

Лекция

по учебной дисциплине «Сети абонентского доступа в системах передачи данных»
ст. преп. каф. СС и ПД Владимиров Сергей Александрович
Тема: **Сеть абонентского доступа, как часть сети оператора связи.**

Учебные вопросы:

1. Место абонентского доступа в операторской системе.
2. Сеть абонентского доступа, состав и устройство сети.
3. Линии связи и кабельное хозяйство.
4. Разновидности сетей доступа по применяемым технологиям связи.
5. Понятие узла доступа. Разновидности узлов доступа в телекоммуникационных сетях.
6. Связность и резервирование трафика в узлах доступа.

Литература:

1. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы : учебник для вузов / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2012. – 943 с.

1. Место абонентского доступа в операторской системе.

Для эксплуатируемой в настоящее время операторской телекоммуникационной сети в современных публикациях существуют различия в трактовке места и роли сети абонентского доступа, связанные с тем, что меняется не только роль сети доступа, но в большинстве случаев расширяется и территория, в границах которой создается такая операторская сеть предоставления услуг абонентам оператора.

Чтобы определить место сети абонентского доступа рассмотрим элементный состав современной телекоммуникационной сети предприятия-оператора связи в виде перспективной модели сетевой структуры. Модель представлена в табл.1.

Обозначим основной функционал сети абонентского доступа:

- обеспечить надежное подключение абонента к выбранным им услугам предприятия-оператора связи;
- обеспечить с требуемым или заданным качеством передачу информационного трафика по всем видам выбранных абонентом операторских услуг одновременно;
- обеспечить за декларированное оператором надежное управление выбранными абонентом услугами;
- обеспечить абонента необходимыми ему при самостоятельном управлении услугами подсказками или другим сервисом, обеспечивающим правильные действия абонента, и не приводящие к дополнительным финансовым затратам абонента, кроме как по его собственному выбору;
- обеспечить абонента сервисом по нормированному по времени устранению повреждений на сети, даже если эти повреждения вызваны неправильными действиями абонента;
- обеспечить защиту от несанкционированного доступа к абонентскому трафику в зоне ответственности предприятия-оператора связи.

Таблица 1. Место сети абонентского доступа в операторской сети.

ТВ-приемник	Последний дюйм	Оборудование в помещении абонента	Зона ответственности абонента
SetTopBox			
Стационарные компьютеры и мобильные устройства			
Сетевые устройства и шлюзы, включая внутриквартирный кабель и патчкорды			
Телефоны и устройства VoIP			
Пограничный маршрутизатор абонента (ONT или модем)			
Абонентская розетка			
Абонентская проводка (кабель или патчкорд)	Последняя миля	Абонентская линия, включая транзитную сеть или передачу.	Сеть абонентского доступа
Абонентская коробка (или разветвитель или сплиттер)			
Кабель распределения			
Распределительный шкаф			
Кабель передачи			
Сеть переноса или устройства концентрации нагрузки (могут отсутствовать)			
Распределительный шкаф			
Кабель магистрали	Узел доступа	Оборудование узла доступа оператора	Зона ответственности оператора связи
Кросс узла доступа			
Станционный кабель			
Оконечное оборудование доступа на узле доступа	Ядро и магистральная сеть	Оборудование и сети межстанционной (меж узловой) связи	Вторичная операторская сеть
Магистральный маршрутизатор или коммутатор агрегации абонентской нагрузки			
Операторская сеть присоединения узла включая транзитные маршрутизаторы или коммутаторы агрегации абонентской нагрузки			
Маршрутизатор или коммутатор ядра операторской подсистемы	Ядро и магистральная сеть	Оборудование ядра сети	Ядро операторской сети
Операторские подсистемы и сети формирования услуг			
Оборудование VoIP - softswitch, IPTV - MiddleWare, billing – Radius и прочие серверы приложений, включая видеокодеры местного ТВ-контента, VoD, IVR, . . .	Ядро и магистральная сеть	Оборудование ядра сети	Ядро операторской сети
Магистральные сети и линии присоединения оператора			

2. Сеть абонентского доступа, состав и устройство сети.

Сеть абонентского доступа - это совокупность технических средств между окончными абонентскими устройствами, на которых предоставляется услуга, установленными в помещении пользователя, и тем коммутационным оборудованием, в план нумерации (или адресации) которого входят подключаемые к телекоммуникационной системе терминалы и устройства.

Независимо от перехода к разным, в том числе и перспективным технологиям связи, на сети оператора выработались определенные устойчивые термины и определения участков сети, которыми и обозначают состав или элементы сети. Перечислим их.

- Узел доступа (УД) — местная станция (МС), к которой подключаются абонентские линии зоны обслуживания. Варианты — для ГТС - АТС, РАТС, ОПС, ОПТС, ОС для СТС - оконечные (ОС), узловые (УС) и центральные (ЦС) станции. В англ. техдокументации "местная станция" - Local exchange (LE) или Central Office (CO).
- Абонентская линия (АЛ) — линия операторской сети доступа соединяющая оконечное абонентское устройство со стационарным оконечным оборудованием доступа. Может быть проводной (симметричный кабель или коаксиальный кабель), оптической (оптоволокно) или радиолинией.
 - Стационарный участок АЛ - участок абонентской линии от оборудования узла доступа местной станции, концентратора или иного выносного модуля до стационарной стороны кросса.
 - Линейный участок АЛ - участок абонентской линии от линейной стороны кросса или вводно-коммутационного устройства узла доступа, концентратора или иного выносного модуля до розетки (или иного аналогичного элемента) оконечного абонентского устройства сети в помещении абонента.
 - Магистральный участок АЛ - участок абонентской линии от линейной стороны кросса или вводно-коммутационного устройства местной станции, концентратора или иного выносного модуля до распределительного шкафа, включая участки межшкафной связи. Магистральному участку АЛ соответствует термин "Main cable". Магистральным участком считается также зона прямого питания, в пределах которой для построения абонентской сети распределительные шкафы не используются. Зона прямого питания занимает территорию, примыкающую к телефонной станции в радиусе примерно до 500 метров. В англоязычной технической литературе для обозначения этого участка абонентской сети используются слова "Direct service area".
 - Распределительный участок АЛ - участок абонентской линии от распределительного кабельного шкафа до

абонентского пункта. Этому участку АЛ - в зависимости от структуры сети доступа - соответствуют термины "Primary distribution cable" и "Secondary distribution cable". А часть площади, занимаемой распределительным участком, называется обычно "Cross-connection area".

