания).

Каждое окончание имеет уникальный идентификатор, который назначается шлюзом.

Свойства портов могут изменяться контроллером шлюза. Свойства портов описываются **дескрипторами**, например **Modem** – идентифицирует тип и параметры модема, **Signals** – описывает сигналы которые через порт направляются пользователю, **Statistics** – содержит статистическую информацию, собранную портом за время

Команда	Направление передачи	Назначение
Add (Добавить)	MGC -> MG	Контроллер дает указание шлюзу добавить порт к контексту
Modify (Изменить)	MGC -> MG	Контроллер дает указание шлюзу изменить свойства порта
Subtract (Отключить)	MGC -> MG	Контроллер изымает порт из контекста
Move (Перевести)	MGC -> MG	Контроллер переводит порт из одного контекста в другой в одно действие
AuditValue (Проверить порт)	MGC -> MG	Контроллер запрашивает свойства порта, произошедшие события или сигналы, передаваемые в канал, а также статистику, собранную на текущий момент времени
AuditCapabilities (Проверить возможности порта)	MGC -> MG	Контроллер запрашивает возможные значения свойств порта, список событий, которые могут быть выявлены портом, список сигналов, которые порт может посылать в канал, статические данные
Notify (Уведомить)	MG -> MGC	Шлюз информирует контроллер о произошедших событиях
ServiceChange (Рестарт)	MG -> MGC, MGC -> MG	Шлюз информирует контроллер о том, что один или несколько портов выходят из рабочего состояния или возвращаются в рабочее состояние. Контроллер может предписать порту или группе портов выйти из обслуживания или вернуться в обслуживание

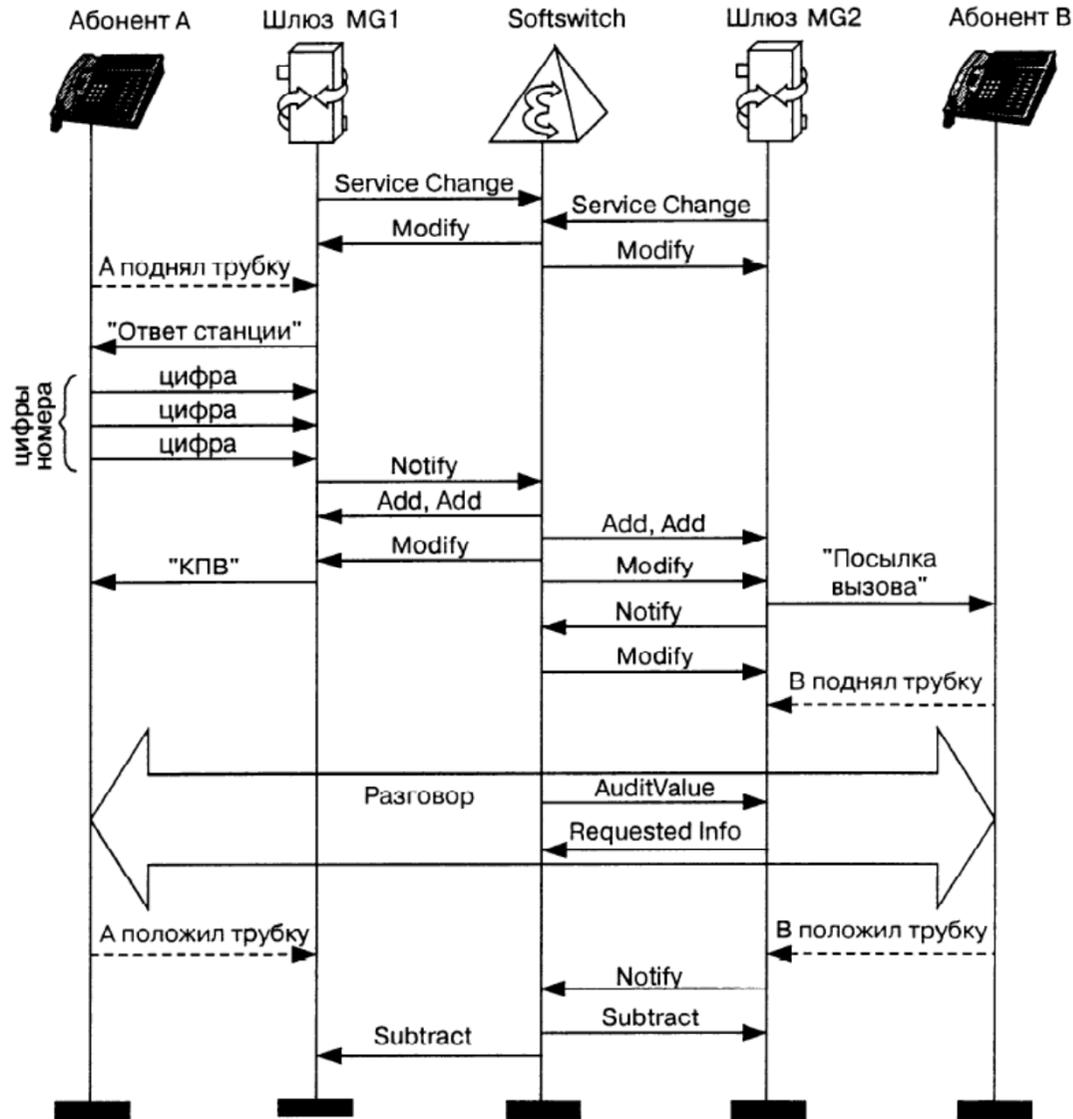


(с) Гольдштейн Б.С.

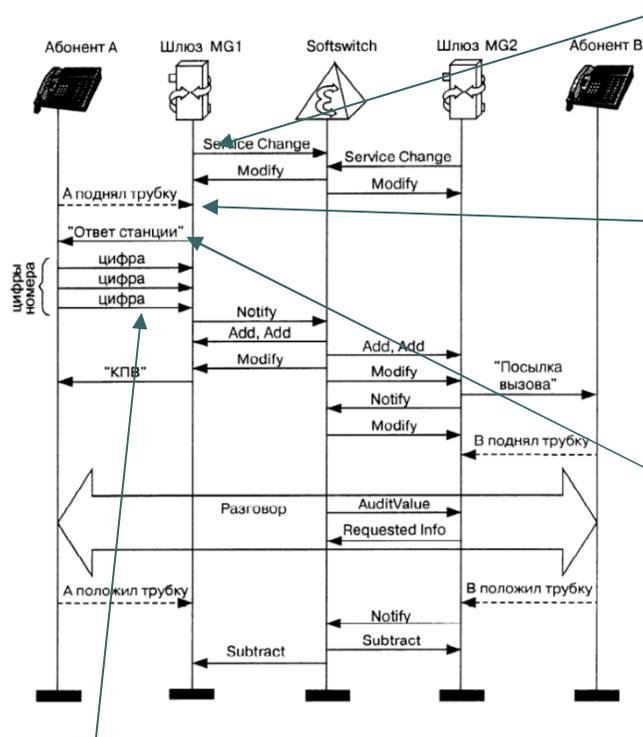


Код ошибок	Описание ошибки
400	Некорректный запрос
401	Ошибка в протоколе
402	Авторизация не подтверждена
403	Синтаксическая ошибка в транзакции
410	Некорректный идентификатор
500	Внутренняя ошибка в шлюзе
501	Не поддерживается
502	Оборудование не готово
503	Услуга не реализована
510	Недостаточно ресурсов

Модель организации сеанса связи в протоколе МегаСО/H.248



Модель организации сеанса связи в протоколе Megaco/H.248 (1)

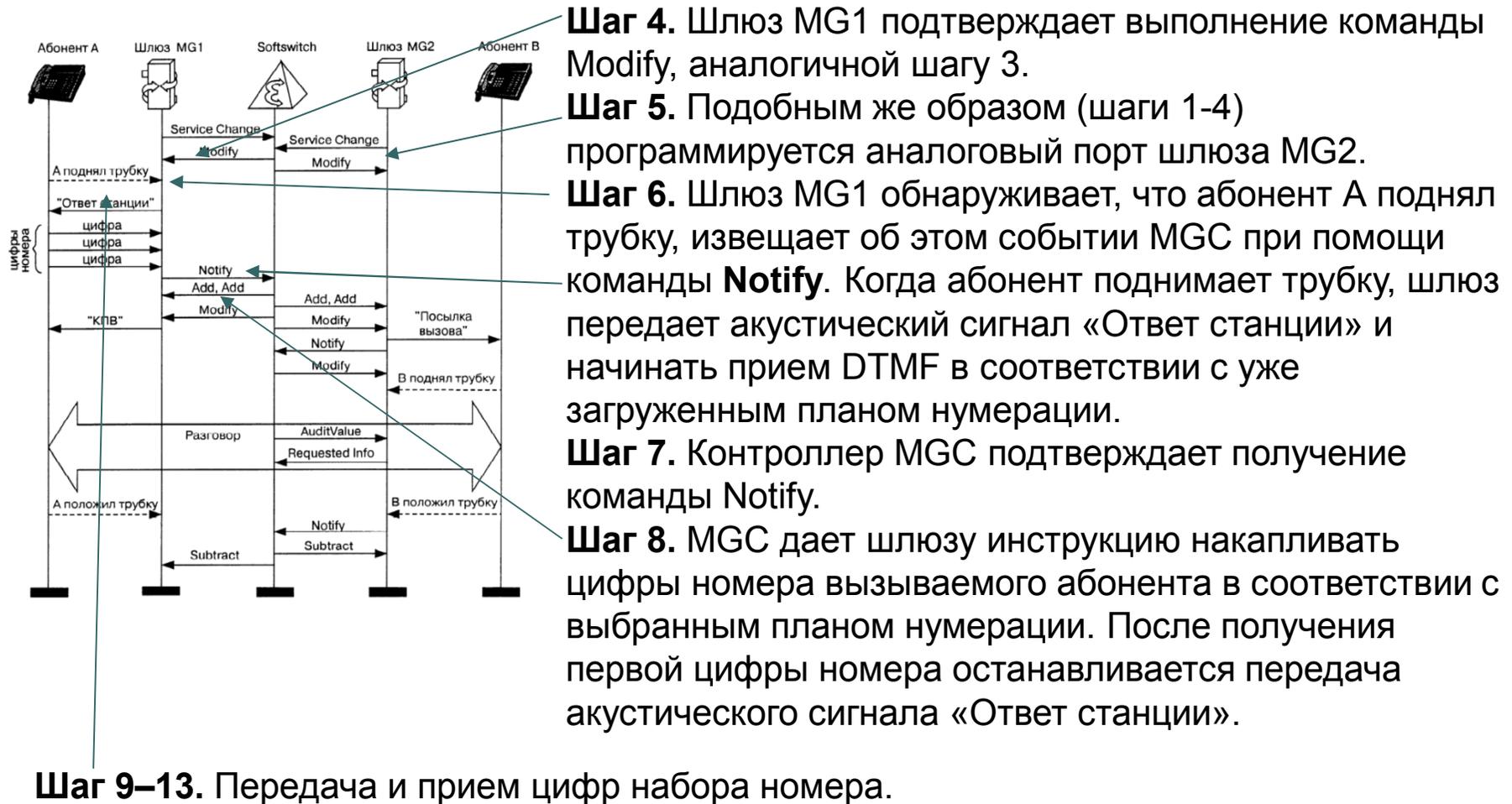


Шаг 1. Шлюз MG1 регистрируется у контроллера MGC при помощи команды `ServiceChange`. Контроллер подтверждает регистрацию шлюза:

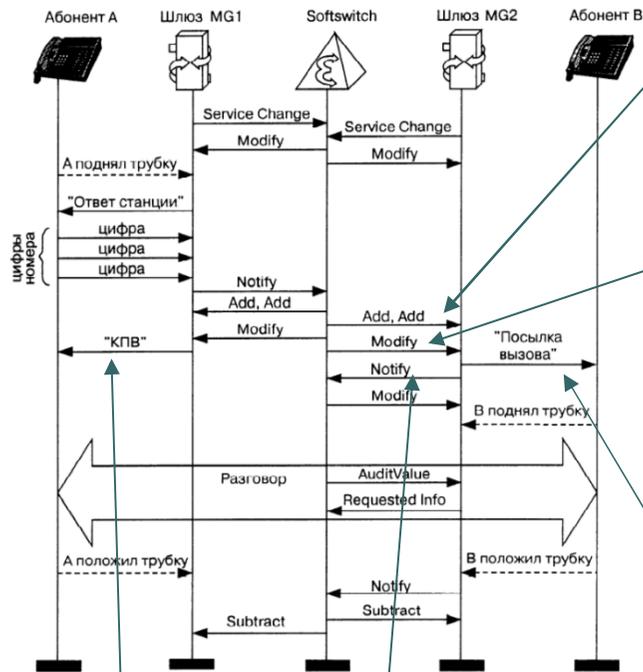
Шаг 3. Шлюз имеет свободные аналоговые порты, которые должны быть запрограммированы для отслеживания изменения сопротивления абонентского шлейфа, означающего поднятие абонентом трубки, после чего шлюз должен передать абоненту акустический сигнал «Ответ станции». Программирование производится при помощи команды `Modify` с соответствующими параметрами, причем программируется порт, находящийся в нулевом контексте. В команде **Modify** указывается идентификатор порта, идентификатор информационного потока, IP–транспортный адрес оборудования, передавшего команду.

На шаге 3 в шлюз может быть загружен план нумерации.

Модель организации сеанса связи в протоколе Megaco/H.248 (2)



Модель организации сеанса связи в протоколе Megaco/H.248 (3)



Шаг 14. Контроллер MGC создает в шлюзе MG2 контекст для установления дуплексного соединения (режим SendReceive) с вызывающим пользователем.

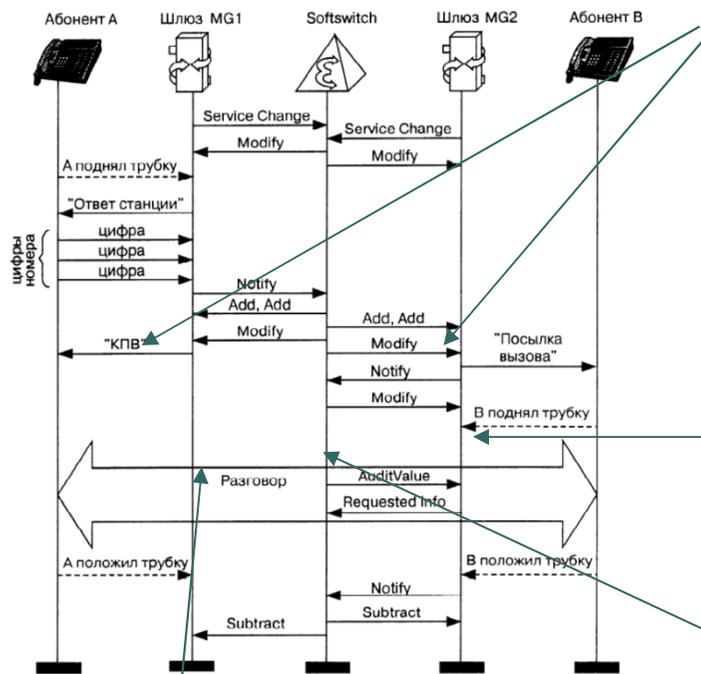
Шаг 15. Создание контекста подтверждается, физический порт шлюза MG2 A5555 (абонент Б) соединяется с UDP/RTP портом, имеющим идентификатор A5556. RTP-порт имеет номер 1111, т.е. отличный от номера порта Megaco/H.248 - 55555.

Шаг 16. Контроллер MGC предписывает порту A5555 шлюза MG2 (абоненту Б) начать передачу вызывного сигнала.

Шаг 17. Шлюз MG2 подтверждает передачу сигнала «Посылка вызова» вызываемому абоненту.

Шаг 18. Контроллер предписывает шлюзу MG1 начать передачу вызывающему абоненту акустического сигнала «Контроль посылки вызова (КПВ)».

