

СЕТИ FTTH ОТКРЫТОГО ДОСТУПА

Е.Гаскевич, генеральный директор ООО "Тералинк" / egaskevich@teralink.ru

УДК 654.04, DOI: 10.22184/2070-8963.2018.72.3.14.22

Сети открытого доступа, распространенные в Евросоюзе, являются интересной альтернативой для охвата населения частного сектора России услугами ШПД посредством FTTH, так как они позволяют решить проблему доступа операторов на опоры энергетиков. В статье предложены нестандартные способы предоставления инфраструктурным оператором в аренду операторам услуг связи "темных" оптических структур – "деревьев" и "ветвей деревьев" PON.

ОСОБЕННОСТИ ИНФРАСТРУКТУРНОГО ОПЕРАТОРА СЕТИ FTTH ОТКРЫТОГО ДОСТУПА

В настоящее время в Европе все больше распространяются сети открытого доступа [1]. Сеть FTTH (оптическое волокно в дом) открытого доступа – это сетевая телекоммуникационная инфраструктура или часть инфраструктуры, которую ее владелец – инфраструктурный оператор – сдает в аренду не абонентам, а операторам услуг связи для организации участка подключения от узлов концентрации к абоненту. В пассивном варианте это могут быть: опоры, кабельная канализация с колодцами, микроканализация с устройствами ветвления, оптические кабели (ОК), оптические "темные" волокна, спектральные полосы или длины волн систем мультиплексирования. В активном варианте это могут быть виртуальные каналы (VLAN) Ethernet уровня 2 или IP уровня 3. В дополнение к этому возможна сдача в аренду древовидной структуры PON. Такая возможность предлагается и анализируется в данной статье.

Сети открытого доступа должны предоставляться инфраструктурным оператором для аренды на основе недискриминационного предложения – другими словами, цены и условия аренды должны быть одинаковыми для разных операторов услуг. Более того, в случае естественной монополии тарифы на аренду и услуги инфраструктурного оператора должны регулироваться властями. Инфраструктурный оператор может построить сеть FTTH открытого доступа, вкладывая свои активы и средства, а может получить дотацию от властей, что также может являться причиной для регулирования его тарифов. Ниже мы рассмотрим исключительно сети открытого доступа,

которые в полной мере обеспечивают сдаваемые операторам услуг оптические соединения между узлами концентрации и абонентами, активные или пассивные. При этом рассматриваются сети, построенные на основе воздушных кабелей.

Инфраструктурные операторы могут быть небольшими, масштаба поселка, а могут соответствовать масштабу города и даже региона. Например, инфраструктурный оператор может быть учрежден жилищным кооперативом, СНТ или ТСЖ. В этом случае деятельность и тарифы малого оператора контролирует соответствующее общественное объединение. В сельской местности, где строительство сетей доступа нерентабельно из-за низкой плотности абонентов, малые и средние инфраструктурные операторы могут быть выбраны властями на конкурсной основе и дотироваться администрацией субъекта РФ, причем каждый на своем участке будет монополистом. Крупные владельцы инфраструктуры, которая может быть эффективно задействована для строительства сетей FTTH, в целях упорядочения ее дополнительного использования могут учредить или назначить инфраструктурного оператора сети FTTH. Например, электросети, которые имеют инфраструктуру городских опор ВЛ 0,4 кВ, могут учредить инфраструктурного оператора сети FTTH или передать эти функции организации, ведущей обслуживание опор по долгосрочным договорам. Это нужно, в частности, для того чтобы не допустить "кабельной вакханалии" на опорах, которая нередко встречается, например, на юге России (рис.1).

Электросети являются естественным монополистом, и если они учреждают или допускают

единственного инфраструктурного оператора, то он тоже может оказаться монополистом, и его деятельность и тарифы должны подвергаться регулированию со стороны властей. Такая монополия встречается в районе частной застройки, где нет телефонной канализации и ее строительство крайне затратно, состояние телефонных опор не позволяет подвешивать оптические кабели, а городской архитектурный отдел обоснованно не позволяет устанавливать еще один ряд опор в дополнение к опорам ВЛ 0,4 кВ и телефонным. Строго говоря, инфраструктурный оператор, даже если он единственный, кто построил сеть FTTH на опорах ВЛ 0,4 кВ, не будет являться абсолютным монополистом. Есть возможность дать сервис абонентам по беспроводным сетям или по телефонным медножильным парам (xDSL). Однако, если рассматривать услуги, требующие широкой полосы в современном смысле, то их основа практически безальтернативна – FTTH.