- Абонентская проводка - участок абонентской линии от распределительной коробки до розетки включения оконечного абонентского телефонного устройства. В англ. технической литературе используются два термина:
 1. - "Subscriber's lead-in" - участок от распределительной коробки до помещения абонента;
 2. - "Subscriber's service line" - участок от распределительной коробки до телефонного аппарата.

3. Линии связи и кабельное хозяйство.

После пояснения терминов связанных с АЛ продолжим рассмотрение устойчивых терминов и определений других элементов и устройств линий связи и устройств кабельного хозяйства и инфраструктуры.

Кросс, ВКУ - оборудование стыка станционных и линейных участков абонентских и соединительных линий городских, сельских и комбинированных телефонных сетей. Этот элемент сети доступа в англ. техн. документации называется "Main distribution frame"; часто используется аббревиатура MDF. Для коммутации потоков E1 используются так же кроссы MDF, но обычно они монтируются в стандартных 19inch стойках 8-ми парными плинтами и кроссировки на них выполняются специальным 2-х проводным экранированным кабелем. Такой кросс еще часто называют цифровым кроссом. Этому элементу транспортной сети соответствует термин "Digital Cross Connect", имеющий несколько аббревиатур, из которых чаще всего используются DSC и DXC. Для оптических линий и распределительных сетей используют оптические кроссы различной конструкции, чаще всего под унифицированные розетки FC, SC или LS, в зависимости от назначения и обозначают как ODF.

Кабельный распределительный шкаф (ШР) - оконечное кабельное устройство, предназначенное для установки кабельных боксов (с плинтами, без элементов электрической защиты), в которых осуществляются соединения магистральных и распределительных кабелей абонентских линий местных телефонных сетей. Кабельному распределительному шкафу соответствует термин "Cross-connection point". Если АЛ проходит через два ШР, то в англ. техн. литературе - для второго шкафа - добавляют прилагательное "secondary". Кроме того, если ШР находится в специально оборудованном помещении, то он именуется как "Cabinet". В том случае, когда ШР располагается у стены здания или иного подобного места, он называется "Sub-cabinet" или "Pillar". Эти обозначения обычно указываются в скобках после функционального назначения - "Cross-connection point". В технической литературе используется еще несколько терминов, более или менее соответствующих ШР. Чаще всего встречается слово "Curb". Бывают как для медных, так и для оптических кабельных линий.

Абонентская распределительная коробка (РК) - оконечное кабельное устройство, предназначенное для осуществления стыка кабельных пар, включенных в плинт распределительной коробки, с однопарными проводами абонентских проводок. Distribution point (DP) - аналог термина "Абонентская распределительная коробка". Бывают разного типа как для медных, так и для оптических распределительных кабельных линий.

Кабельная канализация - совокупность подземных трубопроводов и колодцев (смотровых устройств), предназначенных для прокладки, монтажа и технического обслуживания кабелей связи. Термин "Кабельная канализация" в англ. технической лит-ре используется в двух вариантах: "Duct" или "Cable duct".

Колодец (смотровое и/или поворотное устройство) кабельной канализации - устройство, предназначенное для прокладки кабелей в трубопроводы кабельной канализации, монтажа кабелей, размещения сопутствующего оборудования и технического обслуживания кабелей связи. Словам «Кабельный колодец» в англ. термин. эквивалентны два термина: "Jointing chamber" или "Jointing manhole". Для оптических линий кроме колодцев, используют КОТы - камера оптическая трубопроводная - предназначена для строительства электрических и телекоммуникационных кабельных сетей в качестве смотрового устройства кабельной канализации, для защиты муфт и технологического запаса кабеля от внешних воздействий (включая грызунов) в местах стыковки рабочих длин кабеля, проложенного в защитных полиэтиленовых трубах (ЗПТ).

Кабельная шахта - сооружение кабельной канализации, размещаемое в подвальном помещении узла доступа, через которое кабели вводятся в здание станции и в котором, как правило, многопарные линейные кабели в п/э распаиваются на станционные кабели в пхв емкостью 100 пар. Этот термин в англ. языке обозначается словами "Exchange manhole". Для небольших по абонентской емкости узлов доступа вместо кабельной шахты используется кабельный пристанционный колодец или кабельный пристанционный приямок по типу КОТа, только для размещения одной или двух-трех кабельных муфт.

Кабельная канализация, колодцы и кабельная шахта традиционно относятся к элементам кабельной инфраструктуры.

Инфраструктура — это совокупность сооружений, зданий, систем и служб, необходимых для функционирования отраслей материального производства и обеспечения условий жизнедеятельности общества, включая капитальное оборудование, используемое для предоставления общественно доступных услуг, таких как транспорт и телекоммуникации, газо-, электро- и водоснабжение. Все это создаёт необходимую основу для других видов экономической деятельности в современных странах; их отсутствие или ненадежность является помехой для развития. Услуги инфраструктуры обычно либо предоставляются, либо регулируются государством.

Зона покрытия узла доступа — ранее «пристанционный участок» - территория, в пределах которой все абонентские линии подключаются к данному узлу доступа. В англ. тех. док. используется термин "Local exchange area".

4. Разновидности сетей доступа по применяемым технологиям связи.

Если рассматривать применяемые операторами связи на своих сетях технологии, то необходимо учитывать следующие факторы и изменения, которые и повлияли на выбор самих технологий, а они следующие:

- на рынке телекоммуникаций произошло существенное снижение цен на оптоволоконные кабели;
- значительно вырос спрос и он продолжает увеличиваться или становится стабильным на новые услуги связи (доступ в INTERNET и получение мультимедийных услуг, как по выделенным сетям, так и через INTERNET);
- произошел рост удельной терминальной нагрузки абонентских устройств и изменились статистические свойства этой нагрузки (произошло увеличение коэффициента пачечности);
- произошло широкое внедрение беспроводного абонентского доступа (WLL);
- произошел переход практически всех услуг на пакетные транспортные технологии;
- в условиях существования гетерогенных сетей произошло усложнение в связи с этим систем мультиплексирования, шлюзования (сопряжения сетей) и передачи информации между терминалом пользователя и узлами операторских магистральных сетей;
- в условиях рынка стабилизировалось требование снижения эксплуатационных расходов на сети доступа за счет внедрения автоматизированных средств управления сетью и протоколов для поддержки функций TMN (Telecommunication Management Network).