Модель организации сеанса связи в протоколе Megaco/H.248 (4)



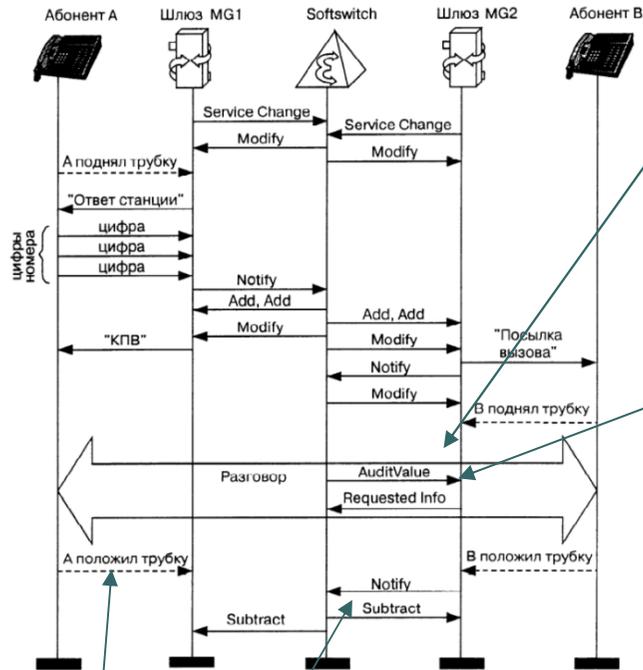
Шаг 19. Шлюз MG1 подтверждает передачу указанного акустического сигнала в порт абонента А. На этом этапе обоим абонентам, участвующим в соединении, посылаются соответствующие сигналы, и шлюз MG2 ждет, пока вызываемый абонент примет входящий вызов, после чего между двумя шлюзами будут организованы двунаправленные разговорные каналы.

Шаг 20. Шлюз MG2 обнаружил, что вызываемый абонент поднял трубку, и извещает об этом контроллер MGC. Контроллер подтверждает получение команды **Notify**.

Шаг 21. Далее контроллер MGC предписывает шлюзу MG2 прекратить передачу вызывного сигнала.

Шаг 22. Контроллер разрешает шлюзу MG1 не только принимать, но и передавать информацию (режим SendReceive), и останавливает передачу вызывающему абоненту акустического сигнала «КПВ». Шлюз MG1 подтверждает выполнение команды.

Модель организации сеанса связи в протоколе Megaco/H.248 (5)



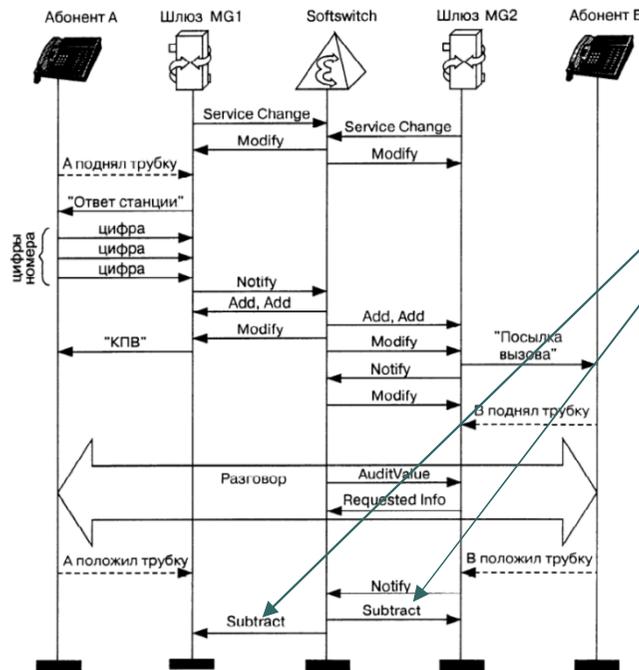
Шаг 23. После этого начинается разговорная фаза соединения, в течение которой участники обмениваются речевой информацией. Следующим шагом контроллер MGC принимает решение проверить RTP-порт в шлюзе MG2.

Шаг 24. Шлюз MG2 выполняет команду. В ответе на команду **AuditValue** передается вся запрашиваемая информация, в том числе статистика, собранная за время соединения. Кроме того, из ответа видно, что не произошло никаких событий и не передавалось никаких сигналов.

Шаг 25. Вызываемый абонент первым завершает соединение, и шлюз MG2 и извещает об этом контроллер MGC.

Шаг 29. Контроллер MGC подтверждает получение сообщения Notify.

Модель организации сеанса связи в протоколе Megaco/H.248 (6)



Шаг 26. Получив информацию от любого из шлюзов о том, что один из абонентов положил трубку, контроллер MGC завершает соединение. К обоим шлюзам передается команда Subtract. Алгоритм завершения соединения предусматривает одинаковый обмен сигнальными сообщениями между контроллером и обоими шлюзами, поэтому здесь этот алгоритм рассматривается на примере шлюза MG2.

Шаг 27. Каждый из портов шлюза MG2, участвующих в соединении (физический порт - A5555 и RTP-порт - A5556), возвращает статистику, собранную за время соединения. В общем случае, контроллер может запрашивать статистическую информацию только у одного из портов.

Шаг 28. После завершения соединения контроллер MGC предписывает шлюзам MG1 и MG2 быть готовыми к тому, что кто-то из обслуживаемых ими абонентов поднимет трубку. Примечательно, что портам шлюза, отображаемым окончаниями в нулевом контексте, по умолчанию может быть предписано обнаруживать, что абонент поднял трубку, при этом контроллер не передает шлюзам специальные команды, как это было показано ранее (см. шаг 3).

1. В сетях NGN сигнальная информация переносится по протоколу SIP или H.323. Эти протоколы работают поверх IP-транспорта, что упрощает взаимодействие с MGC. Сигнализацию OKC7, PRI ISDN или ВСК, как правило, необходимо инкапсулировать в IP транспорт.
2. Протокол SIP прикладного уровня, позволяет устанавливать, изменять и завершать мультимедийные сессии. Текстовый формат его сообщений значительно упрощает его применение. Основным функциональным элементом в SIP является терминал пользователя. Остальные элементы сети отвечают за маршрутизацию вызовов, а в некоторых случаях предоставляют дополнительные услуги.
3. В протоколе Megaco\H.248 весь интеллект обработки вызовов находится в контроллере MGC, а транспортные шлюзы просто исполняют поступающие от него команды. Протокол Megaco заменяет привратник VoIP в протоколе H.323.

Выводы по разделу 2.3 (2)

4. В протоколе Megaco\H.248 используется понятие «контекст». Контекст – отображение логической связи между портами, более широкое понятие чем «сеанс связи». Например, контекст включает описание порта и логическое RTP–соединение между портами. В нулевой контекст записываются все порты, не имеющие связи между собой. Контекст действует только в пределах шлюза.
5. Команды MEGACO, передаваемые между шлюзом и контроллером, в том числе относящиеся к разным контекстам, объединяются в блоки транзакции. В ответ на блок транзакций передаются блоки транзакцией ответов, включая предварительные ответы.
6. Для шлюзов различных производителей в протоколе MEGACO определены типовые наборы характеристик, сигналов и событий.

Раздел 3.

Методы для решения научных и практических задач исследования инфокоммуникационных технологий и сетей связи

Лектор :

доцент кафедры АЭС ПГУТИ,

к.т.н. Гребешков А.Ю.

Самара
2017 год

3.1

Анализ и модели исследования схем коммутаторов инфокоммуникационных систем

Пространственная коммутация (space switching)

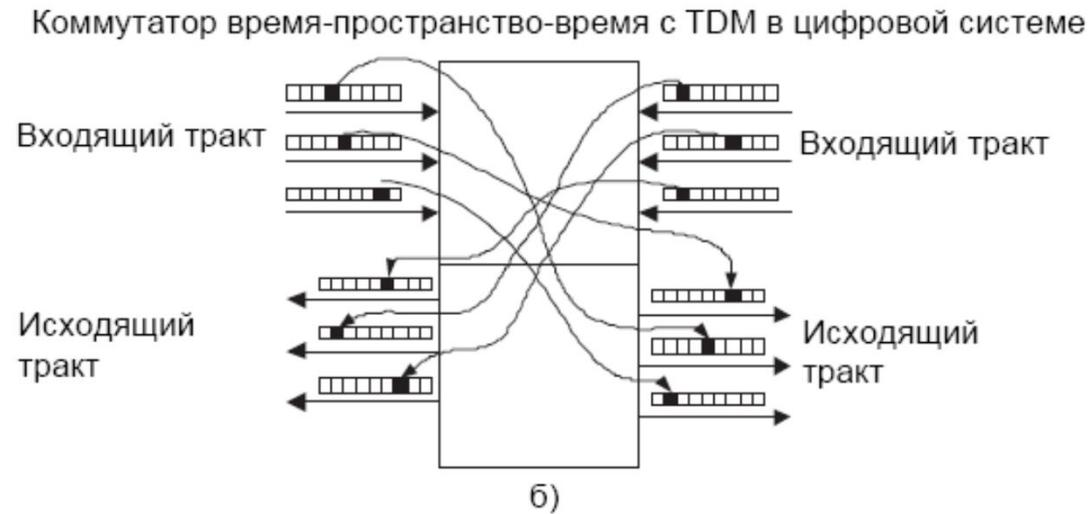
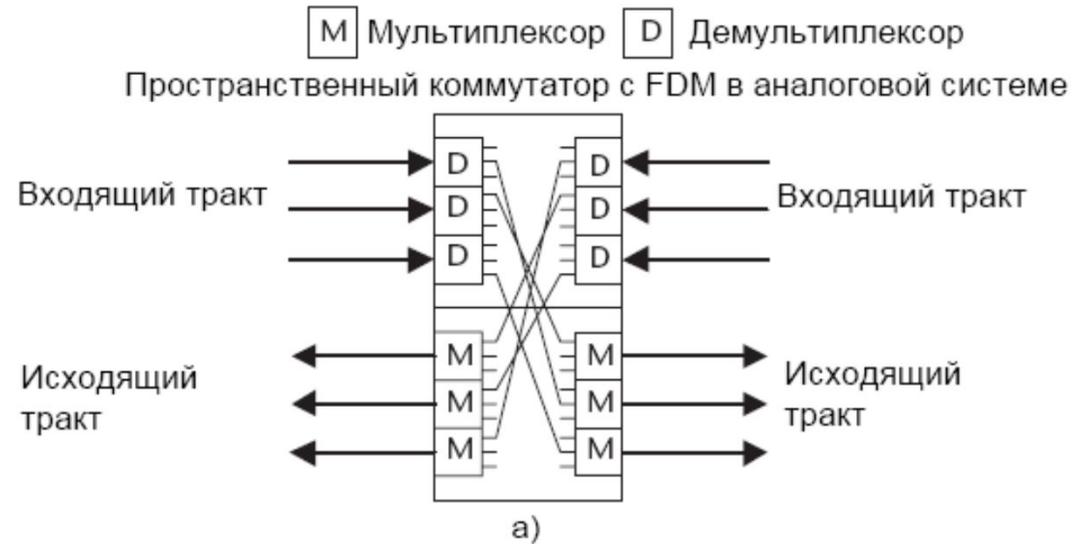
– коммутация в сетях связи, осуществляемая соединением пространственных или временных каналов сети связи без изменения их временных позиций.

Суть преобразования пространственной координаты цифровых сигналов состоит в том, чтобы переместить данное кодовое слово из одной ИКМ линии в другую с сохранением порядка следования кодового слова в структурах циклов обеих линий.

Временная коммутация (*time switching*) – коммутация в сетях связи, осуществляемая изменением временных позиций каналов сети связи.

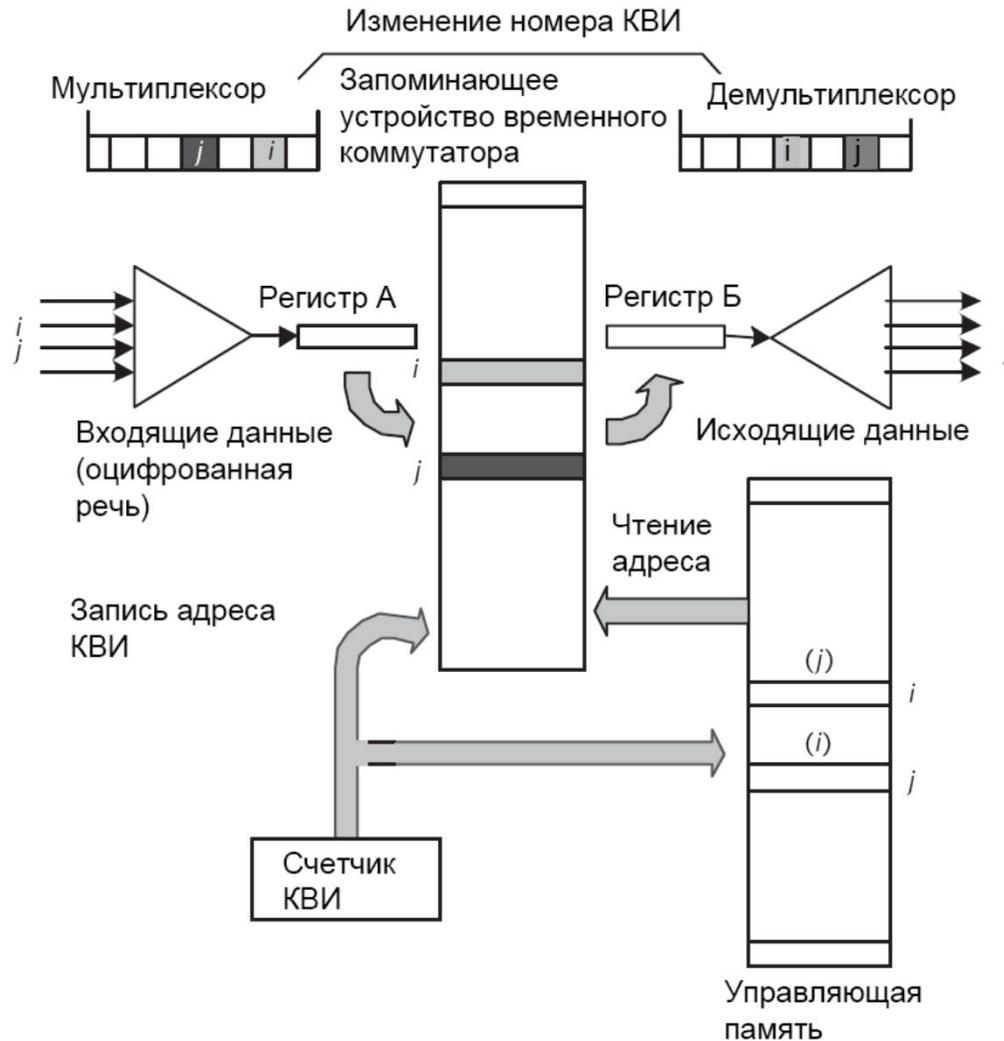
Фактически изменяется номер канального временного интервала для передачи кода (кодированного слоя).

Пример коммутации в аналоговой и цифровой системах



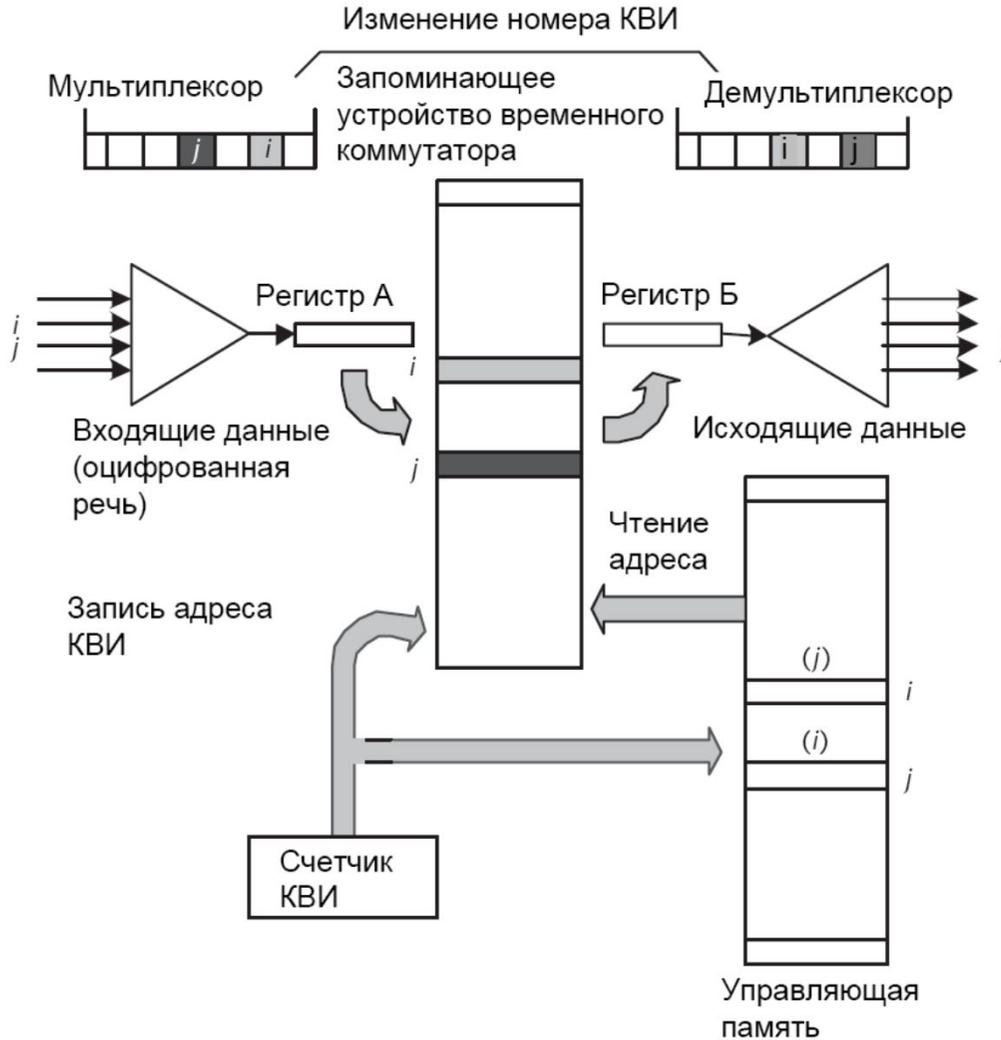
Временной коммутатор построен на основе буферной памяти, запись производится в её ячейки последовательным опросом входов.

