

WHITE PAPER

#13

07/2022

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СКС для поддержки ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЛОКАЛЬНЫХ СЕТЕЙ PoLAN



Eurolan 2002—2022

Особенности построения СКС для поддержки функционирования локальных сетей PoLAN

Современный объект капитального строительства буквально насыщен различными инженерными системами. В перечень таковых можно включить водопровод, канализацию, электро-снабжение, кондиционирование, системы контроля и управления доступом, а также ряд других. В связи с отчетливо обозначившимся трендом на перевод зданий и сооружений с постоянным или длительным нахождением людей в качественно новое состояние «умного дома» в перечень обязательного оборудования должна включаться также информационно-телекоммуникационная система (ИТС).

Основные укрупненные функции, выполняемые ИТС, четко делятся на две группы. Первая из них охватывает задачи предоставления физическим пользователям различных видов информационного сервиса, вторая — управления инженерным оборудованием как единым комплексом через организацию взаимодействующих друг с другом сетевых структур.

Изначальное наличие ИТС на объекте недвижимости обеспечивает ему значимое повышение потребительской ценности. Платой за возросший уровень комфорта становится неизбежное увеличение масштабов и сложности системы в целом, что сопровождается ростом капитальных затрат на ее построение. Более того, рост объемов выполняемых функций неизбежно приводит к увеличению доли ИТС в общем объеме затрат, направляемых на строительство отдельного здания или их комплекса на общей территории.

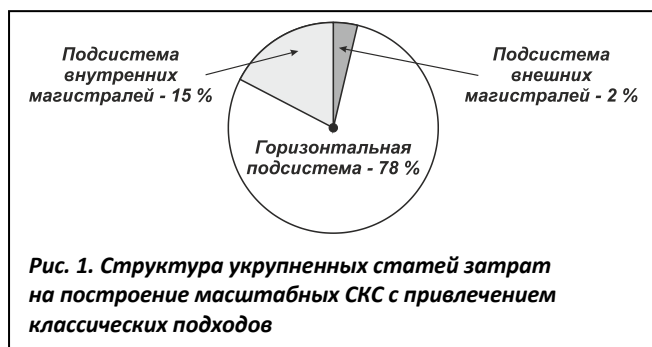
В основу любой ИТС положены подходы, использованные в концепции доказавшей свою эффективность на практике модели открытых информационных систем. Нижний физический уровень может быть реализован на базе кабельных или беспроводных решений. Фундаментальные свойства последних определяют их четко очерченную и сравнительно небольшую область применения. Нишевый характер применимости средств радиодоступа дополнительно усиливается тем, что точки доступа беспроводной сети подключаются к ИТС по кабельным каналам связи. Поэтому в дальнейшем рассматриваются только кабельные варианты реализации физического уровня информационно-телекоммуникационной системы.

Технология PoLAN — дань моде или объективный результат эволюции техники?

Выбор типа информационной проводки, обеспечивающей работоспособность информационной системы в конкретном проекте, представляет сложную задачу. С учетом высокой стоимости кабельной системы варианты ее решения в обязательном порядке контролируются с привлечением двух взаимно дополняющих основных критериев. К таковым относятся возможность полноценной реализации функций, возложенных на информационную проводку, на протяжении всего срока эксплуатации и минимальные приведенные затраты (стоимость владения) на создание и последующую эксплуатацию.

Гарантированно добиться отсутствия морального устаревания можно только переходом на построение горизонтальной подсистемы на одномодовой волоконно-оптической технике.

Стоимостные показатели решения в целом при их рассмотрении как приведенных затрат



существенно улучшаются при переходе на построение информационной проводки по концепции структурированной кабельной системы (СКС). Необходимый экономический эффект при сравнительно высоких капитальных затратах достигается благодаря минимизации эксплуатационной составляющей расходов.

Идея реализации информационной проводки объектов недвижимости в виде СКС была выдвинута еще в конце 80-х гг.