Учитывая перечисленные факторы у ведущих операторов связи на сетях абонентского доступа сложились следующие предпочтения по используемым и развиваемым технологиям:

- в местах плотной городской и поселковой застройки — PON;
- в местах городской и поселковой застройки меньшей плотности, при условии сохранения элементов старой кабельной инфраструктуры FTTB;
- для поселковой застройки низкой плотности — WLL, либо при наличии в зоне доступности PON или FTTB продление фрагментов сетей или применение совместно WLL и FTTB;
- для районов с развитой кабельной сетью хорошего качества xDSL, в основном ADSL;
- технологии сотовой связи 2G-4G.

Продолжают эксплуатироваться сети традиционной телефонии и ЦСИО, телеграфные сети АТ и ТгОП, кабельного телевидения с DOCSIS от 1.0 до 3.0, DECT и другие разновидности радио доступа начиная от радио удлинителей и до WiMax.

5. Понятие узла доступа. Разновидности узлов доступа в телекоммуникационных сетях.

Узел доступа (*Service node (SN)* - узел служб) - элемент операторской сети доступа (*Access network (AN)*), представляющий собой совокупность технических средств оператора связи (с необходимыми элементами инфраструктуры), обеспечивающий подключение абонентов в зоне своего покрытия и доступ к задекларированным услугам электросвязи оператора.

Узлы доступа в настоящее время условно можно разделить на несколько типов:

- первый тип — как правило городской узел связи (обычно бывшая ГТС или РАТС емкостью около 10 тыс. NN и более) в которой сосредоточен полный набор технологий и услуг предоставляемых оператором связи, такой узел имеет все необходимые элементы инфраструктуры;
- второй тип — бывший городской или районный узел емкостью до 5 тыс. NN, имеющий как правило полный набор услуг, но с ограниченным набором технологий доступа, оптимизированным под сети и спрос на услуги в зоне покрытия узла,
- третий тип — малый узел доступа, как правило сельский или поселковый емкостью около 1000 NN и менее, может иметь не полный набор услуг и ограниченный набор технологий доступа;
- четвертый тип — шкафной узел доступа (может иметь название вынос) предназначенный для присоединения абонентов определенного микрорайона или дома (группы домов), также может быть ограничен как по услугам, так и по технологиям доступа.

Узлы доступа с первого по третий тип размещаются в приспособленных под размещение оборудования помещениях с необходимыми элементами инфраструктуры. Третий тип может размещаться в специализированном контейнере. Более подробно рассмотрим их на следующей лекции.

6. Связность и резервирование трафика в узлах доступа.

Для рассмотрения вопросов связности и резервирования трафика в узлах доступа вспомним материал касающийся топологий сетей доступа и методы доступа, применяющиеся на сетях.

Топология сети.

Конфигурация связей между сетевыми узлами называется топологией сети. Термин топология заимствован из геометрии и используется для описания формы объекта. Сетевая топология - это геометрическая форма (или связность) сети.

Термин «сетевая топология» описывает возможные конфигурации построения сетей. Специфика сетевых технологий состоит в необходимости строгого согласования всех характеристик аппаратных и программных сетевых средств для успешного обмена данными и сигналами. При этом существующие аппаратные средства способны обеспечивать различные возможности (скорость, надежность и т.п.) по передаче данных в зависимости от способа использования этих устройств.

Для учета всех этих особенностей режимов работы оборудования и было введено понятие «сетевая топология». В настоящее время для описания конфигурации сети используют два вида топологий: физическую и логическую.

Физическая топология описывает реально использующиеся способы организации физических соединений различного сетевого оборудования (использующиеся кабели, разъемы и способы подключения сетевого оборудования). Физические топологии различаются по стоимости и функциональности. Далее рассмотрим описание наиболее часто использующихся физических топологий с указанием их преимуществ и недостатков и их варианты в развитии.

Логическая топология определяет реальные пути движения сигналов при передаче данных по используемой физической топологии. Таким образом, она описывает пути передачи потоков данных между сетевыми устройствами, а также определяет правила передачи данных в существующей среде передачи с гарантированием отсутствия помех, влияющих на корректность передачи данных. Поскольку логическая топология описывает путь и направление передачи данных, то она тесно связана с уровнем MAC (Media Access Control) модели OSI (подуровень канального уровня). Для каждой из существующих логических топологий существуют методы контроля доступа к среде передачи данных (MAC), позволяющие осуществлять мониторинг и контроль процесса передачи данных. Эти методы будут рассмотрены вместе с соответствующей им топологией.

Виды физических топологий.

В основе физических топологий лежат три разновидности, они следующие:

- 1) шина;
- 2) звезда;
- 3) кольцо.

Топология «Шина».

Пример приведен на рисунке 1.

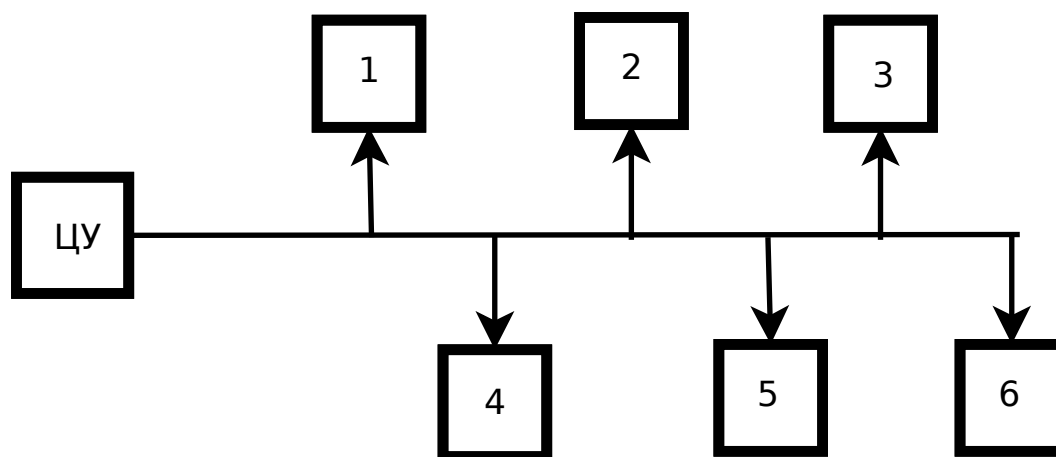


Рис. 1. Пример топологии «Шина».