Коммутация осуществляется благодаря считыванию данных на выходы из нужных ячеек памяти. При этом происходит задержка на время одного цикла «запись-чтение».



Кодовый отсчет, передаваемый в КВИ входящего цифрового тракта последовательно через мультиплексор записывается в регистр А и в запоминающее устройство временного коммутатора.

В это же время обновляется содержимое управляющей памяти, где формируется адрес ячейки памяти, информация которой будет считываться в регистр Б и далее передаваться по цифровому тракту в демультимплексор, где цифровой поток будет разделяться на отдельные цифровые каналы.



На схеме для считывания содержимого канального временного интервала i используется j -й временной интервал и наоборот.

Обращение к запоминающему устройству в течении длительности КВИ происходит дважды.

В свою очередь, управляющая память формирует адреса для чтения с использованием счетчика канальных временных интервалов, что соответствует управлению по выходам.

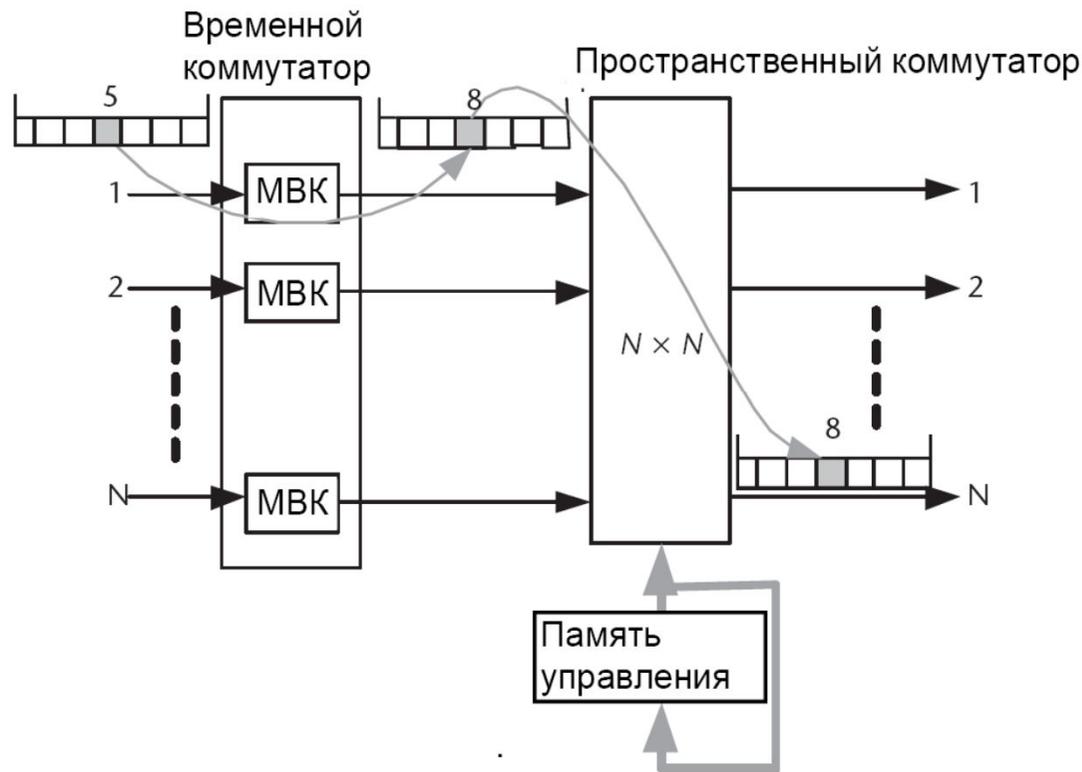
Параметры памяти временного коммутатора

Операции записи и считывания должны выполняться для каждого временного канала (входящего или исходящего), максимальное число каналов c , которые могут быть обслужены:

$$c = 125 / 2t$$

125 – длительность цикла в микросекундах для частоты дискретизации речевого сигнала согласно Рек. МСЭ–Т G.711,(8 кГц),
 t — длительность цикла (обращения) ЗУ в микросекундах.

Пусть $t = 500$ нс тогда схема ВК может обслужить 125 каналов (62 соединения) при условии неблокируемости. ЗУ хранит один информационный цикл, организованный как c слов по 8 битов каждое слово. Управляющая память также имеет объем c слов, причем длина каждого слова равна $\log_2(c)$ (т. е. 7). Таким образом, обе функции памяти могут быть реализованы на базе ЗУ с произвольной выборкой емкостью 128X8 битов.



Основная функция звена временной коммутации — обеспечить задержку информации, поступающей в течение канальных временных интервалов по входящим каналам вплоть до момента наступления временного интервала, соответствующего желаемому исходящему каналу.

На рис. - информация, поступающая в течение временного интервала 5 по тракту 1, задерживается до тех пор, пока не наступит временной интервал 8 для передачи по тракту N.

Понятие и определения для описания коммутатора

Коммутатор – совокупность коммутационных элементов (КЭ), на которых реализуется полное включение n входов в m выходов, обеспечивающая соединение входа с выходом через одну точку коммутации.

Степень коммутации – совокупность коммутационных блоков и управляющих устройств коммутационной техники связи, выполняющих одни и те же функции в процессе установления соединения.

Звено коммутации – группа коммутаторов, реализующих одну и ту же функцию в ЦКП, осуществляющих соединение входа с выходом через одну точку коммутации.

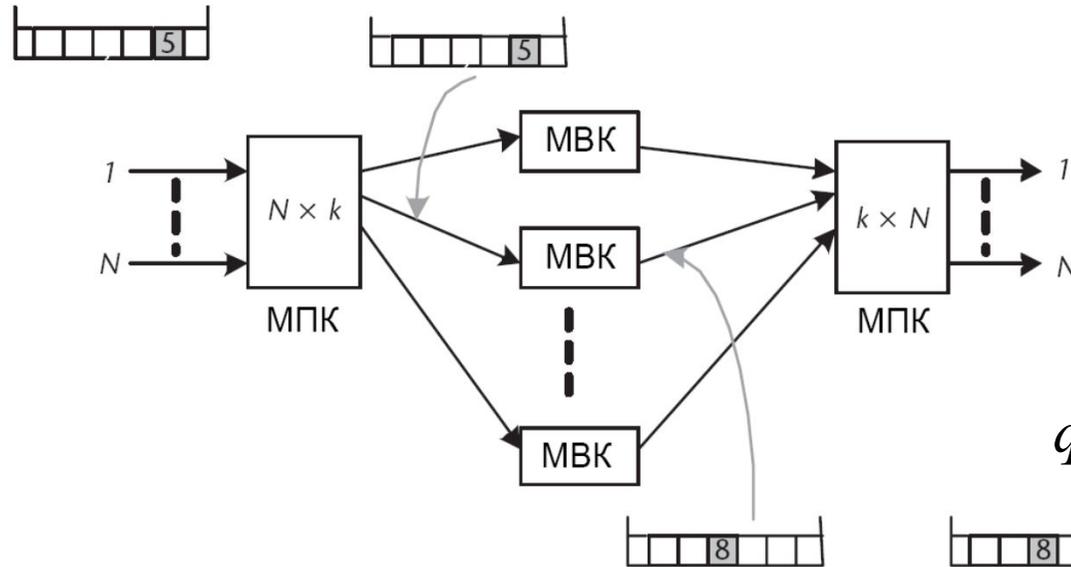
Звеньевая структура ЦКП – структура, при которой коммутационное поле коммутационного блока (ЦСК) состоит из нескольких звеньев, последовательно соединенных между собой в определенном порядке, через которые устанавливаются соединения от входа к выходу.

Понятие о блокировке

Блокировка в звеньевой структуре коммутационного поля (call congestion) – состояние коммутационного поля коммутационного блока (ЦСК), при котором соединение конкретного входа с требуемым свободным выходом невозможно из-за занятости промежуточных линий к этому выходу.

В общем случае, если в ЦКП существует вероятность блокировки, такая структура называется блокирующей, в противном случае структура называется не блокирующей.

Вероятность блокировок



Для рассматриваемого варианта $N \times N$ вероятность внутренних блокировок составляет величину

$$P = (1 - (q^M)^2)^k,$$

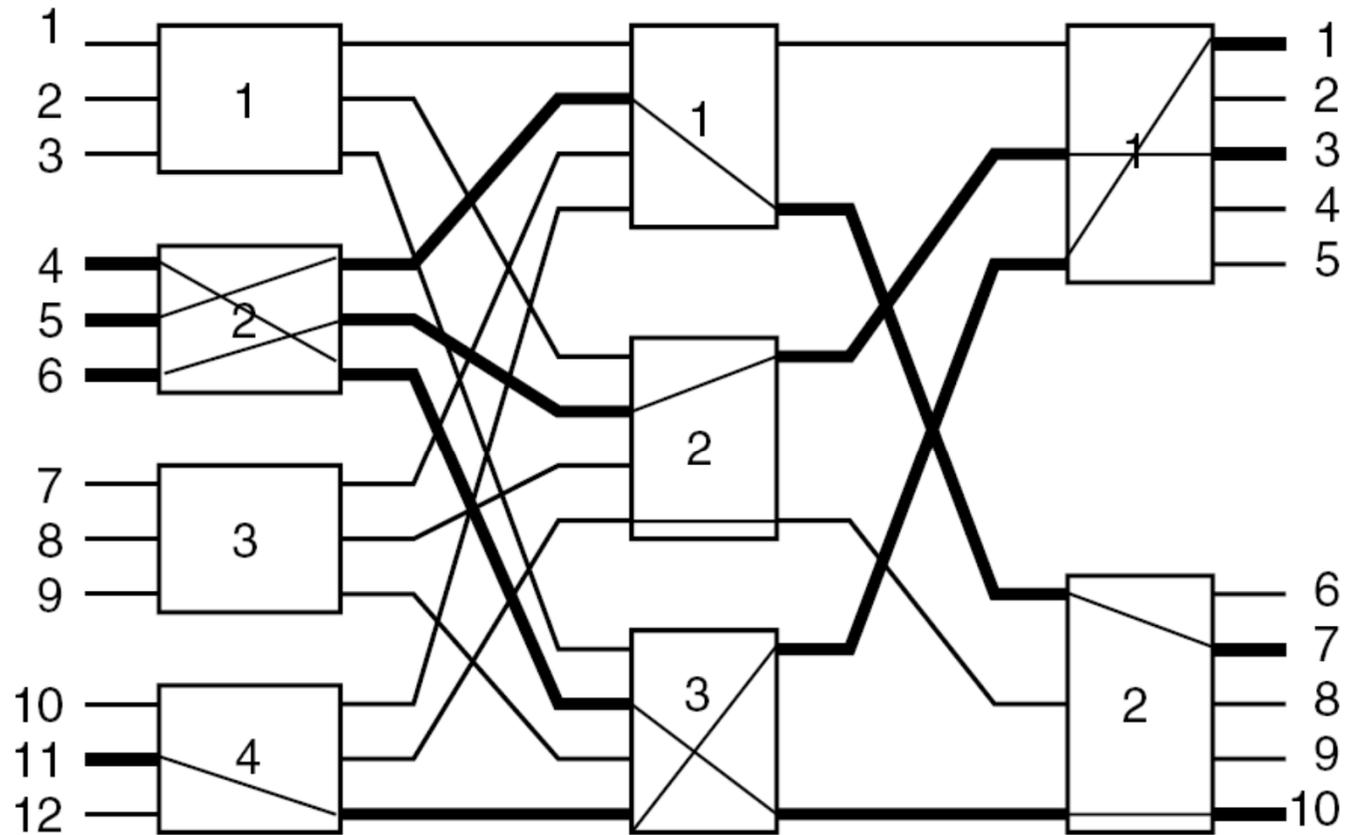
$$q^M = 1 - p^M = 1 - \frac{p}{\beta}, \beta = \frac{k}{N}$$

p — потери во входящем тракте (на входе в пространственный коммутатор);

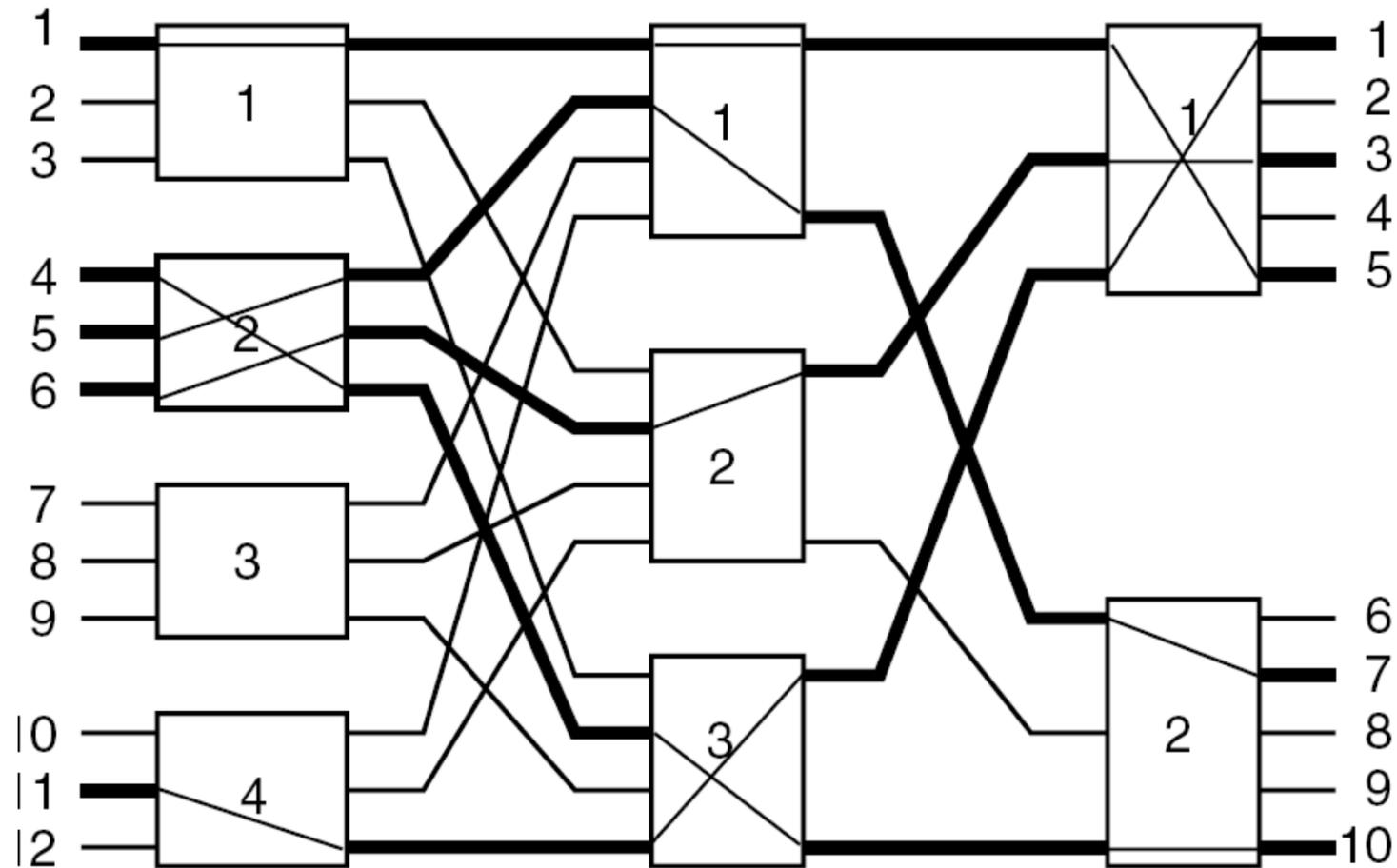
N — количество входов/выходов;

k — количество выходов коммутатора звена пространство.