прошлого столетия. Изначально заложенный в нее потенциал за минувшие три десятка лет был уже во многом исчерпан. По сравнению с рубежом веков мировые цены на медь и нефть, которые служат основным сырьем для элементов кабелей из витых пар, выросли в несколько раз. С учетом

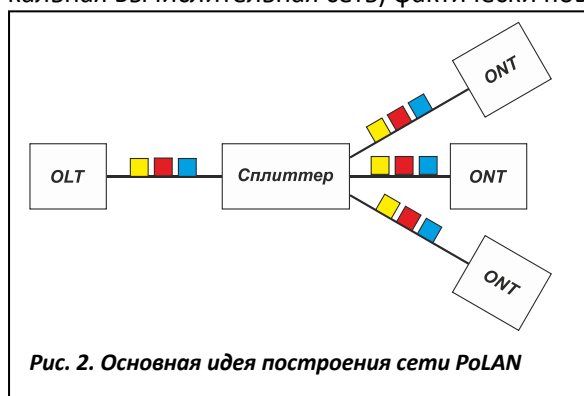
высокой степени автоматизации процесса производства горизонтального кабеля и преобладающей доли горизонтальной подсистемы в структуре расходов на построение СКС (рис. 1) этот рост пропорционально сказывается на капитальных затратах, которые требуются для создания структурированной проводки.

Ситуация дополнительно усугубляется явно выраженным трендом к снижению стоимости активного сетевого оборудования, который определяется техническим прогрессом в области микроэлектроники.

В сложившихся условиях восстановить исходную коммерческую привлекательность структурированной проводки можно только целенаправленным частичным переходом на иные принципы построения горизонтальной части кабельной системы. На сегодняшний день известно несколько доведенных до уровня практических предложений серийной техники для реализации нижних уровней ИТС, которые решают обозначенную задачу. Среди этих нововведений достойны отдельного упоминания однопарный Ethernet, концепция активной консолидационной точки и технология PoLAN. На рассмотрении свойств последней остановимся далее.

Схема построения сети PoLAN

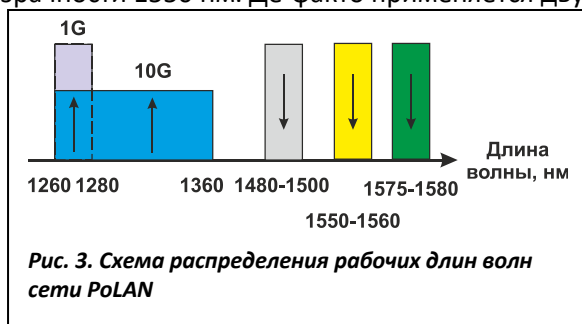
Структурно сеть PoLAN (от англ. *passive optical local area network*, пассивная оптическая локальная вычислительная сеть) фактически повторяет типовую конфигурацию своего прямого про-



тотипа: сети доступа, создаваемой операторами связи и реализованной на основе технологии PON (от англ. *passive optical network*, пассивная оптическая сеть). Для ее построения применяется идентичное оборудование, которое целенаправленно адаптировано для штатного применения в пределах офисного пространства и «врезается» в виде полноценной «прозрачной для Ethernet» вставки в типовой тракт передачи локальной сети, рис. 2.

В PoLAN используется двунаправленная одноволоконная передача. Разделение потоков нисходящего и восходящего направления произво-

дится оптическими фильтрами за счет использования ими различных длин волн. При этом более критичное к потерям нисходящее направление использует оптические несущие третьего окна прозрачности 1550 нм. Де-факто применяется двухволновое спектральное мультиплексирование, что

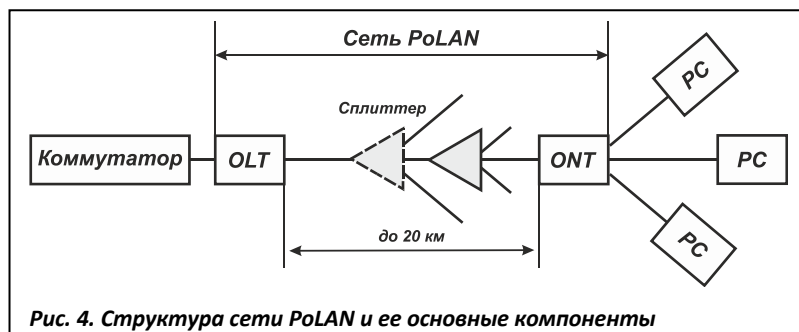


положительно сказывается на стоимости решения в целом за счет существенного удешевления оптических фильтров. Спектральный диапазон 1550...1560 нм, зарезервированный в прототипе для передачи сигналов кабельного телевидения, рис. 3, в сетях PoLAN не задействуется.

Рабочий спектральный диапазон восходящего направления меняется в зависимости от обеспечиваемой скорости обмена: 1260...1280 нм для скорости 1 Гбит/с и 1260...1360 нм для скорости 10 Гбит/с.