Топология построения сети «шина» сейчас встречается все реже и реже. Она состоит из единой длинной магистрали, к которой подключены все узлы (сетевые устройства).

В этой системе, как и в других, данные отправляются вместе с адресом получателя. В топологии «общая шина» все сообщения, посылаемые отдельными узлами (устройствами), подключенными к сети, принимаются одновременно всеми остальными узлами (устройствами). Но поскольку сообщение включает адреса станций отправителя и адресата, то другие станции это сообщение игнорируют. Это метод множественного доступа. При нем перед началом передачи рабочее устройство узла определяет, свободен канал или занят. Если свободен, то станция начинает передачу. Надежность здесь выше, так как выход из строя отдельных узлов (устройств) не нарушит работоспособности сети в целом. Поиск неисправностей в кабеле при этой топологии затруднен. Кроме того, в случае обрыва кабеля у центрального узла нарушается работа всей сети, так как используется только один кабель. К достоинствам топологии «шина» можно отнести то, что устанавливается и настраивается такая сеть достаточно быстро. К тому же установка будет довольно дешевой. Если выйдет из строя один из узлов (сетевых устройств), сеть продолжит работать в обычном режиме. Подключение нового узла можно производить в рабочем порядке. Сеть будет функционировать. Увеличение количества узлов снижает производительность сети, а также приводит к задержкам при передаче информации.

Топология «Звезда».

Пример приведен на рисунке 2.

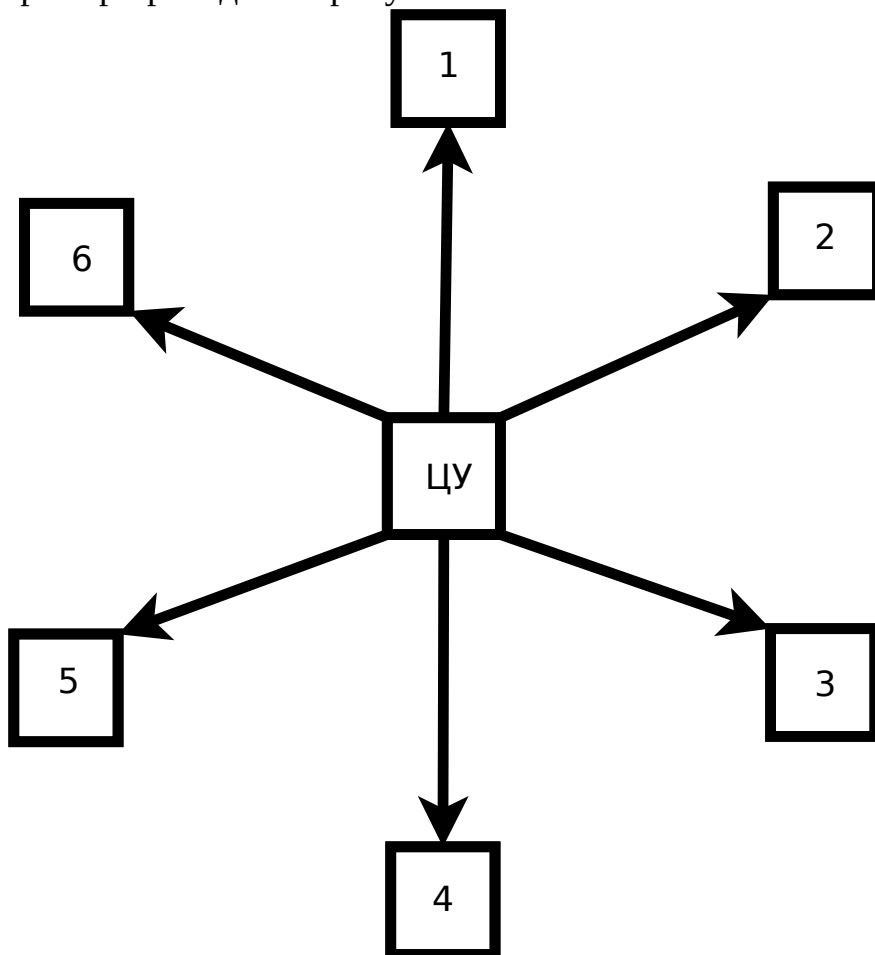


Рис. 2. Пример топологии «Звезда».

«Звезда» - ранее применялось название радиальная топология.

Топология построения сетей «звезда» – структура, центром которой служит центральный узел (устройство). Все узлы присоединены к нему отдельными линиями. Весь трафик проходит через центральный узел звезды. В сетях с топологией «звезда» подключение кабеля и управление конфигурацией сети централизованны. Если выйдет из строя только один периферийный узел (или кабель, соединяющий его с ЦУ), то лишь данный узел не сможет передавать или принимать данные по сети. На остальные узлы в сети это не повлияет, чем и достигается достаточный уровень надежности сети. Также к такой сети легко можно подключить и новый узел. При подключении нового оборудования остальные узлы продолжают работать в обычном режиме. В такой топологии сети легко находить неисправности. Пожалуй, одно из главных достоинств «звезды» – это ее высокая производительность (при условии обеспечения ее ЦУ). Но с точки зрения узловой надежности эта топология не является наилучшим решением, так как выход из строя центрального узла приведет к остановке всей сети. В ней есть ограничения и по подключаемым рабочим станциям. Их не может быть больше имеющегося количества портов на коммутирующем устройстве. И последний недостаток сети – ее стоимость. Требуется достаточно большое количество кабеля, чтобы подключить каждый узел.

Топология «Кольцо».

Пример приведен на рисунке 3.