Пример неблокирующего состояния



Пример блокировки выходов

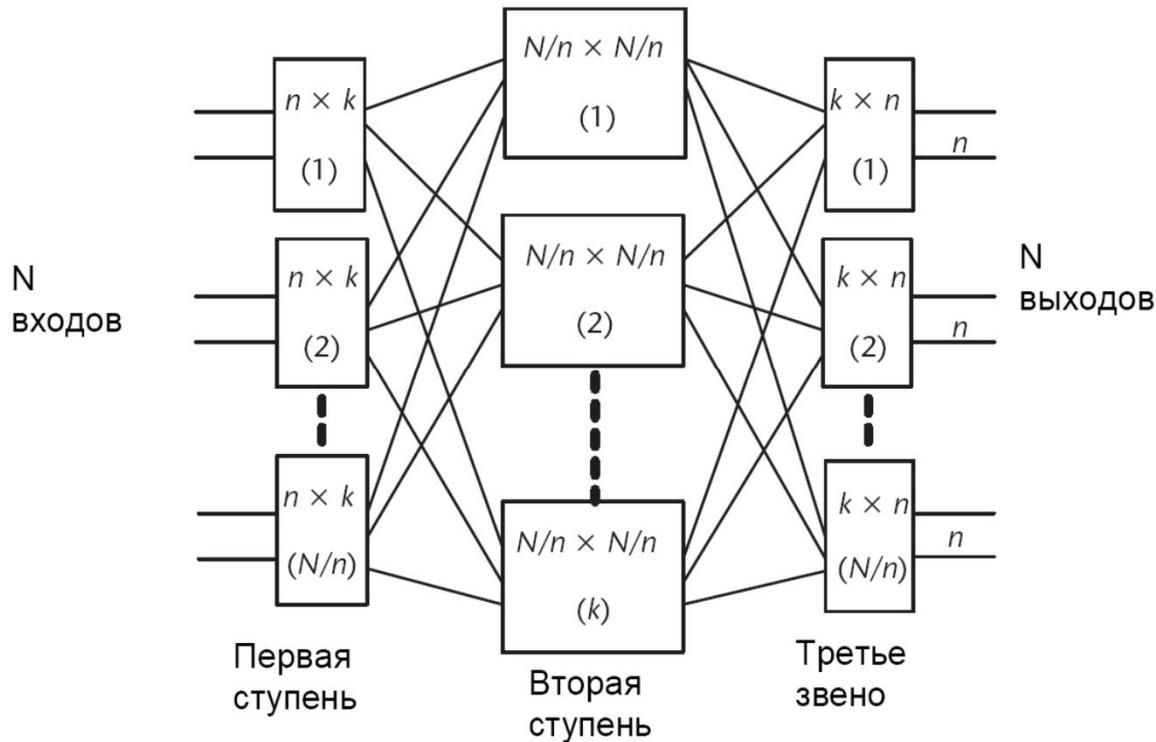


Строго неблокирующая звеньевая структура (сеть) (Strikly nonblocking, **SNB)** – в данной структуре нет состояний с блокировками, то есть каждое новое состояние – неблокирующее.

Неблокирующая звеньевая структура (сеть) в широком смысле (Wide sence nonblocking, **WSNB)** – в данной структуре каждое допустимое соединение осуществляется по алгоритму маршрутизации, такому, что новое состояние структуры относится к неблокирующему состоянию.

Перестраиваемая звеньевая структура (сеть) (Rearrangeably nonblocking, **RNB)** – в данной структуре каждое допустимое соединение осуществляется по алгоритму маршрутизации после перестроения схемы, чтобы обслужить такое соединение.

Условие для построения неблокирующей структуры $N \times N$



$$k > 2^n - 1,$$

где

k - число коммутаторов в промежуточном звене;

$$n = \frac{N}{n},$$

где n - число коммутаторов во входном звене.

Схема Клоза (Clos)

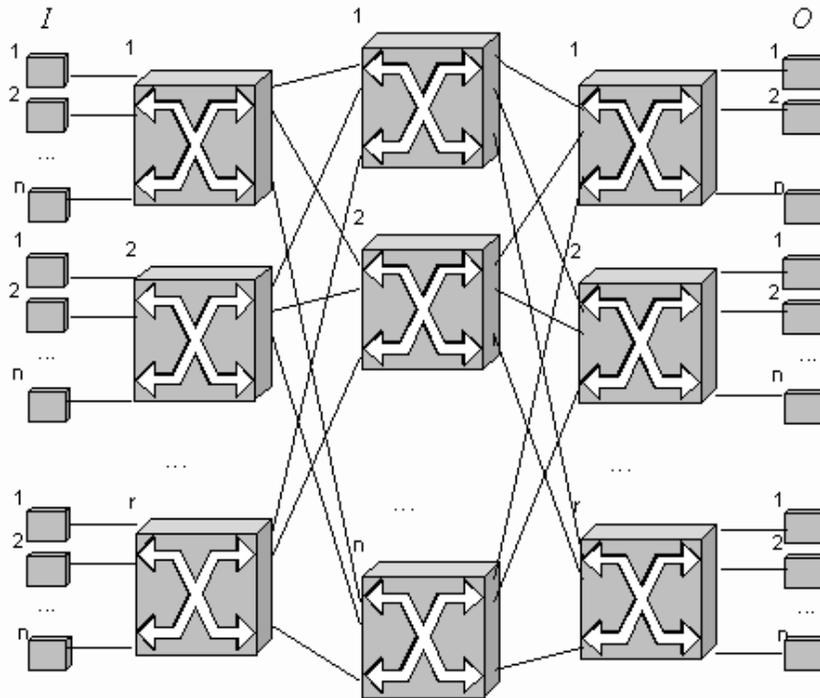


Схема $M \times N$,
трехзвеньевая, на
каждом звене
находится q модулей
временной
коммутации.

От каждого q_s
коммутатора
(модуля) на звене s
существует

**точно одна линия на каждый коммутатор
следующего звена**

Для схемы Клоза действует следующее соотношение:

$$q_1 = \frac{M}{m_1}, q_3 = \frac{N}{n_3}, n_1 = q_2 = m_3, m_2 = q_1, n_2 = q_3.$$

Схема Клоза будет SNB в случае выполнения следующих условий:

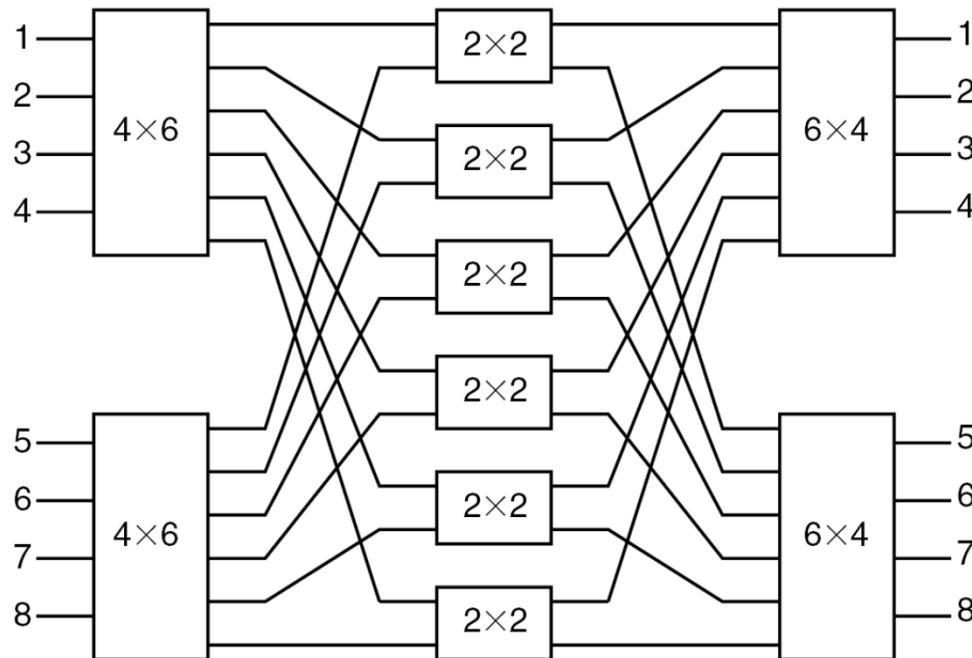
$$q_2 \geq \begin{cases} N, \text{ если } m_1 \geq N; \\ M, \text{ если } n_3 \geq M; \\ m_1 + n_3 - 1 \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

Правило набивки для WSNB схемы Клоза

Правило уплотнения, набивки (packing rule) применяется для маршрутизации вызовов через схему Клоза.

Согласно данному правилу вновь поступивший вызов/заявка будет маршрутизироваться через самый загруженный модуль промежуточного звена, то есть через тот модуль, который в данный момент времени обслуживает максимальное количество активных соединений.

Симметричная схема Клоза с $q_1 = 2$ если $q_2 \geq \left\lfloor \frac{3m_1}{2} \right\rfloor$



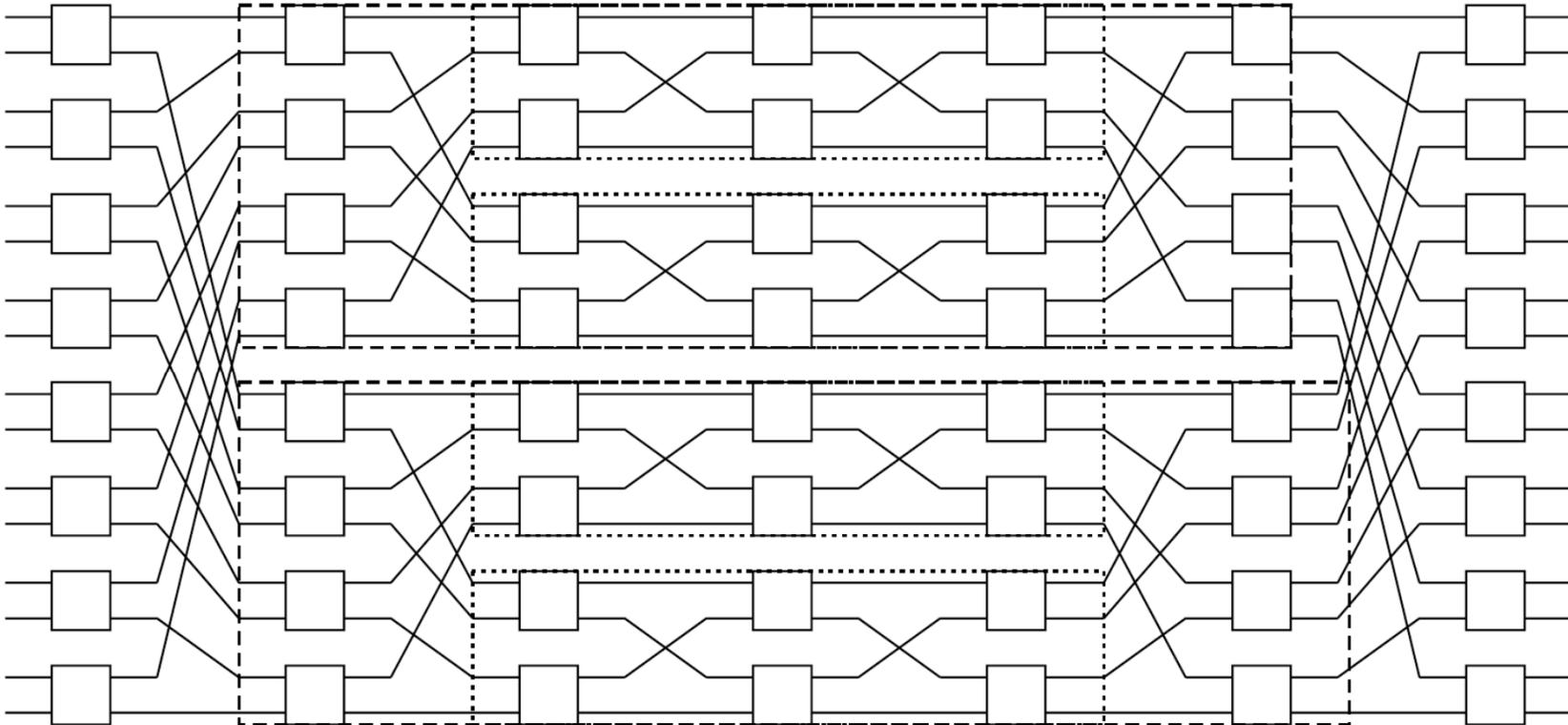
Симметричная схема Клоза с $m_1 = n_3$ и с $q_1 = q_3$ будет WSNB тогда и только тогда, когда :

$$q_2 \geq 2m_1 - 1 \text{ для } q_1 \geq 3.$$

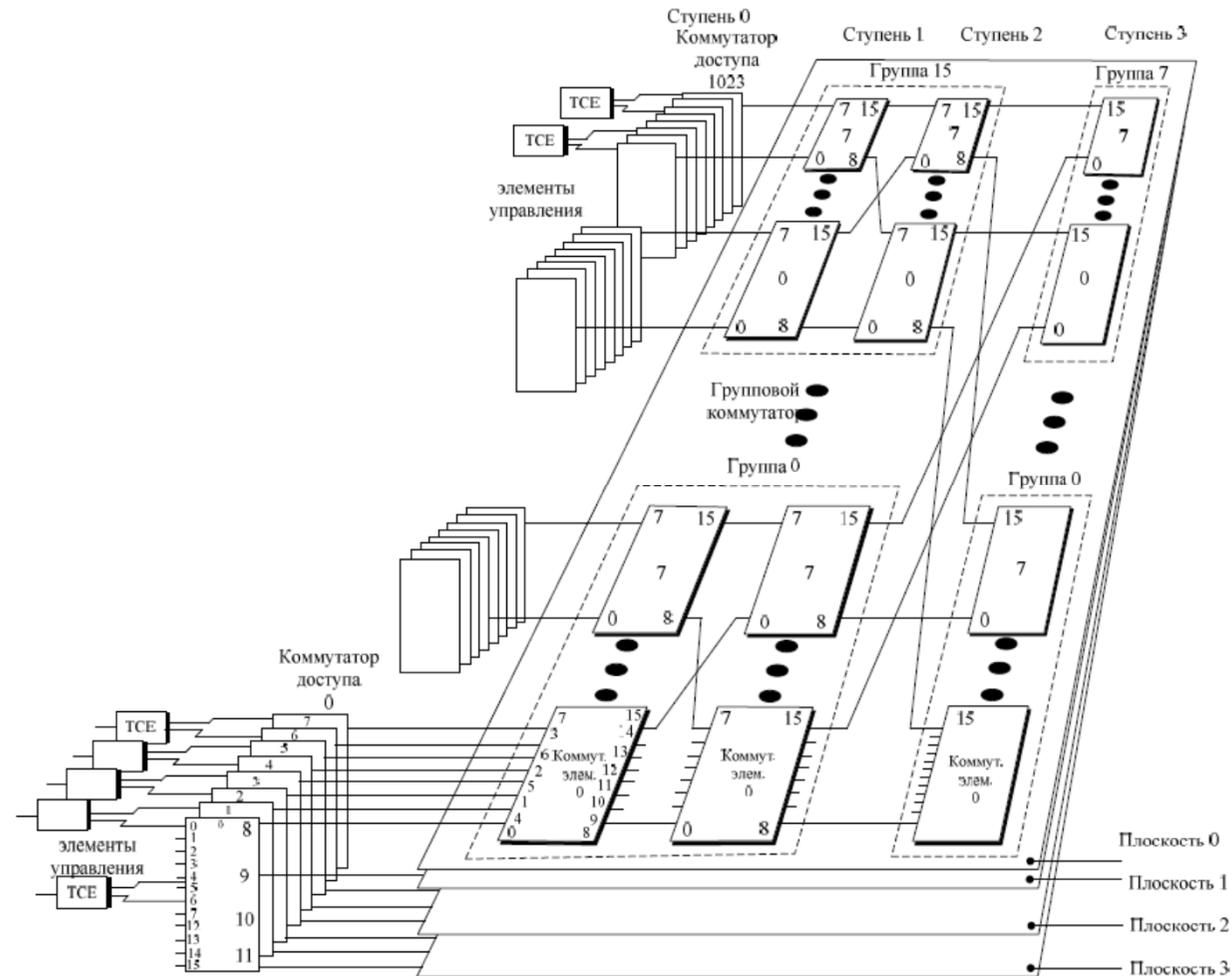
M x N схема Клоза будет RNB если $q_2 \geq \max(m_1, n_3)$.