Кроме регулирования, к инфраструктурным операторам предъявляется еще ряд особых требований. Они должны организовать узлы концентрации с оформлением землеотвода, если это шкаф, или на основе долгосрочного договора аренды, если это опора или помещение, или с выкупом недвижимости, если это здание или часть здания. На узлах концентрации должны иметь возможность разместить свое оборудование несколько операторов услуг (не меньше двух), и к узлам должен быть обеспечен не затрудненный кабельный доступ по канализации или по опорам. Если инфраструктурный оператор строит подземные сети или устанавливает свои опоры, то вся разрешительная документация и документация на землеотвод должна быть в полном порядке. Элементы сети и их монтаж должны соответствовать всем действующим правилам и нормам, иметь долгий физический срок службы с учетом местных климатических и иных условий (расчетный срок – 25 лет), не портить внешний вид улиц и базироваться на самых современных решениях, продуктах и технологиях. Если сказать кратко – сеть FTTH с ее узлами концентрации должна быть построена на долгий срок эксплуатации в физическом, моральном и административном смысле, а узлы концентрации должны быть легко доступны для операторов услуг.

Узлы концентрации сети открытого доступа могут быть малого масштаба (до 300 абонентов). Как правило, это пассивные узлы – кроссовые шкафы на пьедесталах или подвесные, уличные пеналы, большие кроссовые или сварочные муфты в колодцах или на опорах. Узлы среднего масштаба (до 1000 абонентов) – пассивные или активные – располагают



Рис.1. "Кабельная вакханалия"

в пассивных или активных уличных шкафах с климат-контролем либо в помещениях. Для эксплуатации крупных узлов концентрации (свыше 1000 абонентов) требуется разрешение Роскомнадзора, а если узлы активные, то нужны два независимых фидера электропитания. Крупные узлы концентрации, как правило, являются активными сетевыми узлами в помещениях с подведением кабельной канализации. В редких случаях это могут быть большие уличные шкафы с климат-контролем. На крупных узлах концентрации должно быть достаточно стойко-мест для оборудования арендаторов. Активные узлы должны иметь подготовленное электропитание и кондиционирование с учетом активного оборудования арендаторов и с технологическим запасом. В мелкие и средние узлы концентрации на сегодняшний день арендатор заводит трафик в единицы или десятки гигабит в секунду. В пассивном варианте это один или несколько стволов PON: сегодня – GPON 2,5/1,2 Гбит/с, в будущем – XGSPON 10/10 Гбит/с, NG-PON2 (до восьми λ-потоків 10/2,5 Гбит/с), также может быть GPON и 10GPON. В активном варианте подключение – это один или несколько потоков Ethernet 10 Гбит/с. В крупные узлы заводят волокна с потоками Ethernet 10–100 Гбит/с или многоволоконный кабель со стволами PON. При этом для потоков Ethernet нетрудно организовать резервирование.

Рассмотрим различные варианты организации сетей открытого доступа.

Точка-точка, VLAN

Логически схема "точка-точка" реализуется на 2-м уровне Ethernet или на 3-м IP-уровне. При этом

для уменьшения количества волокон в кабелях оптическая сеть чаще всего построена по топологии PON на оборудовании GPON. Операторам услуг инфраструктурный оператор предлагает подключиться к своему головному терминалу (OLT в случае PON), расположенному в узле концентрации, а абонентские устройства принадлежат инфраструктурному оператору – контролируются и управляются его сетевой системой управления. По запросу оператора услуг инфраструктурный оператор устанавливает разные уровни сервиса с разными параметрами трафика и приоритета для его абонентов.

Однако, находясь в одном сегменте PON с динамическим распределением полосы пропускания согласно розданным приоритетам, абоненты, подключенные к разным операторам услуг, могут влиять на трафик друг друга. Это может приводить к конфликтам как между операторами услуг, так и между инфраструктурным оператором и операторами услуг. Если же выбрать бесконфликтное распределение полосы пропускания (всем абонентам всех операторов предоставлять одинаковые полосу и приоритет), то операторы услуг должны согласиться с невозможностью предложить разные тарифные планы с различным набором услуг и различной скоростью трафика. А если разные абонентские планы подключений определяет инфраструктурный оператор, то это обезличивает операторов услуг и не всегда может отражать их рыночную тарифную специфику.