В линейной части физического уровня сети PoLAN используется одномодовый волоконно-оптический кабель в комбинации с т. н. сплиттерами, рис. 4. Активные аппаратные компоненты представлены терминалами OLT (от англ. *optical line terminal*) и ONT (от англ. *optical network terminal*).

От классической сети Ethernet сеть PoLAN радикально отличается использованием мультиплексирования в той ее части, которая непосредственно обслуживает подключаемое терминальное оборудование. Данная особенность сопровождается радикальным уменьшением количества прокладываемых линий. Это происходит из-за того, что пространственное мультиплексирование классической ЛВС: подключение каждого терминального устройства физически отдельным трактом передачи классической СКС — заменяется на мультиплексирование во времени.



При этом для наращивания количества OLT, одновременно подключаемых к down-link-порту OLT, допускается каскадирование нескольких сплиттеров (их количество зависит в первую очередь от общего допустимого коэффициента ветвления, который может достигать 128), рис. 4.

Особенность одномодовых оптических приемопередатчиков сети PoLAN — их очень высокая чувствительность к обратным отражениям. Подавление этих отражений до требуемого уровня требует обязательного применения в линейной части системы угловых оптических разъемов в исполнении APC.

Внешне сеть, построенная на технологии PoLAN, отдаленно напоминает реализацию на ином техническом уровне схемы cable sharing, которая позволяет подключать к одному кабелю одновременно несколько (до четырех) терминальных устройств.

Организация информационного обмена

Пакеты локальной сети Ethernet, которыми обмениваются между собой рабочие станции и серверы с привлечением для этого коммутаторов, при формировании нисходящего потока обрабатываются в групповом линейном терминале OLT. Последний непосредственно взаимодействует с классическим коммутатором Ethernet и отличается от него тем, что каждый down-link-порт обслуживает одновременно несколько пользовательских сетевых терминалов OLT через оптический сплиттер. В результате

- нижний уровень сети структурно фактически реализует популярную в системах промышленной автоматизации схему «точка — многоточка»;
- основные компоненты сети PoLAN — OLT, OLT и оптический кабель с одним или несколькими сплиттерами — врезаются в разрыв тракта передачи, а образованная ими линейная структура выполняет функции активного удлинителя и разветвителя.

Конкретный OLT «видит» весь групповой сигнал, снимаемый с OLT. При этом он выделяет из него те пакеты, которые предназначены для подключенных к его портам персональных компьютеров (рабочих станций локальной сети) или иного терминального оборудования.

При работе в восходящем направлении единственной существенной особенностью становится появление необходимости синхронизации функционирования OLT с OLT из-за положенного в основу сети принципа временного мультиплексирования.

По количеству обслуживаемых терминальных устройств OLT делятся на групповые и индивидуальные. Индивидуальные OLT отличаются от старших моделей преимущественно только уменьшенным до одного-двух количеством нисходящих портов для подключения пользовательских рабочих станций.

Отметим, что подключение компьютера к OLT вне зависимости от его исполнения всегда осуществляется через медножильный шнур. Для организации соответствующей связи OLT оборудуется одним или несколькими стандартными портами с дальностью действия 100 м, физический интерфейс которых выполнен на основе розетки модульного разъема RJ45.

Сплиттер

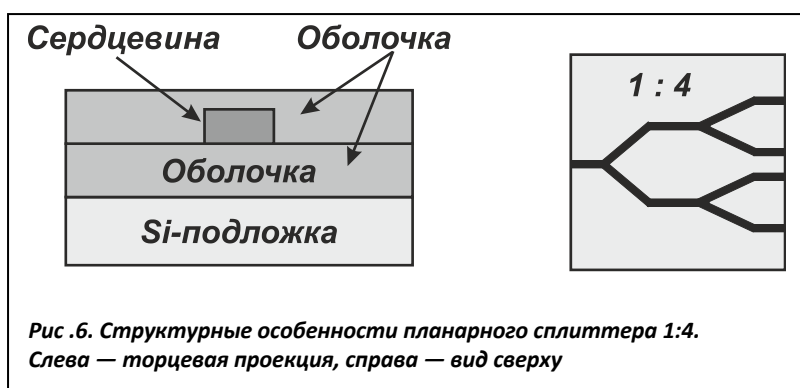
Сплиттер (от англ. *to split* — разделять) — ключевой компонент сетей, использующих любую технологию группы PON. Представляет собой пассивное волоконно-оптическое устройство чаще



всего с одним входом и несколькими выходами, которое осуществляет разделение в определенной пропорции входного оптического сигнала с его передачей на выходные отводы при ра-

боте в нисходящем направлении, рис. 5.