Схема Бенеша (Benes)

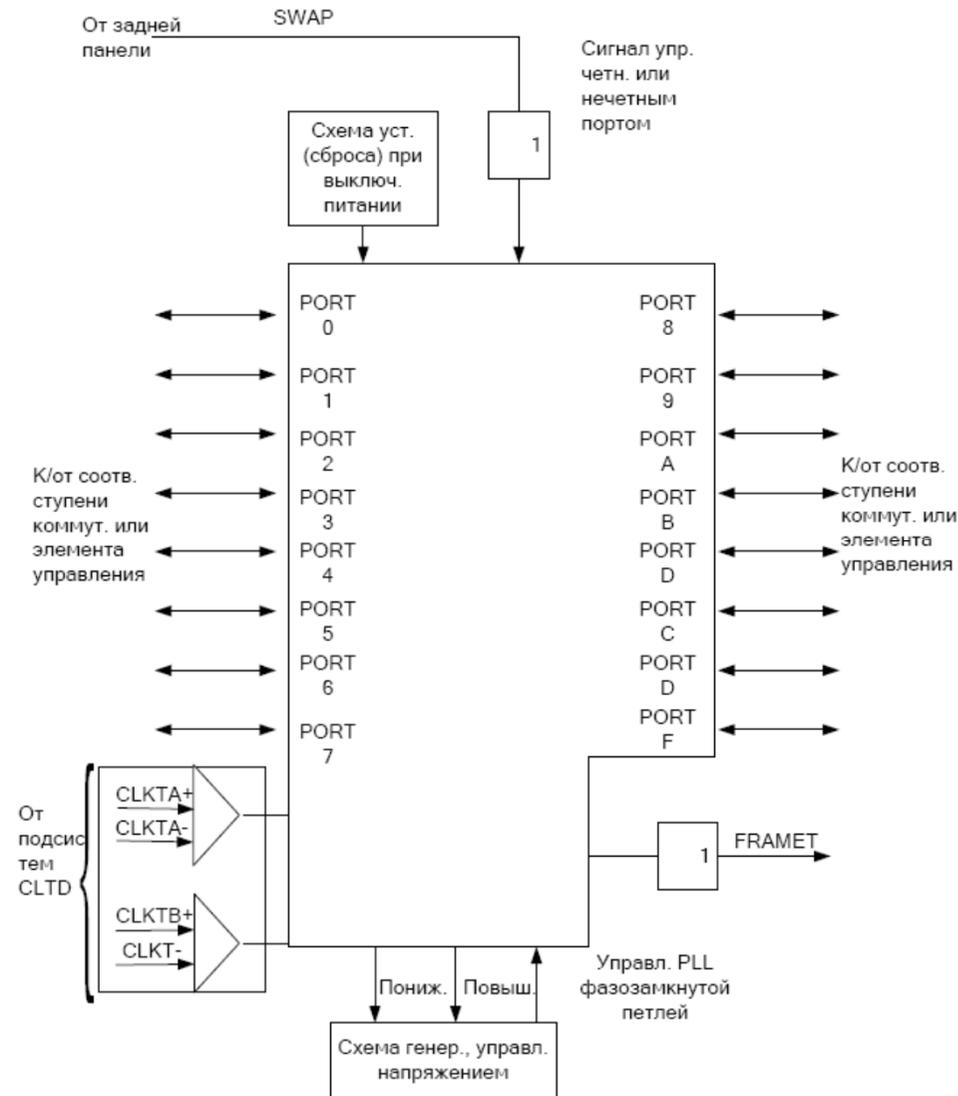
16 x 16 из 56 коммутаторов 2 x 2



Пример : структура цифрового коммутационного поля DSN



Пример : цифровой коммутационный элемент DSE



1. В настоящее время на сетях связи действует в основном электронное (цифровое) коммутационное оборудование. В этом коммуникационном оборудовании используются электронные коммутационные элементы (КЭ), реализующие высокоскоростную точку коммутации.
2. На современных сетях связи применяются в основном системы связи с управлением по загружаемой или по замонтированной компьютерной программе. Управление осуществляется микропроцессором, который функционирует под контролем исполняемой им программы. Применяется коммутация «время-пространство-время».
3. Конструкция современного ЦСК включает в себя следующие функциональные блоки: блок цифровых абонентских линий – предназначен для подключения абонентов или УПАТС; линейный блок – предназначен для подключения узлов на транспортную сеть; цифровое коммутационное поле – предназначено для коммутации и соединения между абонентскими и линейными блоками; блоки управления и сигнализации.

3.2

Анализ и синтез инфокоммуникационных сетей: задачи и методы

Основные понятия и определения (1)

Метод – совокупность приемов и операций познания и практической деятельности; способ достижения определенных результатов в познании и практике.

Анализ и синтез являются наиболее общими методами.

Анализ – процедура мысленного, а часто и реального расчленения исследуемого объекта (явления, процесса), свойств предмета или отношения между предметами на части (признаки, свойства, отношения).

Синтез – соединение различных элементов, сторон предмета в единое целое (*систему*), которое осуществляется как в практической деятельности, так и в процессе познания.

Основные понятия и определения (2)

Модель – объект - заместитель объекта оригинала, обеспечивающий изучение некоторых свойств оригинала.

Замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели называется **моделированием**.



Анализ требуется для нахождения аналитических соотношений между определенными параметрами сетей.

Процесс вывода формул достаточно сложен, особенно для сетей с большим числом элементов.

Результаты имеют большую ценность, поскольку дают возможность анализа зависимости результата от изменения различных факторов.

Как правило, аналитические соотношения получаются для сетей с небольшим числом сетевых элементов.



- Теория массового обслуживания
- Марковские процессы (цепи)
- Методы диффузной аппроксимации и декомпозиции
- Методы теории конечных автоматов, сети Петри
- Методы тензорного анализа
- Методы теории графов
- Методы теории множеств
- Фракталы и самоподобные процессы
- Методы сетевого исчисления (network calculus).

Математическое выражение, описывающее математическую зависимость между входными и выходными данными и показывающая вид такой функциональной зависимости вида

$$U = f(x),$$

где

x — совокупность входных данных;

f — зависимость, которая записана в виде математической функции;

U — совокупность выходных данных.

Цель решения задачи оптимизации записывается в виде так называемой **целевой функции**, для которой необходимо отыскать **экстремум** (минимум или максимум).

На входящие в функцию параметры могут накладываться ограничения, указывающие, в каких пределах могут изменяться значения искомых параметров.

Формулировка задачи ОПТИМИЗАЦИИ

В оптимизационных задачах отыскивается такое значение x , при котором **критерий**, характеризующий **качество функционирования системы** (скалярная величина) получает наибольшее или наименьшее значение (либо достигает граничного уровня):

$$U = f(x, y) \rightarrow \max.$$

где

y — вектор переменных, не поддающихся управлению, но влияющих на U (*шумы, помехи*);

f — функция, задающая отношения между всеми указанными величинами.

Оценка потенциальных возможностей среды для взаимосвязи открытых систем при заданных параметрах воздействия внешней среды, определение параметров кодера и декодера

Разработка таких алгоритмов работы кодера и декодера, которые при заданных параметрах среды ВОС и параметрах внешней среды обеспечили бы оптимизацию параметров кодера и декодера или, что эквивалентно, оптимизацию параметров среды ВОС.

Оценка значений пропускной способности, качества, надежности, устойчивости сетей связи при определенных параметрах поступающей нагрузки и дисциплинах обслуживания заявок.

Нахождение оптимальной, в некотором смысле, структуры сети связи, при заданных параметрах пропускной способности каналов, зонах покрытия, интенсивности поступающего трафика. При синтезе сети обычно полагается заданным расположение узлов сети.

К *частным задачам синтеза* можно отнести задачи выбора оптимальной топологии сети, выбор оптимального количества и места расположения узлов связи и т. д.

Теория массового обслуживания – теория очередей, раздел теории вероятностей, изучающий математические модели разного рода реальных *массового обслуживания систем*. Эти модели представляют собой случайные процессы специального вида, которые называются иногда процессами обслуживания. Чаще всего используется описательное определение этих процессов, поскольку формальное их построение оказывается весьма сложным и не всегда эффективным.

Система массового обслуживания - понятие, которое включает в себя случайный «входящий» поток требований (заявок, вызовов, пакетов), нуждающихся в «обслуживании», и механизм (алгоритм), осуществляющий это «обслуживание».

Особенности СМО для анализа узлов и сетей связи

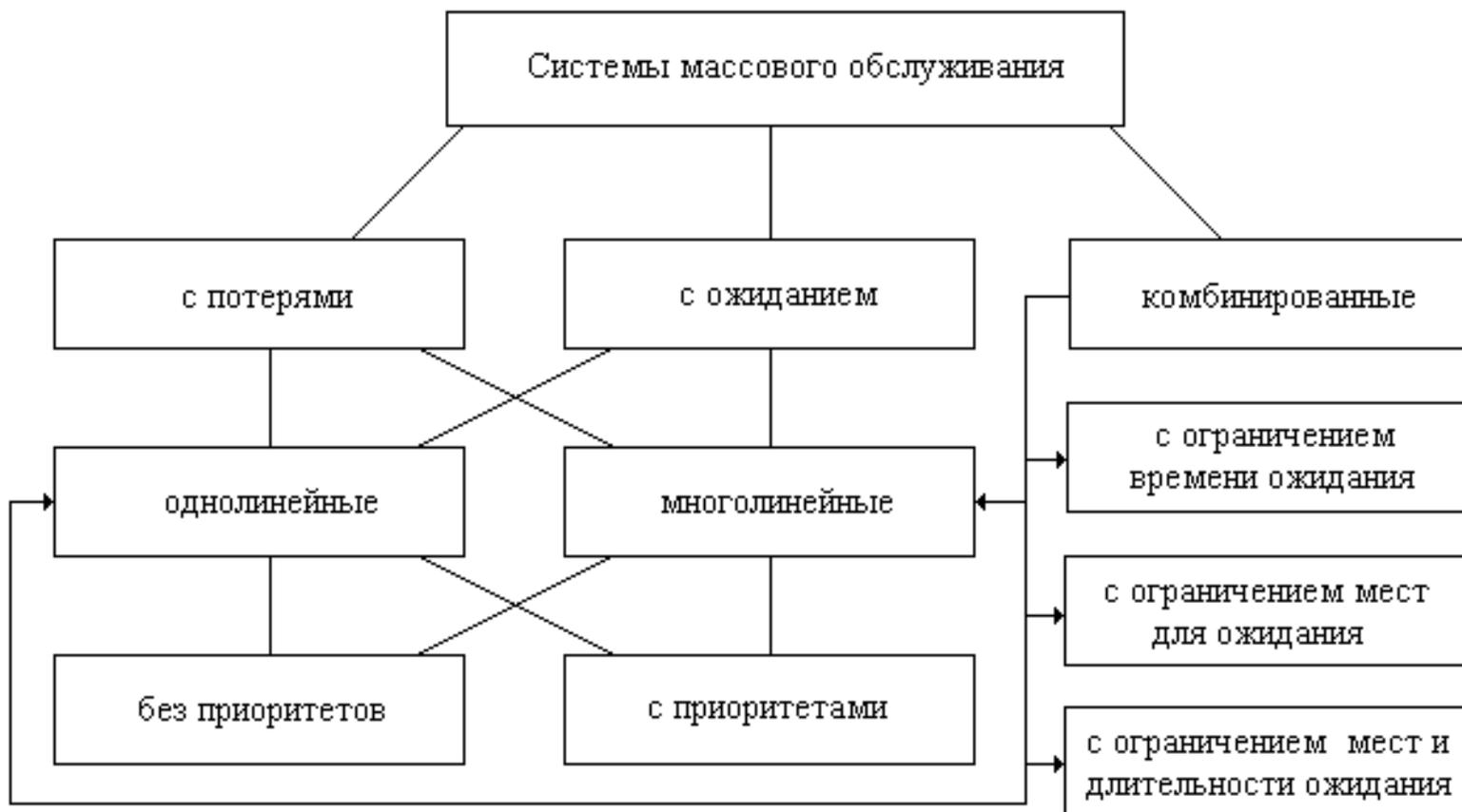
- Вероятностное распределение моментов поступлений заявок на обслуживание (единичных или групповых)
- Вероятностное распределением времени продолжительности обслуживания.
- Описание конфигурации обслуживающей системы (параллельное, последовательное или параллельно-последовательное обслуживание).
- Количество и производительность обслуживающих каналов.
- Дисциплиной обслуживания очереди.
- Мощность источника заявок.



**Экспоненциальный
Детерминированный
Равномерный
Эрланговский разного порядка
Экспоненциальный с ненулевыми
смещениями
Гиперэкспоненциальный
....
и другие!**



- Вероятность немедленного обслуживания поступившей заявки.
 - Вероятность отказа в обслуживании поступившей заявки.
 - Относительная и абсолютная пропускная способность системы.
 - Средний процент заявок, получивших отказ в обслуживании.
 - Среднее время ожидания в очереди.
 - Средняя длина очереди.
 - Средний доход от функционирования системы в единицу времени
- и другие!



(с)Соколов В.А.



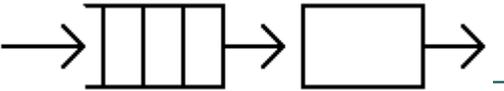
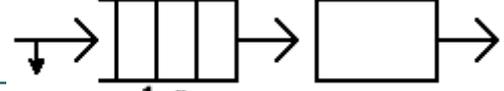
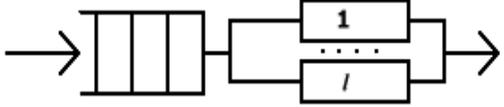
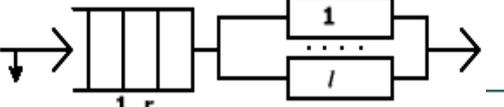
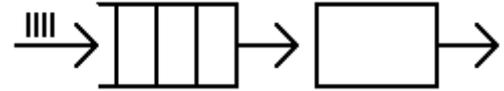
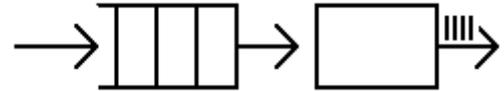
A/B/C(:)D/E

- A** – закон распределения времени поступления заявок (M–экспоненциальный, E–эрланговский, Hr гиперэкспоненциальное распределение с r этапами, D–детерминированный, G–произвольный характер распределения)
- B** – закон распределения времени обслуживания приборами заявок, поступивших в СМО;
- C** – число обслуживающих приборов (1 – для одноканальной системы, l – для многоканальной, " ∞ " – бесконечно большое число);
- D** – число мест для ожидания (если число мест не ограничено, то данное значение опускается; для конечного числа мест указывается r или n ; "O" указывает на дисциплину обслуживания с потерями, символ " ∞ " говорит о неограниченной емкости буферного накопителя на входе СМО.);
- E** – дисциплина обслуживания заявок (FIFO, первым пришел – первым ушел, LIFO, последним пришел – первым ушел, RANDOM случайный порядок обслуживания).

M/M/1 – СМО с одним обслуживающим прибором, бесконечной очередью, экспоненциальными законами распределения интервалов времени между поступлениями заявок и времени обслуживания, дисциплиной обслуживания FIFO;

E/H/r/LIFO – СМО с r обслуживающими приборами, конечной очередью длиной r , эрланговским законом распределения интервалов между поступлениями заявок, гиперэкспоненциальным распределением времени обслуживания приборами, дисциплиной обслуживания LIFO;

M/M/m – СМО с экспоненциальным распределением моментов поступления заявок, экспоненциальным распределением времени обслуживания требований в m одинаковых параллельно работающих приборах, с безграничной очередью).

<p>Одноканальная с ожиданием</p>	<p>G / G / 1</p>	
<p>Одноканальная с потерями</p>	<p>G / G / 1 / r</p>	
<p>Многоканальная с ожиданием</p>	<p>G / G / I</p>	
<p>Многоканальная с потерями</p>	<p>G / G / I / r</p>	
<p>Одноканальная с групповым поступлением заявок</p>	<p>Gr / G / 1 / r</p>	
<p>Одноканальная с групповым обслуживанием заявок</p>	<p>G / Gr / 1 / r</p>	

Полагаем что $\lambda < \mu$,

где λ – интенсивность поступающих заявок, промежутки времени между поступлением двух последовательных заявок описываются

функцией вида:

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t},$$

где

λ – интенсивность потока поступающих заявок;

t – время.

μ – интенсивность обслуживания потока заявок, т.е. в среднем непрерывно занятый канал будет выдавать μ обслуженных заявок.

Промежутки времени между обслуживанием двух последовательных заявок описываются функцией вида:

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t},$$

где

μ – интенсивность потока обслуженных заявок;

t – время.



Вероятность того, что в системе находится n заявок:

$$P_n = (1 - r)r^n, n = 1, 2, 3, \dots,$$

где $r = \frac{\lambda}{\mu}, r < 1$, приведенная интенсивность потока (коэффициент загрузки), которая принимается равной меньше 1 т.е. очередь не растет безгранично; это предельный стационарный режим работы СМО.

$$L_S = \sum_{n=0}^{\infty} n \times P_n = \frac{\rho}{1 - \rho}, \quad \text{где } \rho - \text{ приведенная}$$

интенсивность потока, $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$, т.е. вероятность того, что канал занят.