Другим недостатком такой схемы является то, что оператор услуг не может отвечать за качество услуги, так как он непосредственно не контролирует работоспособность активного оборудования доступа, а договор об оказании услуг абонент подписывает только с ним. Для инфраструктурного оператора строительство и обслуживание такой сети более затратно. Тем не менее сеть "точка-точка" на уровне трафика может оказаться значительно дешевле сети "точка-точка, темное волокно", которая описана ниже. Количество подключенных операторов услуг может быть большим и ограничиваться количеством uplink-портов головного активного оборудования, т.е. фактически не ограничиваться. Для многих небольших инфраструктурных операторов при использовании стандартного оборудования GPON с компактными OLT такая схема может оказаться наиболее выгодной, тем более что будет обоснование для повышенных арендных тарифов.

Точка-точка, темное волокно

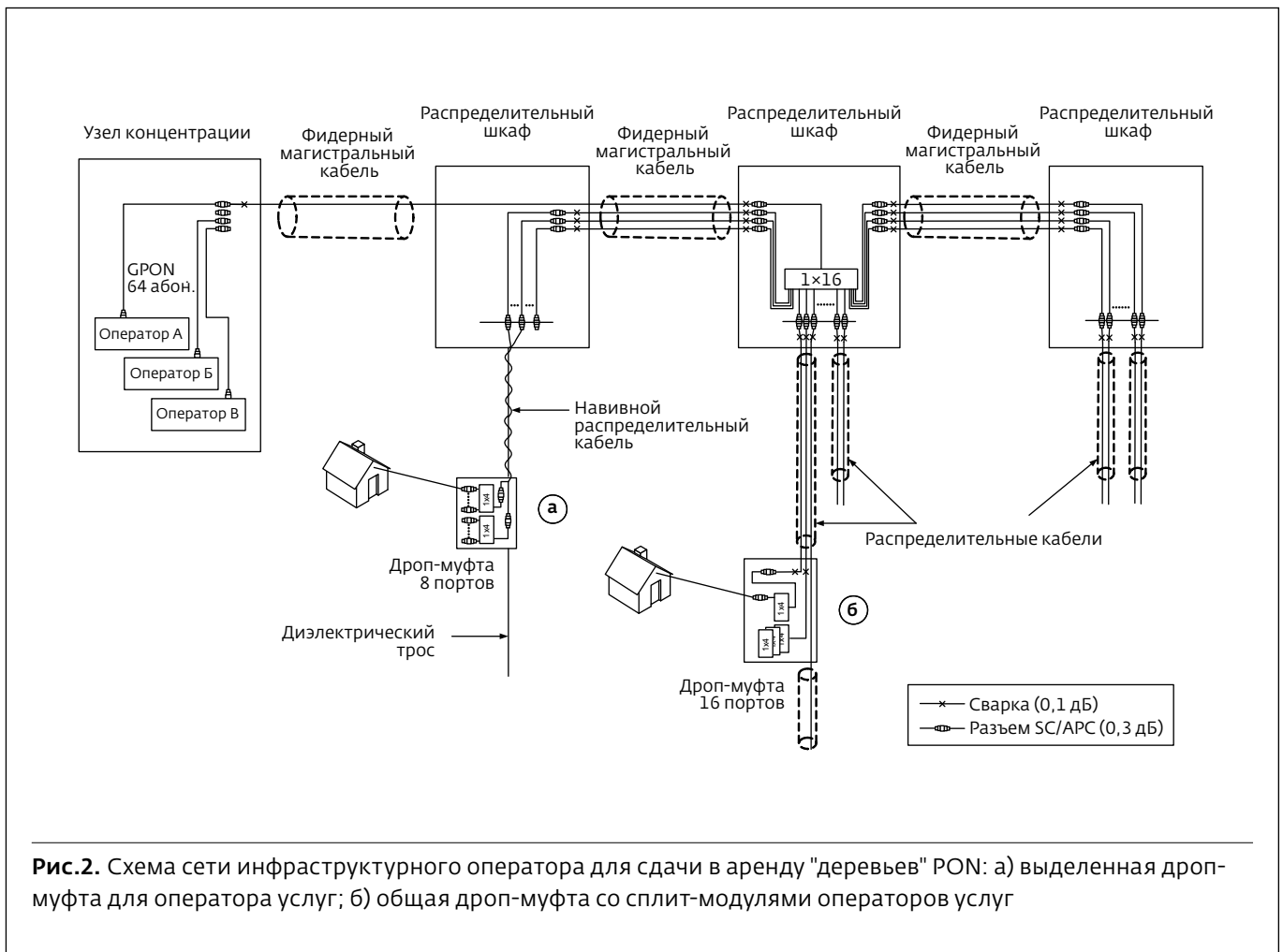
Это вариант наиболее дорогой, но является самым удобным как для арендодателя – инфраструктурного оператора, так и для арендаторов оптических