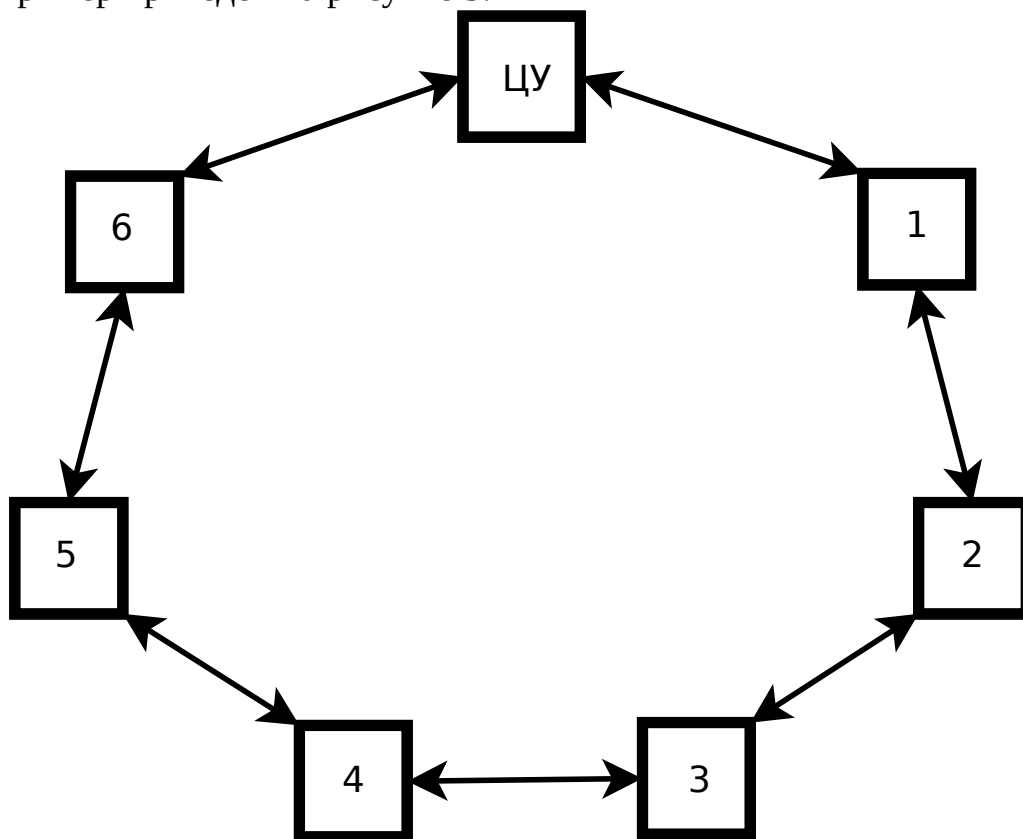


Рис. 3. Пример топологии «Кольцо».

Топология «Кольцо» - ранее применялся термин петлевая топология. Одна из наиболее применяемых в операторских сетях топологий как для синхронных, так и для асинхронных технологий передачи. Широко используется в сетях SDH. Такая топология не допускает перегрузки на сети. То есть они возможны на отдельных узловых мультиплексорах или коммутаторах, но на всю сеть, как правило, это

влияние не оказывает. Данные передаются последовательно от центрального узла к первому узлу и далее с трансляцией к следующему. Направление передачи может быть как в одну, так и в обе стороны. Поэтому надежность доставки повышена. При однократном секционном обрыве кабеля связь с узлом не теряется, и данные доходят до узла по другой ветке. При такой топологии время доставки данных почти соответствует времени распространения сигнала, то есть весьма незначительно и может быть нормированным по величине «не более чем». При этой топологии относительно простая и логическая организация сети. Но такая сеть требует внимательного подхода к вопросу своей синхронизации, и при нормальной настройке синхронизации работает очень надежно, но стоит допустить ошибку синхронизации на одном из узлов и сеть может выйти из строя целиком.

Топология «Цепь».

Пример приведен на рисунке 4.

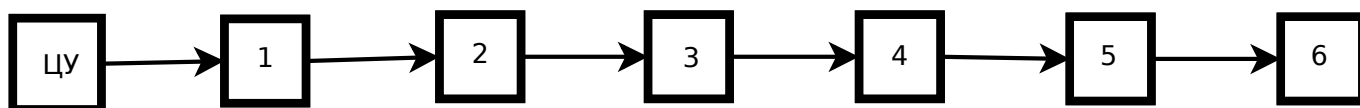


Рис. 4. Пример топологии «Цепь».

Топология «Цепь» - другое название линейная топология. Как видно из рисунка — последовательное включение узлов друг за другом. Простое построение сети, но непростая настройка даже для фиксированного набора услуг, а при появлении специально выделенных связей под каждый узел необходима своя специализированная конфигурация. Надежность сети низкая, при выходе из строя одного узла — все, что за ним так же не работает. Следующий недостаток — лавинообразный рост трафика от дальнего узла к ближнему по направлению к центральному. Возможны значительные перегрузки. В асинхронных сетях применяется часто, особенно при расширении сетей. Работает принцип «последнего свободного порта» - в него включают следующий коммутатор или узел и так далее. Если такое происходит не в конечных, а в промежуточных узлах, то топология автоматически превращается в худший вариант иерархической топологии.

«Иерархическая» топология.

Пример приведен на рисунке 5.