Средняя продолжительность пребывания заявки в системе равна:

$$W_s = \frac{L_s}{\lambda} = \frac{1}{(\mu \times (1 - \rho))} .$$

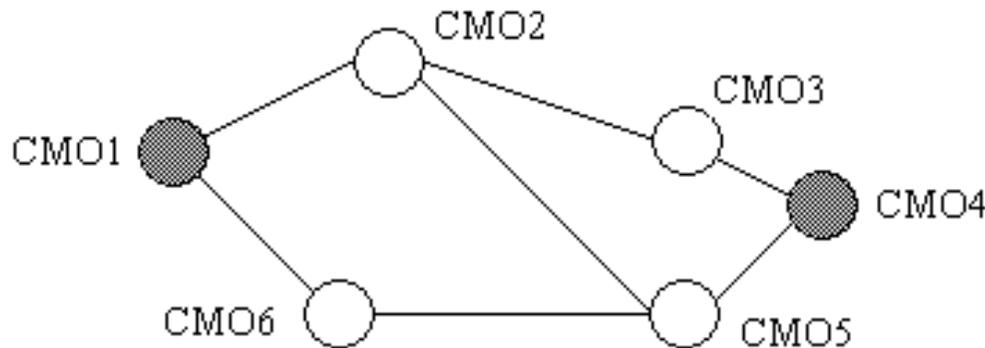
Среднее число заявок в очереди на обслуживание:

$$L_q = L_s - \frac{\lambda}{\mu} = \frac{\rho^2}{(1 - \rho)} .$$

Средняя продолжительность пребывания заявки в очереди на обслуживание составляет:

$$W_q = \frac{L_q}{\lambda} = \frac{\rho}{(\mu(1 - \rho))} .$$

Сеть массового обслуживания СеМО



СеМО -
совокупность
нескольких систем
массового
обслуживания,
обслуживающих
заявки

СМО1 и СМО4 описывают процессы функционирования УС – истоков и стоков(получателей) информации. СМО 2,3,5,6 являются моделями для транзитных УС. СеМО можно представить в виде графа, структура которого определяется принципом обслуживания заявок.

Случайные последовательности, обладают **марковским свойством** если есть условная независимость прошлого и будущего при известном настоящем.

Дискретная цепь Маркова задана если выполняется свойство:

$$P[X_n = j | X_1 = i_1, X_2 = i_2, \dots, X_{n-1} = i_{n-1}] = P[X_n = j | X_{n-1} = i_{n-1}].$$

В цепи Маркова поток случайных величин определяется только вероятностью перехода от предыдущего значения случайной величины к последующему.

Зная начальное распределение вероятностей, можно найти распределение на любом шаге. Величины i_n можно интерпретировать как номера состояний некоторой динамической системы с дискретным множеством состояний (типа конечного автомата).

Если вероятности переходов не зависят от номера шага, то такая цепь Маркова называется однородной и ее определение задается набором вероятностей:

$$p_{ij} = P[X_n = j | X_{n-1} = i].$$

Для однородной Марковской цепи можно определить вероятности перехода из состояния i в состояние j за m шагов:

$$p_{ij}^{(m)} = P[X_{n+m} = j | X_n = i] = \sum_k p_{ik}^{(m-1)} p_{kj}, m = 2, 3, \dots$$

1. Громоздкость вычислений для сложных моделей, решения сложной системы алгебраических уравнений.
2. Сложность аналитического описания вычислительных процессов сетей связи
3. Недостаточная развитость аналитического аппарата в ряде случаев не позволяет выбирать для исследования наиболее важные характеристики сетей, особенно при описании процессов функционирования программных средств операционных систем и другого ПО.

3.3

Синтез инфокоммуникационных сетей: задачи и методы

Задача синтеза в общем включает в себя создание структуры проектируемой системы и расчет ее параметров.

Эти две части задачи синтеза называют **структурным и параметрическим синтезом.**

Параметрический синтез непрерывных систем обычно реализуется с помощью методов и алгоритмов оптимизации. Методы оптимизации применяют, когда управляемые параметры непрерывны, т. е. могут принимать любые значения в пределах непрерывной допустимой области.

Для синтеза объектов с дискретными внутренними параметрами используются методы **дискретного математического программирования**.

Если при оптимизации часть управляемых параметров дискретна, а часть параметров имеет непрерывный характер, задача должна решаться методами **частично дискретного программирования**.

Структура объектов определяется природой элементов и способом их связи между собой в составе объекта.

Результатом **структурного синтеза** должны быть или перечень типов элементов вместе с таблицей соединений, или схема расположения элементов с указанием их типов, или схема алгоритма и т. п.

В общем случае синтез структуры, является задачей выбора некоторого варианта, представляющего собой элемент счетного множества.

Когда множество вариантов синтеза оказывается конечным в том числе по причине искусственных ограничений задача синтеза становится комбинаторной.

Комбинаторную задачу можно решить путем анализа и сравнения всех возможных вариантов, т. е. с помощью полного **перебора вариантов**.

На практике полный перебор обычно превращается в недопустимо трудоемкую процедуру. Поэтому приходится выполнять лишь частичный перебор.

Пример постановки оптимизационной задачи структурного синтеза

Заданы число и расположение источников и получателей информации, требования к потокам сообщений между парами источник–получатель, известны стоимости оборудования сети.

Необходимо минимизировать стоимость всех линий на множестве возможных топологий, пропускных способностей каналов передачи и способах выбора пути (маршрута) передачи при ограничениях на пропускную способность каналов, среднюю задержку в передаче информации и надежность сети.

Уровни сложности задач синтеза

К уровню сложности 1 относят наиболее простые задачи, где синтез отсутствует.

На уровне сложности 2 — выбор нужного варианта из конечного множества, причем все элементы этого множества заранее известны, их количество невелико и сравнение всех вариантов осуществляется за приемлемое время.

К уровню сложности 3 относят задачи выбора на множестве с большим, но конечным числом вариантов при условии, что число вариантов и сами варианты заранее известны.

К уровню сложности 4 относят задачи выбора варианта на множестве с заранее не известным числом элементов или вообще в бесконечном множестве. Например, задача синтеза принципиальной электрической схемы.

К уровню сложности 5 относят задачи, решение которых возможно только на уровне открытий, т. е. планировать их решение нельзя.

Методы решения задачи структурного синтеза

- Перебор вариантов из архива типовых структур
- Перебор вариантов, генерируемых из библиотечных элементов
- Последовательный синтез
- Выделение варианта из обобщенной структуры
- Использование эвристических приемов
- Сведение задачи синтеза к задаче дискретного математического программирования

Процедуры решения задачи синтеза

Решение задачи синтеза в рамках любого подхода обычно имеет поисковый характер, где на каждом шаге поиска выполняются три процедуры:

1. выбор или генерация очередного варианта;
2. оценка варианта;
3. принятие решения о дальнейших действиях.

Оценка варианта структуры сети

В общем случае оценка варианта структуры требует:

- формирования математической модели, так как изменение структуры приводит к изменению вида уравнений модели;
- выполнения параметрической оптимизации, так как сравнивать варианты структуры имеет смысл при оптимальных значениях параметров.

Оптимизационные подходы к решению задач синтеза

1. Определяется структура сети и пропускные способности каналов связи. Основным критерием оптимальности является стоимость синтезируемой сети. При этом обычно не учитываются надежность характеристики сети.
2. Решение задачи синтеза в два этапа: сначала находится структура, отвечающая заданным надежностным и стоимостным характеристикам, а затем определяются оптимальные по выбранному критерию пропускные способности каналов сети

Матрицы в задачах синтеза

Для описания структуры сети и количественных оценок ее элементов используют следующие матрицы:

1. Матрица связности (смежности).
2. Матрица длин ребер (каналов связи).
3. Матрица пропускных способностей (емкостей) ребер.
4. Матрица стоимости (стоимость ребра между узлами)
5. Матрицы тяготений (требований на передачу потоков информации).

Параметры графа сети для синтеза и анализа

Рангом пути называется число ребер, образующих данный путь. Пропускная способность пути определяется наиболее узким местом – минимальной пропускной способностью ребер, образующих путь.

Связностью сети называется минимальное число независимых путей между любой парой узлов.

Сечение сети – избыточная совокупность ребер, которые надо изъять из сети, чтобы нарушилась ее связность.

Пропускная способность сечения определяется как сумма пропускных способностей ребер, входящих в данное сечение.

Сети с параллельным соединением элементов.

Сети с последовательным соединением элементов.

Сети радиальным соединением элементов (звездообразным) соединением элементов.

Другие структуры могут быть получены путем комбинации простейших структур.

Существующие сети в большинстве случаев являются многоуровневыми. Структура сети каждого уровня может обладать своей внутренней иерархией.



ПГУТИ Декомпозиционный подход к задаче синтеза структуры сети

Декомпозиция позволяет свести решение сложной задачи к ряду более простых. В практике проектирования общая задача синтеза топологической структуры сети разбивается на ряд подзадач:

- определение числа и местоположения узлов связи;
- синтез местных сетей;
- синтез магистральной сети.

Решение перечисленных частных задач, в совокупности составляющих общую задачу синтеза, осуществляется, как правило, с использованием *приближенных эвристических методов*.



3.3

Анализ трафика инфокоммуникационных сетей: фракталы и самоподобие



Характеристики трафика сетей с передачей пакетов (пакетный трафик)

Пусть процесс передачи информации занимает T , сек; процесс генерирования информации характеризуется стохастической функцией $B(t)$.

Тогда для k -ой телеслужбы имеем:

1) **максимальная скорость** передачи источника:

$$V_p^{(k)}(t) = \max B(t)^{(k)} \quad (\text{бит/с, кбит/с, Мбит/с});$$

2) **средняя скорость** передачи источника:

$$V_m^{(k)} = \frac{1}{T} \int_0^T B(t)^{(k)} dt;$$

3) соотношение между максимальной и средней скоростью передачи источника, **коэффициент пачечности**:

$$K_B^{(k)} = V_p^{(k)}(t) / V_m^{(k)};$$

4) **средняя длительность пика**, т. е. период времени, когда необходимо обеспечить максимальную скорость передачи $T_p^{(k)}$ (с., мс., мкс.)

Предположения и упрощения «классической» СМО

1. Длина очереди не всегда ограничивается, что реально не выполняется для любого сетевого оборудования;
2. Время обслуживания пакетов узлами связи экспоненциально-распределенное, хотя при широком спектре действующих в сети протоколов это распределение на практике принимает произвольный характер.
3. Входящий поток считается простейшим со свойствами стационарности, ординарности и отсутствия последовательности.

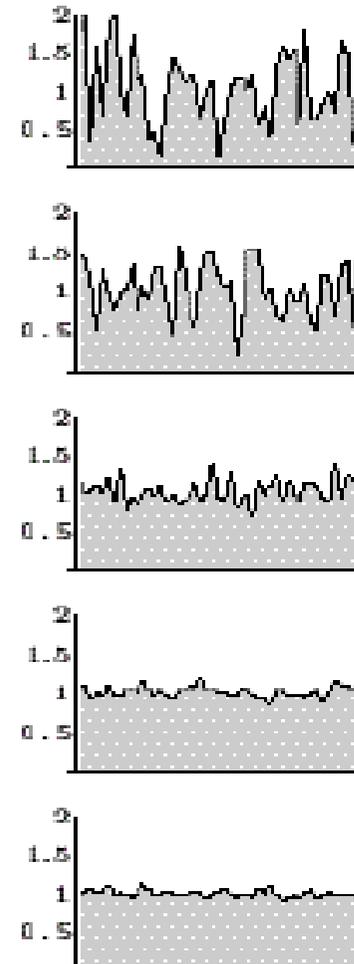
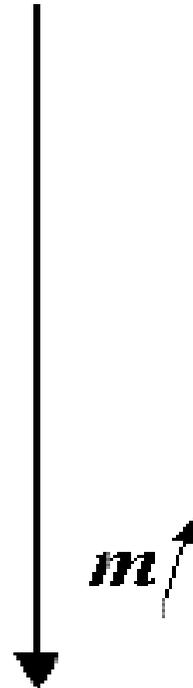
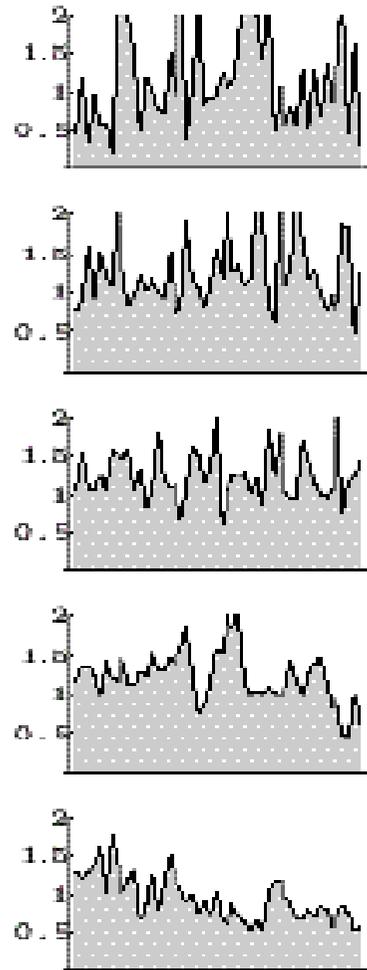
Результаты практических наблюдений

Исследование Ethernet-трафик еще в 1993 г. показало, что в больших сетях трафик обладает **свойством самоподобия**, то есть выглядит качественно одинаково при любых (достаточно больших) масштабах временной оси.

В условиях самоподобного трафика методы расчета сети (пропускной способности каналов, емкости буферов и пр.), основанные на Марковских моделях и формулах Эрланга, **дают неоправданно оптимистические решения и приводят к недооценке трафика.**

Пакетный трафик при масштабировании по времени

Самоподобный трафик (реальная модель)



Пуассоновская модель

Самоподобный процесс выглядит менее сглаженным, более неравномерным, т.к. обладает большей дисперсией, чем пуассоновский процесс.

Особенности пакетного трафика

Транспортирование и распределение информации в IP–сетях производится **пакетными сериями (пачками пакетов)**:

1. Если источник генерирует регулярный поток пакетов, информация до каждого получателя из-за ограничений доставляется пакетными сериями. С точки зрения получателя данные задерживаются из-за невозможности их передачи на некоторых интервалах (состояниях) времени.
2. Механизм определения оценки пропускной способности сети при TCP-соединении требует затратить дополнительное время на передачу пакетов подтверждения и повторения передачи потерянных пакетов. На указанном отрезке времени процесс передачи информации блокируется.

Пакетный (мультимедийный) трафик имеет высокий уровень пачечности, причем эти пачки данных статистически подобны в широком диапазоне изменения масштаба времени.