Сплиттер — это многофункциональное устройство в том смысле, что, кроме разделения сигнала по нескольким выходам, выполняет также функции сумматора: при передаче в восходящем направлении сигналы, поступающие на отводы этого компонента, объединяются на его входном световоде. Данное свойство ценно тем, что позволяет организовать двунаправленный информационный обмен.



Для изготовления серийных сплиттеров используются две технологии: сплавная и планарная. От сплиттера PoLAN не требуется неравномерное распределение мощности входного сигнала по отдельным выходам. С учетом этого в таких сетях применяются исключительно более качественные, хотя и более дорогие планарные элементы PLC (от англ. *planar lightwave circuit*).

Это изделие фактически представляет собой интегрально-оптический чип на кремниевой подложке, рис. 6.

Основные экономические преимущества технологии PoLAN

Сильная сторона PoLAN, потенциально востребованная в ряде случаев построения сетевых структур объектов недвижимости, — возможность увеличения приблизительно до 20 км расстояния между OLT и ONT. Это открывает перспективы построения полноценных централизованных сетевых Ethernet-архитектур, которые сравнительно просты в плане удаленного администрирования и благодаря этому представляют интерес для небольших офисов.

Основные стоимостные преимущества организации сетевой инфраструктуры по технологии PoLAN непосредственно вытекают из тех базовых идей, которые положены в ее основу. Таковыми являются:

- отказ от свойства универсальности информационной проводки в пользу ориентации на поддержку функционирования только локальной сети, что позволяет снизить капитальные затраты за счет устранения характерной для классических СКС функциональной избыточности горизонтальных связей;
- переход от построения горизонтальной подсистемы на кабелях из витых пар в пользу волоконно-оптических кабелей, которых рост цен на сырье коснулся не столь существенно;
- использование одноволоконной схемы дуплексной передачи сигналов в двух направлениях;
- применение при реализации аппаратуры дополнительного мультиплексирования во времени сигналов отдельных терминальных сетевых устройств (рис. 2), что уменьшает объем горизонтальных кабелей.

Отказ от универсальности нижнего уровня сети в текущих реалиях не носит критического характера. Сказывается переход на единую технологическую платформу Ethernet.

Перевод локальной сети на новые принципы организации обязательно требует затрат на исследования и разработки. В случае PoLAN таковые сводятся к минимуму простой адаптацией к внутриобъектовым сетям той техники, которая была создана ранее и применялась операторами для построения сетей доступа. По сути, модернизация соответствующего сетевого оборудования заключается в разработке дизайна корпуса с учетом эксплуатации в офисе.

Отдельно укажем еще на два обстоятельства.

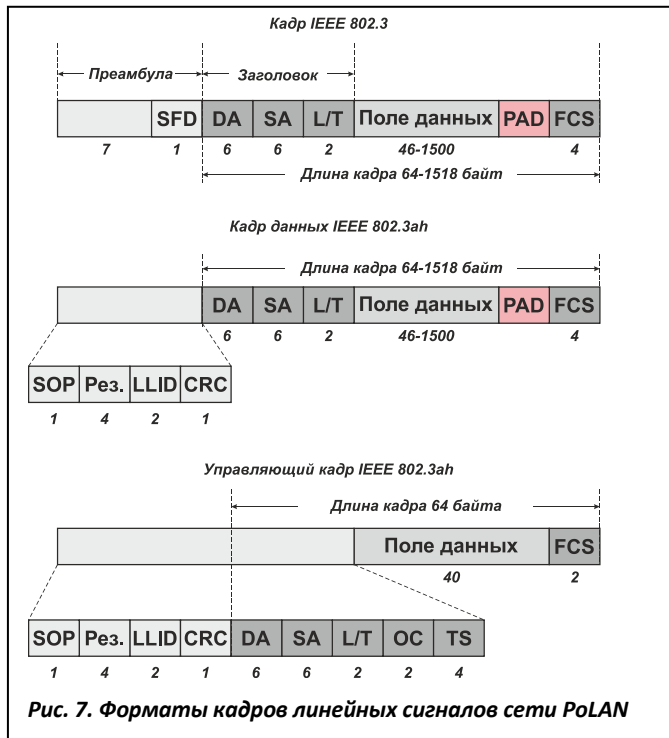
Во-первых, финансовый выигрыш от перехода на конфигурацию PoLAN в немалой степени достигается за счет того, что создаваемая по этой технологии локальная сеть фактически представляет собой специализированный единый комплекс из кабельного решения в комбинации с активным сетевым оборудованием.