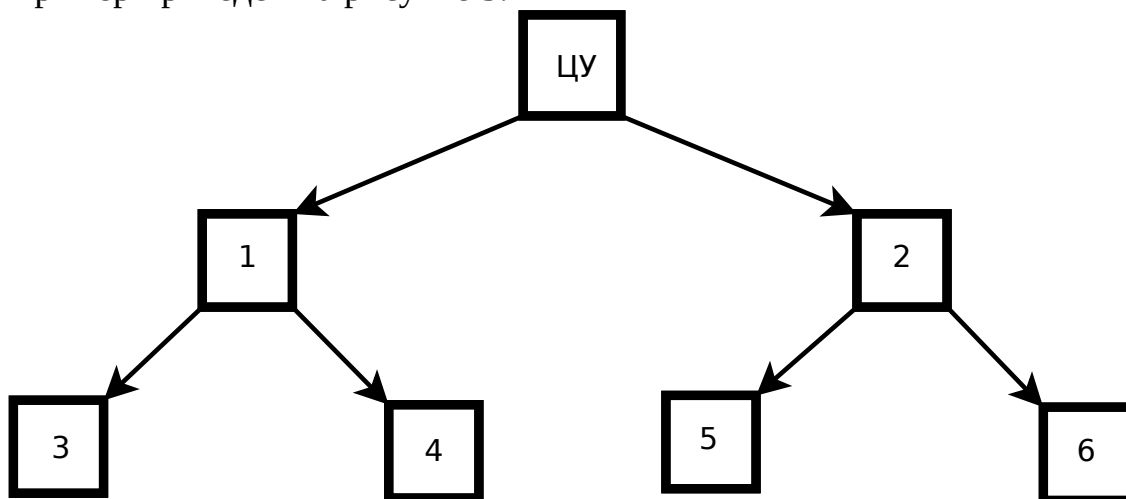


Рис. 5. Пример «Иерархической» топологии.

«Иерархическая» топология — топология связующего дерева или радиально-узловая топология.

«Иерархическая» топология является привлекательной с точки зрения простоты управления, однако, она несет в себе потенциально трудно разрешимые проблемы (например, проблемы готовности сети). В некоторых случаях самый верхний сетевой узел (например, Softswitch) управляет распределением всех потоков информации в сети. При централизованном управлении могут возникать перегрузки (при накоплении ошибок в процессе управления ресурсами) и понижаться готовность сети из-за запаздывания реакции системы управления. В случае отказа верхнего уровня функции сети нарушаются полностью, если не предусмотрен резервный узел.

Весь трафик проходит через центральный узел. Часто он представляет собой центральный маршрутизатор (Router). Следовательно, его функции - функции верхнего уровня иерархической топологии — обеспечить все функции и трафик для всех, а это не всегда возможно по причине ограниченных возможностей распределенной обработки.

При необходимости так можно объединять вместе несколько сетей с топологией «звезда», при этом получаются иерархические разветвленные конфигурации сети.

У данной топологии есть ряд достоинств. Несомненным преимуществом является то, что узлы одного уровня иерархии не зависят друг от друга. При поломке одного из них выходит из строя только подчиненная по иерархии сеть, а сама сеть остается в рабочем состоянии. К такой сети легко можно подключить новый узел. Однако при всех достоинствах у такого типа сетей имеются и недостатки. Если выйдет из строя центральное коммутирующее устройство, то перестанет работать и вся сеть.

Полносвязная топология.

Пример полносвязной топологии приведен на рисунке 6.

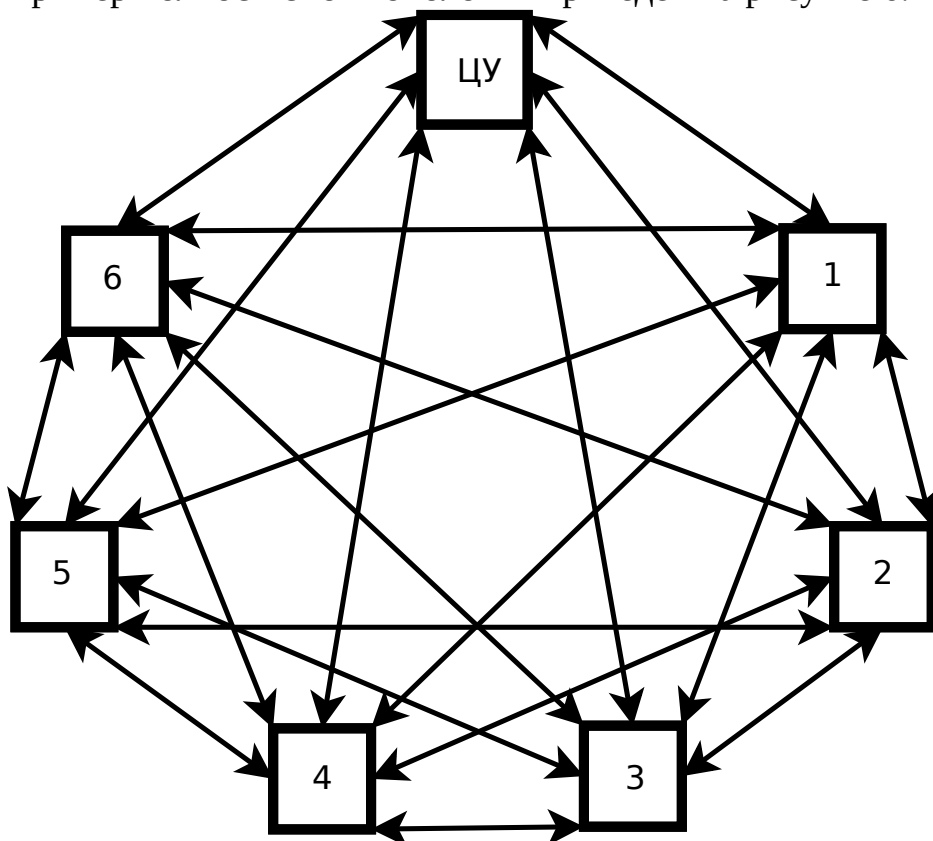


Рис. 6. Пример полносвязной топологии.

В полносвязной топологии все узлы подключены друг к другу попарно. Такая система достаточно громоздкая и малоэффективная. Требуется выделить отдельную линию для каждой пары узлов. Используется такая топология только в сложных системах и с небольшим количеством узлов (серверов, маршрутизаторов). Обычно такой топологией пользуются для построения ядра сети когда число маршрутизаторов в ядре до 4-х.

Ячеистая топология представляет собой, по сути, урезанный вариант полносвязной. Здесь также все узлы присоединены друг к другу отдельными линиями. Благодаря множественности путей между узлами сети с ячеистой топологией, потоки информации могут быть направлены в обход отказавших или занятых узлов. Несмотря на то, что топология сети характеризуется сложностью и высокой стоимостью, некоторые операторы предпочитают ячеистые сети сетям других типов вследствие их высокой надежности. Это особенно важен для современных магистральных мультисервисных сетей, агрегирующих и транспортирующих потоки мультимедийной информации.