Понятие о фрактале

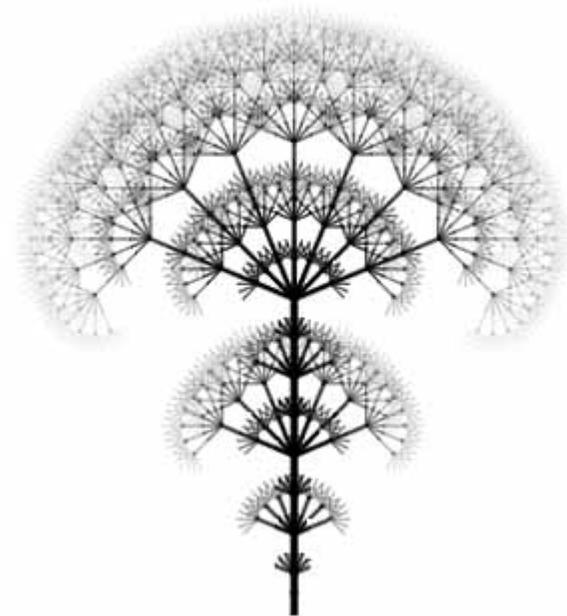
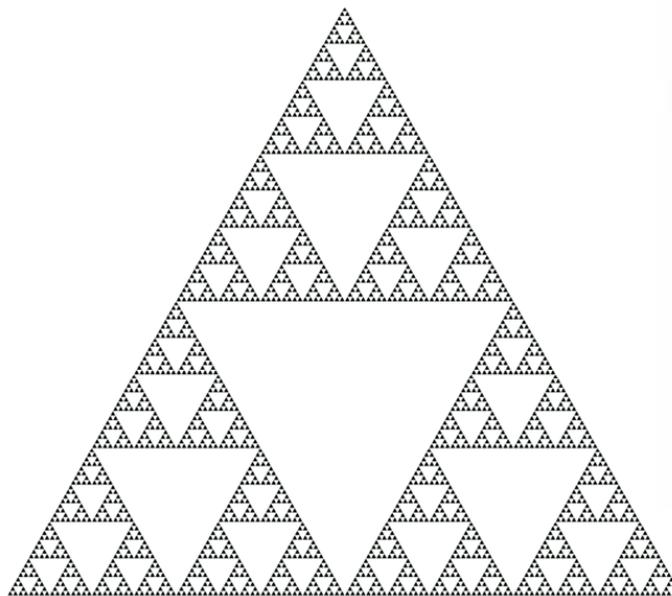
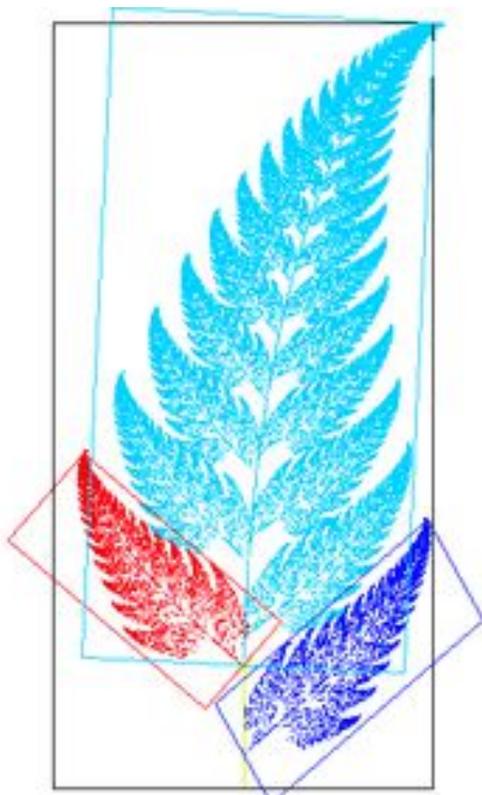
Фрактал происходит от лат. *fractus* – состоящий из фрагментов.

Мандельброт предложил следующее предварительное определение:

фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому.

Фрактал можно разбить на сколь угодно малые части так, что каждая часть окажется просто уменьшенной частью целого.

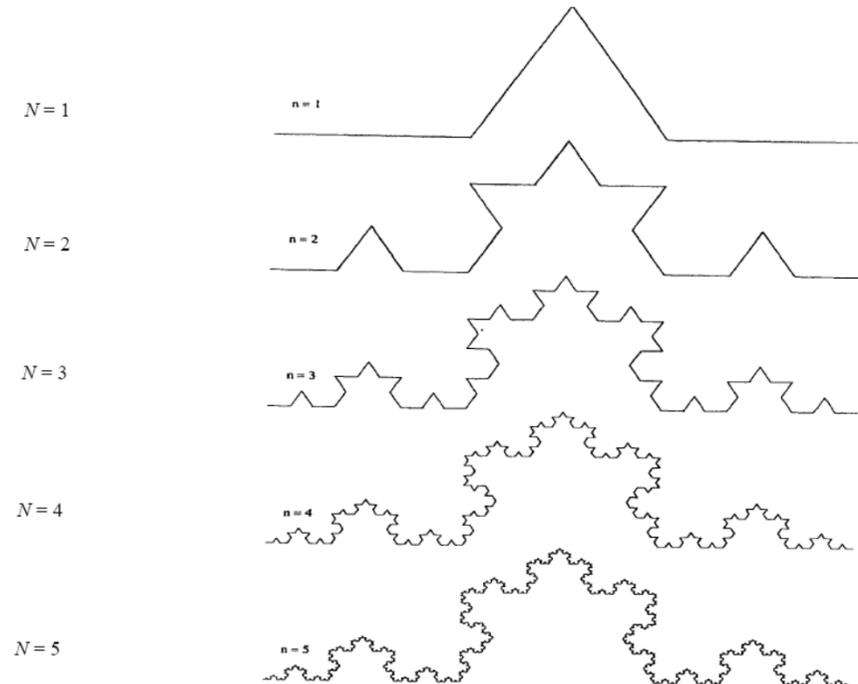
Примеры фракталов



Фрактал выглядит одинаково, в каком бы масштабе его ни наблюдать.

Рекурсивная процедура построения фрактала Коха - 1

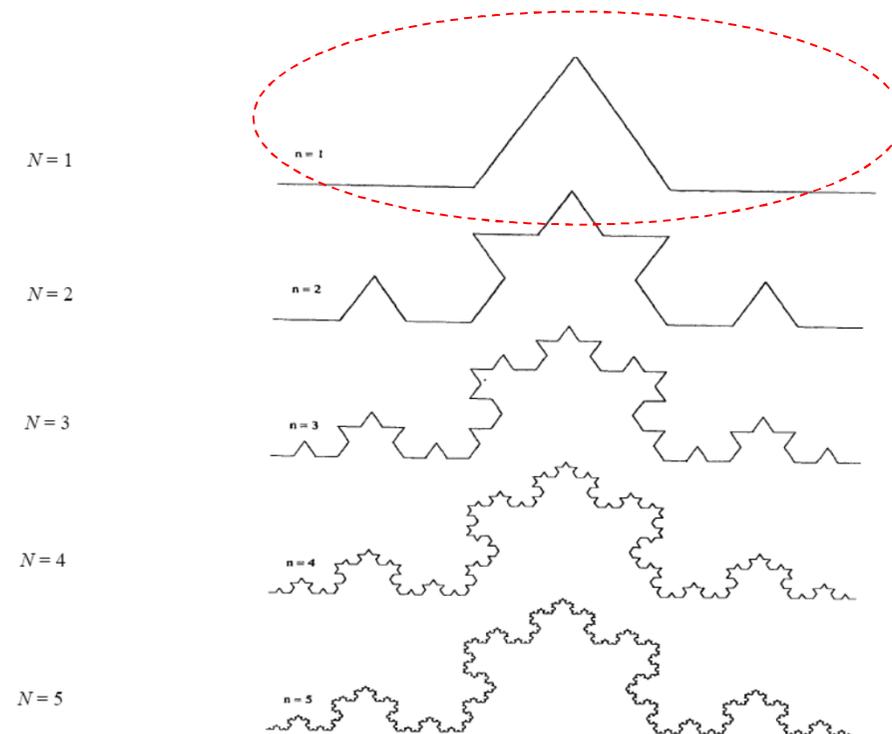
Триадная кривая Коха – пример того, что кривая может иметь фрактальную размерность $D > 1$.
Построение кривой Коха начинается с прямолинейного отрезка единичной длины $L(1) = 1$, который называется *затравкой* и может быть заменен каким-нибудь многоугольником, например равносторонним треугольником, квадратом. Затравка – это 0-е поколение кривой Коха.



Рекурсивная процедура построения фрактала Коха -2

Построение кривой Коха продолжается: каждое звено затравки мы заменяем образующим элементом, обозначенным через $N = 1$.

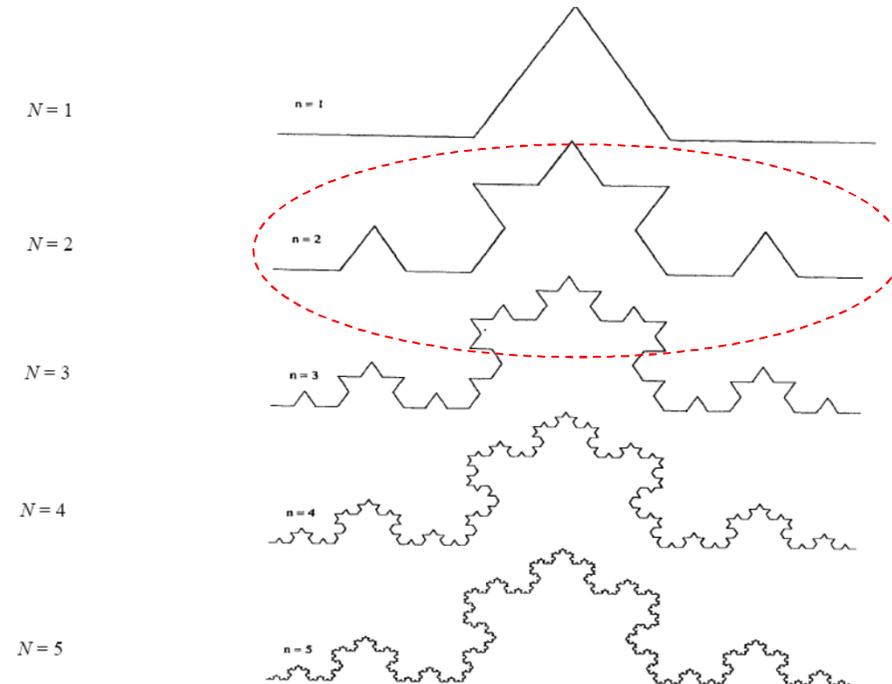
В результате такой замены получается 1-е поколение — кривая из четырех прямолинейных звеньев, каждое длиной по $1/3$.



Рекурсивная процедура построения фрактала Коха -3

Длина всей кривой 1-го поколения составляет величину $L(1/3) = 4/3$. Следующее поколение получается при замене каждого прямолинейного звена уменьшенным образующим элементом.

В результате получается кривая 2-го поколения, состоящая из $N = 16$ звеньев, и длиной равной $L(1/9) = (4/3)^2 = 16/9$.



Фрактальные процессы и самоподобие

Фрактальные процессы описываются масштабной инвариантностью (самоподобием) статистических характеристик второго порядка (корреляционной функции, спектральной плотности, дисперсии), что означает ***свойство неизменности коэффициента корреляции при масштабировании, например во времени.***

На качественном уровне самоподобие проявляется в наличии медленно убывающей зависимости между параметрами трафика (дисперсии длины кадров или коэффициента автокорреляции) в разные моменты времени.

Корреляционный анализ – средство выявления доминирующих корреляций, их **лагов (задержек)** и периодичностей в одном процессе X (***автокорреляция***) или между двумя процессами X и Y (***кросс-корреляция***).

Высокие корреляции могут служить индикатором причинно-следственных связей или взаимодействий внутри одного процесса или между двумя процессами; величина лага указывает временную задержку в передаче взаимодействия.

Расчет коэффициента автокорреляции (1)

Коэффициент автокорреляции вычисляется по значениям временных рядов, когда значения отсчетов одного ряда рассматриваются как значения **факторного признака**, а значения этого же ряда со сдвигом на один или несколько периодов, принимаются в качестве **результативного признака** (этот сдвиг называется **лагом**).

Существует порядок, по которому будет производиться сдвиг уровней, а именно, **вниз** (y_{t-1}) или **вверх** (y_{t+1}). Количественно коэффициент автокорреляции можно найти с помощью коэффициента корреляции между уровнями начального временного ряда и уровнями этого ряда, сдвинутыми на несколько шагов по времени.

Формулы для расчета коэффициента автокорреляции 1-го порядка

$$r_1 = \frac{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)(y_{t-1} - \bar{y}_2)}{\sqrt{\sum_{t=2}^n (y_t - \bar{y}_1)^2 \sum_{t=2}^n (y_{t-1} - \bar{y}_2)^2}},$$

$$\bar{y}_1 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n y_t, \quad \bar{y}_2 = \frac{1}{n-1} \sum_{t=2}^n y_{t-1}$$

Формулы для расчета коэффициента автокорреляции 2-го порядка

$$r_2 = \frac{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)(y_{t-2} - \bar{y}_4)}{\sqrt{\sum_{t=3}^n (y_t - \bar{y}_3)^2 \sum_{t=3}^n (y_{t-2} - \bar{y}_4)^2}},$$

$$\bar{y}_3 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=3}^n y_t, \quad \bar{y}_4 = \frac{1}{n-2} \sum_{t=3}^n y_{t-2}.$$

Анализ коэффициентов автокорреляции

Если максимальным оказался коэффициент автокорреляции первого порядка, временной ряд содержит только ***тенденцию (тренд)***. Если максимальным оказался коэффициент автокорреляции порядка n , ***ряд содержит циклические колебания*** с периодичностью в n моментов времени.

Если ни один из коэффициентов автокорреляции не является значимым (близок к 0), можно сказать, что либо ряд не содержит тенденции и циклических колебаний, либо ряд содержит нелинейную тенденцию, для выявления которой проводят **дополнительный анализ**.

Нелинейная автокорреляция

Для проверки ряда на наличие нелинейной тенденции рекомендуется вычислить линейные коэффициенты автокорреляции для временного ряда, состоящего из логарифмов исходных уровней.

Отличные от нуля значения коэффициентов автокорреляции будут свидетельствовать о наличии нелинейной тенденции.



Автокорреляционная функция для самоподобия

Пусть процесс B имеет автокорреляционную функцию следующего вида:

$$r(k) \sim k^{-\beta} L_1(k), k \rightarrow \infty,$$

где $0 < \beta < 1$, $\lim_{t \rightarrow \infty} \frac{L_1(tx)}{L_1(t)} = 1$ для всех $x > 0$.

Это означает, что функция L_1 медленно меняется на бесконечности.

Пусть $B^{(m)} = (B_1^{(m)}, B_2^{(m)}, \dots)$ – усредненный по блокам длины m процесс B , где компоненты определяются следующим выражением :

$$B_t^{(m)} = \frac{(B_{tm-m+1} + B_{tm-m+2} + B_{tm-m+3} + \dots + B_{tm-m+(m-1)} + B_{tm})}{m}, \text{ где } m, t \in N. \text{ Такой ряд}$$

называется агрегированным. Пусть для процесса $B^{(m)}$ коэффициент корреляции обозначается как $r_m(k)$.

Формальное определение самоподобия

Процесс V называется **строго самоподобным в широком смысле**, ССШС (exactly second-order self-similar) с параметром Хёрста $H = 1 - (\beta/2)$, $0 < \beta < 1$, если

$$r_m(k) = r(k), \quad k \in \mathbb{Z}, \quad m \in \{2, 3, \dots\}.$$

ССШС не меняет свой коэффициент корреляции после усреднения по блокам m т.е. **процесс V является ССШС, если агрегированный процесс $V(m)$ неотличим от исходного процесса V , как минимум в отношении статистических характеристик второго порядка.**

Самоподобие проявляется в том, что выполняется равенство $r_m(k) = r(k)$, то есть в таком процессе не изменяется коэффициент автокорреляции после усреднения по блокам длиной m .

Самоподобные модели могут проявлять свойство долговременной зависимости, что означает проявление зависимости между событиями через достаточно большие промежутки времени.

Самые простые модели с долговременной зависимостью – самоподобные процессы, которые характеризуются гиперболически убывающими автокорреляционными функциями.

Самоподобные процессы являются особенно интересными, потому что долговременная зависимость может характеризоваться одним параметром Хёрста, H .

Параметр H (Хёрста) является индикатором степени самоподобия процесса, а также свидетельствует о наличии таких свойств как персистентность / антиперсистентность.

Персистентность или с длительная память: ряд, который склонен следовать трендам; если значение ряда увеличилось в предыдущий период, имеется вероятность того, что они будут продолжать увеличиваться и в следующий период.

Антиперсистентность - если значение ряда возрастает в предыдущий период времени, наиболее вероятно, что значение ряда будет снижаться в следующий период, и наоборот.

Для определения показателя H строится зависимость $\lg(R/S)$ от $\lg(t)$, где
 R – размах накопленного отклонения,
 S – стандартное отклонение,
 t – интервал времени, на котором определяются R и S .
В свою очередь,

$$R = \max B(t) - \min B(t),$$

$$B(t) = \sum_{i=1}^t (b_i(t) - M(b_i)),$$

где

$b_i(t)$ – текущее значение параметра, например задержек обработки пакета;

$M(b_i)$ – среднее значение (матожидание) параметра на интервале t .

$$S = \sqrt{\frac{1}{t} \sum_{i=1}^t ((b_i(t) - M(b_i))^2)}.$$

Интерпретация показателя Хёрста

Для марковских процессов (без последствия) $H = 0,5$.

При $H \in [0, 0,5]$ процессу свойственна **антиперсистентность**: если значение ряда возрастает в предыдущий период времени, наиболее вероятно, что значение ряда будет снижаться в следующий период, и наоборот. Вероятность того, что на $i+1$ шаге процесс отклонится от среднего в противоположном направлении (относительно отклонения на i шаге), настолько велика, насколько параметр H близок к 0.

В случае $H \in [0,5, 1]$ процесс является **персистентным** или с длительной памятью: ряд, который склонен следовать трендам; если значение ряда увеличилось в предыдущий период, имеется вероятность того, что они будут продолжать увеличиваться и в следующий период. Иными словами, вероятность того, что на шаге $i+1$ процесс отклонится от среднего в том же направлении, что и на i шаге, настолько велика, насколько параметр H близок к 1.