соединений "точка концентрации – абонент" – операторов услуг. Для арендодателя прост и понятен круг его ответственности. Оператор услуг, взяв в аренду темное волокно, может применить любую технологию оптического доступа, причем из точки концентрации он может самостоятельно контролировать качество соединения по темному волокну, за которое он платит арендную плату. У абонента он устанавливает свое активное абонентское оборудование и несет ответственность за его работу. Причем это оборудование может управляться операторской системой контроля, мониторинга и управления сети. Также абонентам он может самостоятельно предоставлять различные пакеты телекоммуникационных услуг с разными параметрами трафика и приоритета, дистанционно устанавливать и контролировать эти параметры и доступ к сервисам.

Недостатки этого варианта ложатся в основном на плечи инфраструктурного оператора. В узел концентрации должно приходиться количество волокон большее, чем количество абонентов, которые он охватывает. Для средних узлов это сотни, для крупных – тысячи волокон. Очень дорого строить и обслуживать такую сеть: она содержит кабели со сверхвысоким количеством волокон, крупные муфты и промежуточные кроссовые узлы, много сварок и разъемных соединений. С другой стороны, если узлы концентрации будут маленькими и их будет много, операторам услуг будет неудобно к ним подключаться – потребуются большие затраты на организацию множества магистралей к узлам. Важно отметить, что дроп-кабели при первичном подключении абонента монтируются инфраструктурным оператором за отдельную плату и принадлежат ему, а при смене абонентом оператора услуг плата за подключение повторно не взимается. По ранее смонтированному дроп-кабелю подключается трафик другого оператора услуг, а оператор, от которого отказался абонент, возвращает себе лишь активное абонентское оборудование.

Напомним, дроп-кабель – это кабель, соединяющий оптическую муфту для непосредственного подключения домов (дроп-муфту) и дом абонента; обычно выглядит как отрезок одноволоконного кабеля с оптическими разъемами на его концах. При строительстве воздушных сетей FTTH дроп-кабель подвешивают на опорах или навивают на самонесущий оптический кабель (ОКСН) или на трос.

Схема "PON, темное волокно" может оказаться наиболее эффективной при ограниченном количестве арендаторов – операторов услуг: они арендуют древовидные волоконные структуры с пассивными сплиттерами в узлах, соответствующие стандартам PON,



имеющие начало в узле концентрации и заканчивающиеся в домах абонентов, – такие, чтобы обеспечивалась необходимая гибкость при подключении абонентов по мере заключения договоров на предоставление услуг. При этом активное оборудование принадлежит оператору услуг. Этот подход не описан в FTTH Handbook [1] и аналогичных руководствах и является предложением автора данной статьи. Ниже рассматриваются два варианта реализации этого решения: сдача в аренду оператору услуг целых древовидных волоконных структур PON, содержащих все сплиттерные каскады ("деревья" PON), и сдача в аренду частей древовидных волоконных структур, содержащих последние сплиттерные каскады ("ветви деревьев" PON).

PON, ТЕМНОЕ ВОЛОКНО "ЦЕЛОЕ ДЕРЕВО"

Инфраструктурный оператор организует для операторов услуг проводку волокон от узла концентрации с 64 каналами PON, размещение сплиттеров первого каскада в шкафах распределительных

узлов на фидерной магистрали и размещение сплиттеров второго каскада в дроп-муфтах (рис.2). Распределительные узлы, шкафы или муфты располагаются на фидерном или фидерном магистральном кабеле, от них отходят кабели, к которым подключаются дроп-муфты (распределительные кабели). В распределительных узлах расположены сплиттеры, чаще всего это сплиттеры первого каскада PON. Фидерные магистральные кабели имеют волокна, начинающиеся в узлах концентрации и заканчиваются в распределительных узлах; они могут ветвиться в муфтах ветвления или в распределительных узлах. Фидерные кабели имеют только волокна PON до ветвления сплиттерами "в поле", а фидерные магистральные кабели содержат и волокна иного назначения (для переборки между распределительными узлами, волокна "точка-точка" и др.).