Во-вторых, с технологической точки зрения PoLAN можно рассматривать как качественное развитие на иных принципах схемы Fiber to the office или Fiber to the room построения внутриобъектовой информационной проводки. Эта концепция предполагает применение инсталляционных микрокоммутаторов Ethernet и с середины 90-х гг. прошлого века получила определенную популярность в ряде стран Центральной Европы. Создатели PoLAN полноценно использовали резервы пропускной способности волоконного световода для наращивания экономической эффективности решения в целом.

Технические достоинства и недостатки технологии

PoLAN, обладая чисто финансовой привлекательностью, обеспечивает для ее пользователей также ряд дополнительных технических преимуществ. Наиболее существенным из них следует признать заметную экономию на поперечном сечении кабельных каналов. Это связано в первую очередь с применением в линейной части системы одноволоконных оптических кабелей, которые

- обладают заметно лучшими массогабаритными характеристиками по сравнению с кабелями из витых пар;
- обеспечивают упрощение прокладки за счет большей гибкости.



Немаловажное значение приобретает снижение пожарной нагрузки на объект капитального строительства. Сказывается сокращение объема пластика кабельных оболочек, которое существенно усиливается благодаря уменьшению количества самих этих кабелей.

Сокращение общей протяженности кабелей, привлекаемых для организации физического уровня ЛВС, заметно упрощает поиск неисправностей.

В ряде случаев как важное преимущество рассматривается практически полное отсутствие ограничений на предельную протяженность линий связи OLT с ONT, что открывает перспективы реализации полноценных централизованных структур.

Применение на физическом уровне волоконно-оптической техники делает сеть значительно более стойкой к попыткам несанкционированного доступа к конфиденциальной информации.

В отличие от классических сетей Ethernet, пользователь сети PoLAN при малой активности других потребителей доступных ресурсов получает в свое распоряжение всю незадействованную ими полосу пропускания.

Технические недостатки сетей PoLAN представляют собой прямое продолжение их достоинств. Главными из них являются, пожалуй, потеря доступа к информационной поддержке сразу

большой группы пользователей в случае механического или иного повреждения волоконно-оптического кабеля. Известные неудобства может доставить необходимость заключения сервисного контракта, т. к. выполнение ремонта возможно только специалистами по волоконной оптике, которые работают с дорогостоящим технологическим оборудованием.

Определенное значение имеет усложнение логики взаимодействия коммутатора с рабочей станцией, которое происходит через комбинацию OLT и ONT. Применение мультиплексирования во времени в сочетании с организацией доступа к сети через волоконно-оптический моноканал (общую шину, в которой функции ответвителя выполняет сплиттер с отводами) вынуждает вводить два типа формата кадров, структура которых схематично представлена на рис. 7. Кадры дополнительного формата задействуются в момент организации связи и используются для синхронизации восходящих потоков во времени.

Кроме того, переход на технологию PoLAN в определенных пределах сдерживается:

- отказом от универсального характера реализуемого кабельного тракта, что определяется наличием по меньшей мере одного сплиттера в его составе;
- необходимостью обязательной реализации внутренней телефонной сети организации по схеме IP-телефонии;
- невозможностью питания телефонного аппарата непосредственно от станции по классической схеме центральной батареи.

Потенциально решению задачи гарантированного электроснабжения ONT может помочь применение в линейной части информационной проводки комбинированного оптического кабеля с дополнительными медными жилами.

Варианты реализации сети PoLAN

В рамках общей идеи возможно обращение к трем различным разновидностям организации физического уровня локальной сети, использующей для транспорта данных технологию PoLAN. В схематической форме они изображены на рис. 8. Для определенности далее предполагается, что коммутатор локальной сети и OLT физически располагаются в техническом помещении нижнего уровня ИТС (кроссовой этажа). Оба этих сетевых устройства выполнены в обычном 19-дюймовом формате и смонтированы в соответствующем монтажном конструктиве.