Практическая оценка самоподобия

Для того чтобы подтвердить существование свойства самоподобия для разных потоков данных мультисервисной сети, необходимо произвести измерения некоторых характеристик разных видов сетевого трафика.

Для этого необходимы статистические данные о таких потоках, как аудио, видео и трафик данных, а также нужно провести исследования объединенного потока.

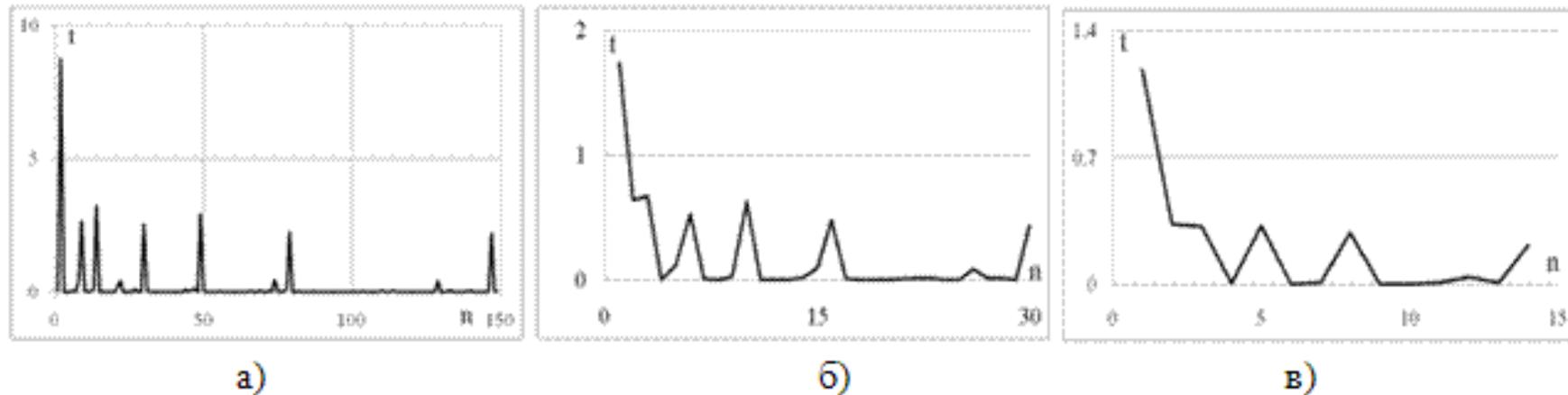


Рис.1. а) Исходная статистика; б) Объединение данных по 5 пакетов; в) Объединение данных по 10 пакетов

Временной ряд содержит 150 наблюдений, каждое из которых является интервалом времени между поступлениями пакетов. Строится зависимость между временем поступления пакета и его номером. Затем производим агрегирование данных по 5 и 10 пакетов. При изменении шкалы построения трафика, наблюдается самоподобие. Значение $H=0,7595$.

3.4

Моделирование инфокоммуникационных сетей и систем связи



Основные требования предъявляемые к модели

Полнота модели – модель должна предоставлять пользователю возможность получения необходимого набора характеристик, оценок системы с требуемой точностью и достоверностью.

Гибкость модели – модель должна давать возможность воспроизводить различные ситуации при варьировании структуры, алгоритмов и параметров модели. Причем, структура должна быть блочной, т.е. допускать возможные замены, добавления и исключения некоторых частей без переделки всей модели.

Компьютерная реализация модели должна соответствовать имеющимся технически ресурсам. 95

Этапы моделирования инфокоммуникационных систем

1. Построение концептуальной (описательной) модели некоторой системы и её формализация
2. Алгоритмизация модели и её программная реализация
3. Получение и интерпретация результатов моделирования

Построение концептуальной модели

1. Проведение границ между системой и внешней средой.
2. Исследование моделируемого объекта с точки зрения выделения основных составляющих процесса функционирования системы (по отношению к целям моделирования)
3. Переход от содержательного описания системы к формализованному описанию свойств процесса функционирования системы, т.е. к концептуальной модели. Исключаются некоторых второстепенные элементы описания. Предполагается, что они не оказывают существенного влияния на ход процессов, исследуемых в системе с помощью модели.
4. Основные элементы модели группируются в блоки. Блоки I-ой группы представляют собой имитатор воздействия внешней среды. Блоки II-ой групп являются собственно моделью функционирования. Блоки III группы носят вспомогательный характер для реализации I-й и II-й групп и для фиксации результатов моделирования.
5. Процесс функционирования системы разбивается на подпроцессы так, чтобы построение отдельных моделей подпроцессов было элементарным и не вызывало трудностей.

Под **моделированием** подразумевают построение математической модели, которая имеет вид функциональной зависимости

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

В качестве функции f можно рассматривать такой показатель эффективности системы, как, например, полезную скорость передачи данных, а в качестве параметров x_i - все параметры данной сети, от которых зависит f .

Детерминированное моделирование отображает детерминированные процессы, т.е. такие, в которых отсутствуют всякие случайные воздействия.

Стохастическое моделирование отображает случайные, вероятностные процессы и события.

Статическое моделирование служит для описания сложной системы в конкретный момент времени.

Динамическое моделирование отражает поведение системы во времени.

Дискретное моделирование используется для описания процессов, происходящих в дискретные моменты времени.

Непрерывное моделирование используется для описания непрерывных во времени процессов.

Дискретно-непрерывное моделирование используется для тех случаев, когда хотят отразить наличие как дискретных, так и непрерывных процессов в системе.

Алгоритмизация модели и её реализация

1. Разработка моделирующего алгоритма.
2. Разработка текста программы.
3. Выбор технического средства для реализации компьютерной модели.
4. Этап программирования модели (программирование и отладка).
5. Проверка достоверности модели на различных работающих тестовых примерах.
6. Составление технической документации (логические схемы, алгоритмы программ, тексты программ)

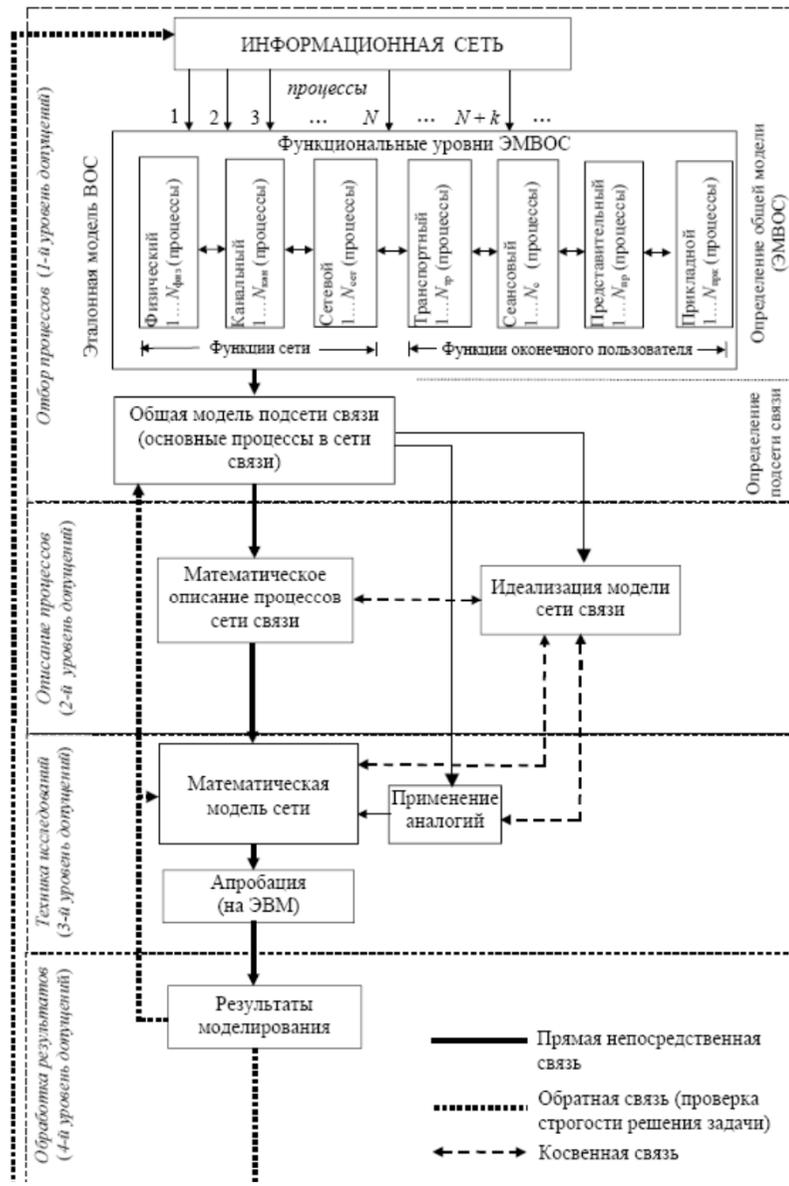
Получение и интерпретация результатов моделирования

1. Планирование испытаний на ЭВМ на модели системы, составление плана проведения эксперимента с указанием комбинации переменных и параметров, для которых должен проводиться эксперимент.
2. Проведение рабочих/тестовых расчетов (контрольная калибровка модели)
3. Статистическая обработка результатов расчетов.
4. Интерпретация результатов моделирования, подведение итогов
5. Составление итогового отчета и выводы по результатам моделирования.

Математические модели и подходы к моделированию

Процесс функционирования системы	Математическая модель	Обозначение
Непрерывно-детерминированный подход	Дифференциальные, интегральные, интегро-дифференциальные уравнения	D-схема
Дискретно-детерминированный подход	Конечные (дискретные) автоматы	F-схема
Дискретно-стохастический подход	Вероятностные автоматы	P-схема
Непрерывно-стохастический подход	Система массового обслуживания	Q-схема
Обобщенные (универсальный)	Декомпозиция и анализ отдельных уровней (агрегатов) системы	A-схема

Математическое моделирование



Под **математическим моделированием** понимается процесс установления данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого **математической моделью** и исследование этой модели, позволяющее получить характеристики реального объекта. Любая математическая модель, как и всякая другая, описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения.

1. **Аналитический способ** - получение в общем виде зависимости выходных характеристик от исходных.
2. **Численный способ** - нельзя решить сложные уравнения в общем виде. Результаты получают для конкретных начальных данных.
3. **Качественный способ** - нет возможности получения конкретных решений, но можно выделить некоторые свойства объектов или решений уравнений, например, оценить устойчивость решения.

Алгоритм моделирования воспроизводит процесс функционирования системы во времени.

Имитируются элементарные явления, составляющие процесс функционирования системы, с сохранением логической структуры объекта и последовательности протекания процесса во времени. Это позволяет по исходным данным получить сведения о состоянии процесса в определенные моменты времени.

Преимуществом имитационного моделирования является возможность решения сложных задач.

Разрабатываются алгоритмы, вырабатывающие случайные реализации заданных событий или потоков. Имитируются входные потоки, задаются случайные значения времени обслуживания заявок для каждого канала, а также дисциплина обслуживания очереди.

Работа алгоритма заключается в многократном воспроизведении случайных реализаций процесса прихода заявок и процесса их обслуживания при фиксированных условиях задачи.

Меняя условия задачи, параметры входных потоков и элементов СМО, можно получить качественные параметры данного СМО при тех или иных изменениях.

Оценка качественных параметров СМО осуществляется путем статистической обработки величин, полученных в результате моделирования.

Стационарный режим СМО при моделировании

Стационарный или установившийся режим СМО наступает только после осуществления значительного количества имитационных реализаций.

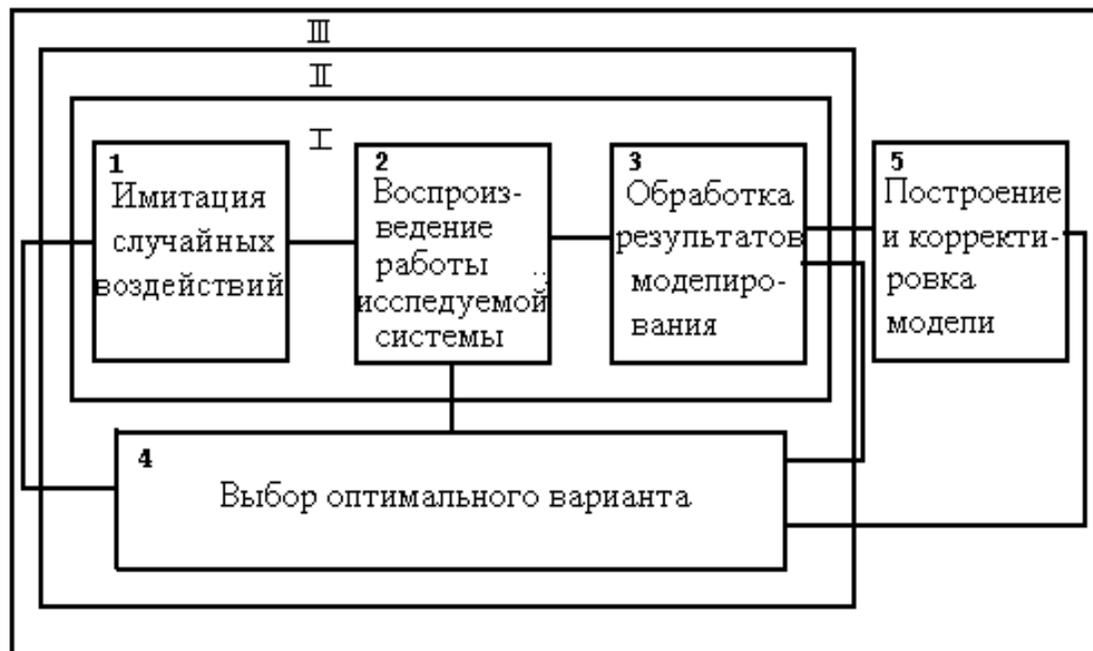
Начальные реализации процесса могут существенно отличаться от установившихся.

Средства имитационного моделирования

Имитационные модели описывают объект исследования на некотором языке, который отображает элементарные явления, составляющие суть функционирования исследуемой системы с сохранением их логической структуры, последовательности протекания во времени, особенностей и состава информации о состоянии процесса.

Алгоритмы, заложенные в основе имитационных моделей, достаточно точно воссоздают работу реальных устройств в сети, что позволяет на их основе строить комплексы моделирования сетей связи, например, с помощью пакетов NetworkSimulator2 (ns2), NetworkSimulator3(ns3).

Процесс имитационного моделирования системы



Блоки 1,2,3 представляют операции по исследованию одного варианта модели, которые повторяются при различных реализациях случайных процессов, образуя внутренний цикл моделирования (ЦИКЛ I). **Блок 4** управляет изменения вариантов модели. При этом блоки 1,2,3 (внутренний цикл) охватываются цепями обратной связи (ЦИКЛ I, оптимизацияI). Связь 3-4-2 отражает адаптацию моделируемой системы. Динамический цикл корректировки модели представлен в **ЦИКЛ III**.

Под **статистическим моделированием** понимается воспроизведение при помощи ЭВМ процесса функционирования математической модели исследуемого объекта с учетом случайных факторов.

Математическая модель преобразуется в моделирующий алгоритм. При каждом запуске алгоритма (испытании) имитируется исследуемый процесс. В результате, после большого числа испытаний, получается среднее значение искомого параметра по большому количеству реализаций.

Результатом является математическое ожидание некоторой случайной величины Y , которая чаще всего является неслучайной функцией случайной величины X , имеющей распределение $p(x)$.

Выражение «случайная величина X имеет распределение $p(x)$ » означает:

- для непрерывной случайной величины, что ее плотность вероятности равна $p(x)$;
- для дискретной случайной величины функцию $p(x)$ надо понимать как функцию вероятности.

Результаты имитационного и статического моделирования

Испытания реальной системы заменены на испытания математической модели. Каждое испытание сопровождается расчетом.

В результате проводится численный эксперимент на ЭВМ с математической моделью (модель выступает как объект исследования). При реализации испытания возможны и логические операции.

Расчетные и логические операции реализуются на ЭВМ с помощью соответствующих алгоритмов, которые в совокупности и составляют моделирующий алгоритм.

Выводы по разделу 3

1. В настоящее время на сетях связи используется большое количество методов анализа характеристик каналов, сетей и трафика сетей связи.
2. Классические методы теории массового обслуживания не в полной мере пригодны для анализа больших сетей и систем, поэтому в последнее время часто используются методы имитационного и статистического моделирования.
3. На современных сетях связи трафик носит непуассоновский характер, для его описания и анализа применяются фракталы и самоподобные процессы.
4. Методы анализа и синтеза каналов и сетей связи применяются в системном единстве и позволяют эффективно решать оптимизационные задачи на современных телекоммуникациях.