Выходы сплиттера первого каскада подключаются непосредственно к волокнам распределительных кабелей, идущих к дроп-муфтам, или



перебрасываются к соседним распределительным узлам по фидерной магистрали, а затем подключаются к волокнам распределительных кабелей уже от соседнего распределительного узла.

В одном из вариантов каждая дроп-муфта полностью предназначена для одного оператора услуг (вариант а) на рис.2). При этом инфраструктурный оператор имеет возможность монтировать муфты и проводить к ним распределительные кабели только после получения заявки от оператора услуг и при получении от него установочной платы. Такая гибкость может быть достигнута путем применения навивной технологии.

План сдачи в аренду следующий. Инфраструктурный оператор строит узел концентрации, подвешивает фидерные магистральные кабели, устанавливает распределительные кроссовые шкафы и от них по улицам, где будут монтироваться дроп-муфты, подвешивает электрические тросы. В одном из арендных сценариев (но возможны и другие сценарии), операторы услуг вносят установочную плату за организацию соединений "распределительный шкаф – абоненты" и оплачивают аренду места на узле концентрации, фидерных и магистральных волокон, места на тресе для распределительных и дроп-кабелей, места на опоре для дроп-муфты, а также платят за обслуживание и ремонты распределительных и дроп-участков.

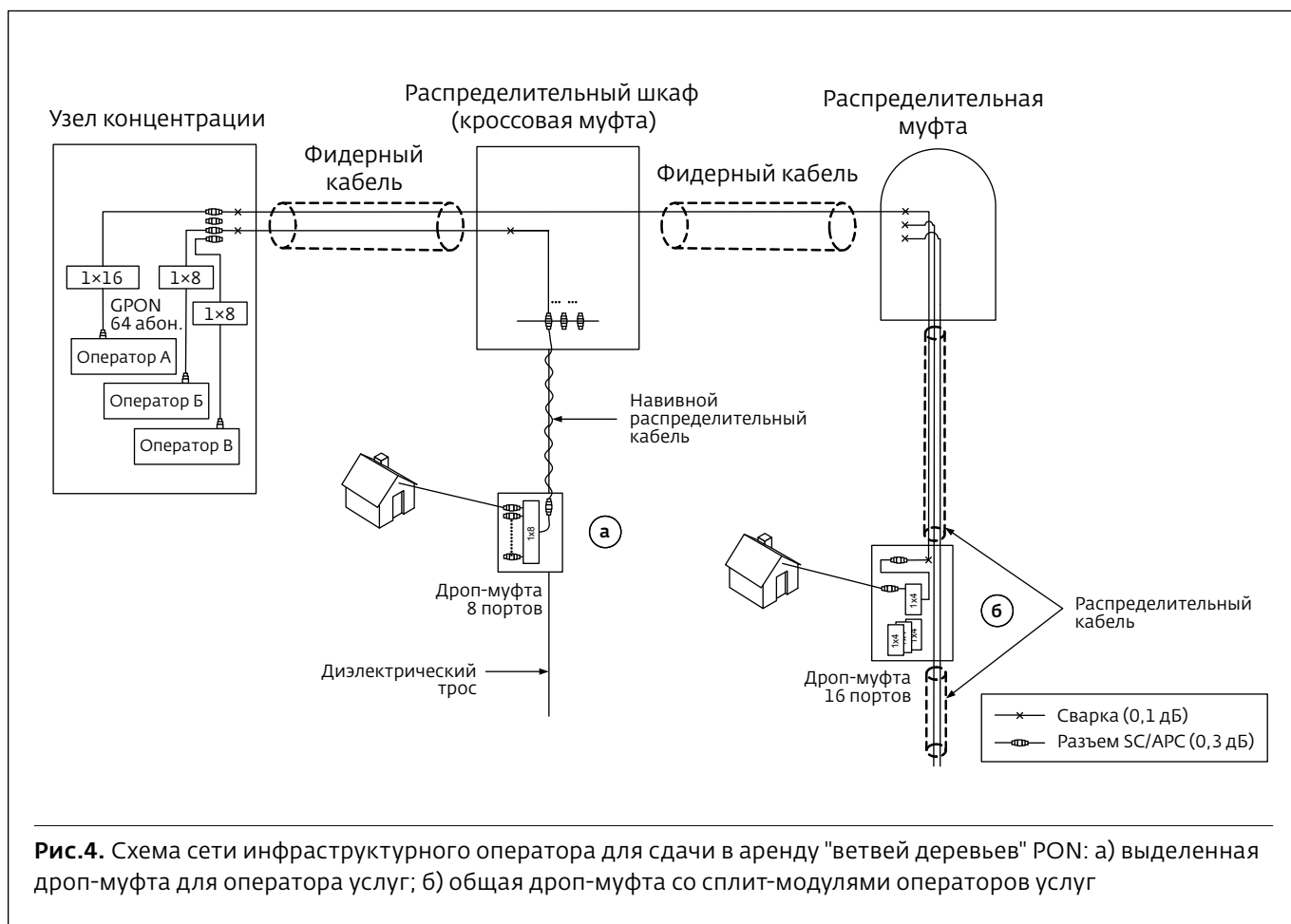
Допустим, оператор услуг А получил заявки на подключение на одном из участков улицы частного сектора. Он дает заявку на аренду фидерного волокна, место для установки сплиттера первого каскада, например, 1×8 в распределительном шкафу (в котором для оператора услуг сплиттер расположить оптимально), магистрального волокна