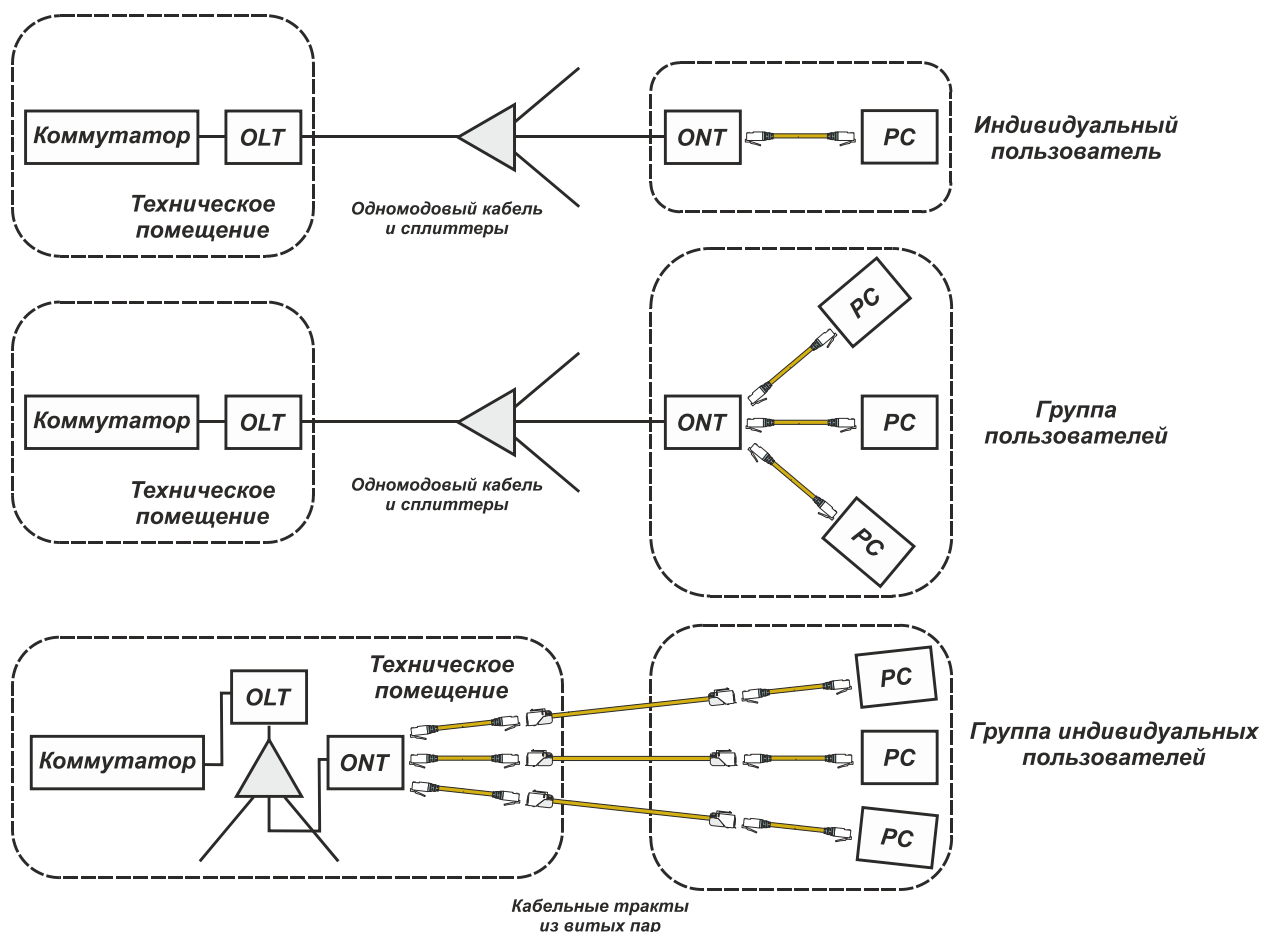


Рис 8. Основные варианты реализации сетей PoLAN

Разница между рассматриваемыми конфигурациями определяется местом расположения сетевого терминала ONT и типом линейного кабеля. Первые две предполагают размещение ONT непосредственно вблизи пользовательских рабочих мест. Разница проявляется только в количестве down-link-портов, которыми оборудованы эти устройства. При этом во втором варианте многопортовый ONT фактически выполняет функции многопользовательской розетки MUTOA классической СКС, имея похожий дизайн. Дополнительно потребуется также организация подключения к источнику питания.