Топология «Снежинка».

Пример топологии «Снежинка» приведен на рисунке 7.

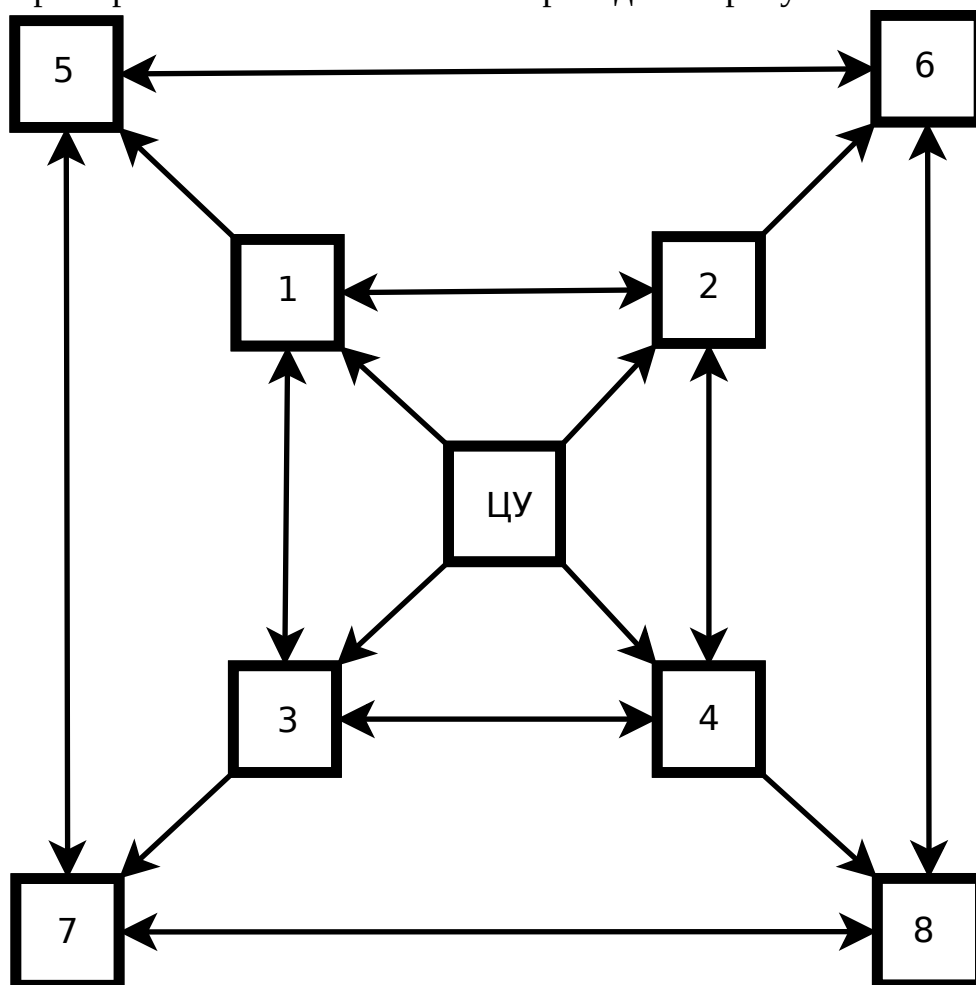


Рис. 7. Пример топологии «Снежинка».

Топология «Снежинка» - другое название — радиально-петлевая топология.

Одна из перспективных и эффективных топологий направленных на повышение показателей живучести и надежности сети путем использования дополнительной связности между узлами. Применение дополнительных связей всегда оптимизируют между нагрузкой на сеть и появлением резервных маршрутов для трафика.

Подводя итог рассмотрения топологий можно сказать, что универсальных рецептов нет, необходимо исходить из возможностей оператора, назначения сети и конечно же объема и характеристик трафика.

Классификация сетей доступа по методам разделения среды.

Существует несколько способов совместной работы нескольких терминалов, использующих общую среду передачи (разделение среды передачи):

- *Статическое мультиплексирование* (разделение ресурса)
 - по частоте (FDM),
 - по времени (TDM),
 - кодовое CDMA (Code Division Multiple Access),
 - по длине волны (WDM, Wavelength-Division Multiplexing);
- *Динамическое (статистическое) мультиплексирование* (концентрация)
 - случайный доступ ALOHA (CSMA/CD),
 - метод запросов,
 - метод приоритетов.

Методы доступа, применяемые в сетях.

Основной проблемой при построении любых сетей является выбор правил, которые регламентируют порядок передачи информации в общей среде. Сложность проблемы заключается в том, что отдельные узлы (станции или устройства) должны осуществлять передачу таким образом, чтобы не мешать друг другу, поскольку при одновременной передаче сигналов от двух и большего числа станций происходит наложение и взаимное искажение сигналов, происходит так называемый конфликт. При этом местные, как и локальные сети стремятся строить таким образом, чтобы на сети не было какого-либо координирующего центра (диспетчера) и все узлы (станции) могли работать автономно. Для решения этой задачи разработан ряд методов регламентации передачи, или методов множественного доступа.

Все методы доступа, применяемые для сетей, можно подразделить на две категории: методы, базирующиеся на централизованном управлении сетью, и распределенные методы доступа.

Для практического применения в условиях обеспечения высокой надежности наибольший интерес предоставляют распределенные методы доступа, в которых центральный управляющий орган отсутствует и все станции сети функционируют автономно. При таких методах доступа сеть более надежна, поскольку в ней отсутствует критический пункт - центральная станция, отказ которой выводит из строя всю систему. Распределенные методы доступа для местных или локальных сетей с топологией разного типа можно подразделить на четыре основные категории.

1. Случайные методы доступа, когда момент выхода на среду передачи определяется с использованием механизма случайного выбора. Впервые этот метод

был предложен в системе ALOHA, в которой узел начинал передачу своего пакета в момент его появления независимо от наличия передачи в канале связи от других узлов. Такой режим может приводить к конфликтам, когда два или большее число узлов осуществляют одновременную передачу и тем самым взаимно искажают передаваемые пакеты. Искаженные в процессе конфликта пакеты повторно передаются через случайно выбранный интервал времени и могут попадать в повторные конфликты.