Подключение рабочих станций локальной сети выполняется обычными медножильными шнурами, потребуется только некоторое увеличение их длины, вообще характерное для многопортовых розеток открытого офиса.

Сплиттеры могут как находиться в техническом помещении, так и устанавливаться непосредственно в офисном пространстве. Наилучшим местом для монтажа считается консолидационная точка (при ее наличии), что дополнительно дает такое важное преимущество, как уменьшение количества линейных кабелей.

С финансовой точки зрения конфигурация с групповым ONT, которая соответствует открытому офису, существенно выгоднее. Сказывается сокращение числа дорогостоящих одноволочных оптических модулей SFP.

Третья схема применяется при наложении сети PoLAN на уже существующую медножильную проводку в процессе модернизации информационной инфраструктуры объекта недвижимости. При ее реализации ONT перемещается в кроссовую этажа вместе со сплиттерами. Последние оформляются двумя основными способами:

- в виде сплиттерных модулей со стандартизованным форм-фактором по посадочным местам и выводом розеток на переднюю пластину корпуса; сами модули штатно проектируются по форм-фактору для монтажа в гнезда типовых слотовых полок высокой плотности;

- как полноценные 19-дюймовые одноюнитовые сплиттерные полки.

При конструировании этого оборудования из соображений обеспечения удобства эксплуатации тем или иным образом выделяются розетки входного и выходного портов.

Пользовательские интерфейсные порты ONT подключаются обычными шнурами к розеткам 19-дюймовых коммутационных панелей уже созданной ранее кабельной системы, обеспечивая бесшовный переход на иную технологическую платформу транспорта данных.

Отметим, что потенциально возможно применение в линейной части сети PoLAN не столь капризной в процессе текущей эксплуатации многомодовой техники. В массовой инженерной практике оно не используется, в т. ч. по причине отсутствия серийного предложения. Информация о разработке специализированных многомодовых модулей для PoLAN, по крайней мере до настоящего времени, отсутствует, что связано, скорее всего, с невозможностью обеспечения ощутимого финансового выигрыша.

Точно так же не получила распространения техника так называемых пассивных преобразователей среды, позволяющих подключать одномодовые интерфейсы OLT и ONT непосредственно к многомодовым линиям. В данном случае сказывается малое количество проектов класса «волокно до рабочего места» или хотя бы «волокно до комнаты».

Типичные области применения

Даже беглый анализ результатов приведенного технико-экономического рассмотрения техники PoLAN позволяет обозначить фокусные области применения локальных сетей, созданных на ее основе. Наибольшие преимущества данный принцип построения сети дает в случаях:

- высокой плотности размещения терминального оборудования;
- применения централизованной модели реализации локальной сети.

Соответственно, на сегодня это в первую очередь соответствует:

- масштабным объектам капитального строительства офисного назначения при реализации рабочего пространства по схеме открытого офиса;
- отелям;
- медицинским стационарам.

Определенные перспективы видятся также в отношении малых офисов не более чем с несколькими десятками рабочих мест. В этом случае сказывается привлекательность использования модели аутсорсинга для поддержки функционирования локальной сети.

Отдельно следует указать, что принципиальные препятствия для внедрения рассматриваемых сетей в других областях отсутствуют, но достоинства технологии проявляются в них не столь выражено.

Заключение

1. Схема PoLAN представляет собой закономерный результат эволюционного развития техники локальных сетей и может рассматриваться как полноценный вариант реализации сетевой инфраструктуры.
2. PoLAN имеет широкую область применения, а наибольший экономический эффект от ее внедрения достигается в открытых офисах, а также в отелях и больницах, т. е. на тех объектах, которые тяготеют к централизованной модели построения локальной сети.
3. Физический уровень сети PoLAN реализуется на стандартной элементной базе СКС и требует от производителя кабельной системы лишь незначительного расширения номенклатуры предлагаемых компонентов с обязательным введением в нее сплиттерных модулей в различных вариантах их построения.
4. Процесс проектирования нижних уровней информационной проводки в случае использования технологии PoLAN крайне незначительно отличается от проектирования традиционной СКС, однако требует расчета оптического бюджета линий.
5. В случае установки на пользовательских рабочих местах индивидуальных розеток с оптическим интерфейсом целесообразно применение розеточных модулей с пылезащитными шторками.