Исследование эффективности использования пропускной способности среды передачи показало, что максимальный коэффициент использования (отношение максимальной скорости передачи к пропускной способности) не превышает 0,184. При увеличении нагрузки вероятность конфликта возрастает и время задержки до успешной передачи увеличивается.

Для уменьшения вероятности появления конфликта использования пропускной способности был разработан ряд модификаций этого метода. Случайный множественный доступ с контролем несущей (CSMA), случайный множественный доступ с контролем несущей и обнаружением конфликтов (CSMA/CD), используемый в одной из первых локальных сетей Ethernet.

Отличие метода CSMA от ALOHA состоит в том, что в нем каждый узел контролирует наличие передачи в среде от других узлов и в момент поступления пакета в узел: передача начинается лишь в том случае, если в данный момент среда свободна. Если в момент передачи возник конфликт, делается попытка его разрешения, например задержка передачи на случайный интервал времени. Новая попытка может привести к успешной передаче или повторению конфликта. Известны и более сложные процедуры разрешения конфликта, обеспечивающие увеличение пропускной способности сети.

Метод CSMA/CD отличается от CSMA тем, что узел, осуществляющий передачу, контролирует возникновение конфликта в процессе передачи, и если он обнаруживает появление конфликта, передача прекращается и реализуется та или иная процедура попытки выхода из конфликтной ситуации.

Эффективность использования среды передачи в таких системах существенно зависит от интервала времени между началом передачи пакета и тем моментом, когда все узлы узнают о занятии среды.

Достоинством случайных методов доступа является простота реализации и низкое время задержки при малых нагрузках на сеть. Однако они обладают и серьезными недостатками, в числе которых можно указать отсутствие гарантированного верхнего предела времени задержки до успешной передачи пакета, что исключает возможность применения этого метода в системах,

требующих передачи в реальном масштабе времени с заданными предельными задержками; нестабильную работу при увеличении входной нагрузки, при которой частота успешной передачи пакетов снижается, а задержка резко увеличивается; резкое снижение эффективности использования среды передачи.

Несмотря на это, метод CSMA/CD получил достаточно широкое распространение и предусматривается в числе международных стандартов.

2. Маркерные методы доступа, при которых право на занятие среды передается от узла к узлу в определенной последовательности (по логическому кольцу) или по приоритетам в форме специальных сообщений (маркеров).

Узел, получивший маркер, может осуществлять передачу в течении определенного времени, после чего обязан передать маркер следующему узлу. Достоинствами этого метода являются гарантированное предельное время задержки передачи пакета и отсутствие нестабильного режима передачи, характерного для случайных методов доступа. Недостаток - сложность реализации процедур инициализации логического кольца, включения - исключения узлов из логического кольца, процедуры восстановления работы сети после отказов или при потере маркера, и т.д. кроме того, сама передача маркера требует передачи определенного объема служебной информации, что приводит к снижению эффективности использования среды передачи.

3. Интервальные методы доступа характеризуются использованием в процедуре доступа временных интервалов, связанных с моментом освобождения среды после передачи пакета. Узел имеет право на передачу, если он наблюдает свободную среду после передачи пакета каким-либо узлом в течение определенного интервала времени, который зависит от конкурентной процедуры доступа.

Интервальные методы доступа в зависимости от способа расположения узлов на среде передачи можно подразделить на две категории: для сетей с упорядоченным и с произвольным расположением. При упорядоченном расположении узлов последовательность передачи права на занятие среды совпадает с последовательностью размещения узлов на среде передачи. Для сетей с произвольным расположением последовательность подключения узлов на сети не связана с последовательностью передачи права на занятие среды.

Методы доступа подразделяются также по виду информации, которая используется в процессе принятия решения о возможности передачи с данного узла. В простейшем случае в процедуре доступа используется только информация о времени освобождения среды передачи в данном узле, номере данного узла и максимальном времени распространения сигнала между наиболее удаленными узлами сети. В более сложных процедурах может использоваться также информация

о номере узла, который последним вел передачу, о времени распространения между парами узлов и о других параметрах.

4. Интервально-маркерные методы доступа, при которых право на занятие среды определяется временными интервалами после передачи пакета или специального маркера. Если сеть достаточно загружена, то в ней идет непрерывная передача пакетов с интервалами, определяемыми процедурой доступа. Если же в сети пакетов нет, осуществляется передача синхромаркеров, которые служат опорными временными метками для отсчета временных интервалов, определяющих право занятия среды передачи узлами сети при появлении у них пакетов.

Еще одной характеристикой, по которой могут различаться методы доступа, является порядок передачи между узлами права на занятие среды, то есть порядок передачи управления, или режим приоритетов. По этому критерию можно выделить следующие возможные режимы:

- последовательный циклический доступ, при котором все узлы в определенной последовательности получают право на передачу пакетов. Ни один из узлов не обладает какими-либо преимуществами по сравнению с другими узлами. При таком методе передачи управления для каждого узла гарантировано конечное предельное время задержки пакета, не зависящее от активности других узлов;

- приоритетный циклический доступ, при котором управление последовательно передается между всеми узлами сети, однако узел, ведущий передачу, обладает приоритетом по отношению к другим узлам - он может продолжать передачу до тех пор, пока у него имеются пакеты. В этом случае возможен захват среды отдельными узлами и вследствие этого предельное время задержки не гарантировано;

- частично-приоритетный циклический доступ, при котором узел, ведущий передачу, обладает приоритетом лишь над частью узлов, например над узлами с меньшими номерами, если узлы с большими номерами не имеют пакетов для передачи. Если все узлы имеют пакеты, то этот метод доступа обеспечивает последовательный обход всех узлов. Предельное время задержки для всех узлов сети в этом случае не гарантируется;

- приоритетный доступ, при котором после передачи любым узлом управление переходит к узлу с наибольшим приоритетом, если этот узел не имеет пакетов, - к узлу следующего приоритета и т.д. Предельное время задержки в этом случае гарантируется лишь для узлов с наибольшим приоритетом; доступ с приоритетным распределением пропускной способности, при котором в условиях, когда все узлы имеют пакеты для передачи, пропускная способность среды распределяется пропорционально заданным приоритетам. Предельное время задержки при этом методе гарантируется всем узлам.