для переброски к соседнему узлу, от которого проходит электрический трос к опоре, где оптимально подвесить дроп-муфту для подключения заявленных домов. Инфраструктурный оператор, получив установочную плату, навивает на электрический трос распределительный кабель, монтирует дроп-муфту, подключает кабель к кроссу распределительного шкафа и к сплиттеру муфты. От муфты к опорам вблизи заявленных домов навиваются на электрический трос дроп-кабели, а на участке опора – дом дроп-кабели могут быть свободно подвешены или навиты на смонтированный трос. Оператор услуг платит установочную плату (материалы плюс работа) за установку первичного сплиттера, монтаж навивного распределительного кабеля, монтаж дроп-муфты и монтаж дроп-кабелей (за монтаж дроп-кабелей оператор обычно берет установочную плату с абонента), а также вносит ежемесячную арендную и сервисную плату.

В этом сценарии финансирование строительства сети частично перекладывается на операторов услуг (распределительные и дроп-участки), но при этом взимаемая с них арендная плата не может быть большой. С другой стороны, инфраструктурный оператор, имея ограниченные инвестиционные ресурсы, может охватить наибольшее количество домов по сравнению с другими схемами организации сети FTTH, рассматриваемыми в данной статье. Принципиальным для этого сценария является применение навивной технологии [2] и свивание всех кабелей на каждом распределительном участке в единый жгут (рис.3).

Количество операторов услуг для этой схемы не имеет принципиальных ограничений, ограничения – естественные: при их количестве больше трех на одной улице деятельность для операторов услуг становится малорентабельной из-за малой плотности абонентов. Дроп-кабели разных операторов услуг пересекаются, так как один из операторов может иметь клиентов в зоне дроп-муфты другого оператора. Это приводит к росту числа кабелей в пролетах, но для навивной технологии это не проблема – все кабели проложены в едином жгуте. Важно также отметить положительную черту этой схемы: оператор услуг имеет беспрепятственный доступ в свои дроп-муфты для рефлектометрии волокон без входа в дома абонентов. Однако, если абонент решил переключиться на другого оператора услуг, он еще раз должен оплатить прокладку дроп-кабеля до другой дроп-муфты.

В другом варианте каждая дроп-муфта имеет места для установки сплит-модулей 1×4 или



1×8 и разделяется между несколькими операторами услуг (вариант б) на рис.2). В этом варианте инфраструктурный оператор в дополнение к фидерной магистрали строит распределительные участки – монтирует самонесущие распределительные кабели и дроп-муфты. По мере получения заявок от операторов услуг он устанавливает для них сплит-модули в дроп-муфты. Фидерная часть аналогична схеме, описанной выше. Дроп-кабели рекомендуется навивать на распределительный ОКСН, так как для муфты на 16 портов в пролет уходит до восьми дроп-кабелей, создающих кабельную паутину, если их свободно подвешивать. Дроп-кабели должны принадлежать инфраструктурному оператору, а их стоимость – оплачиваться абонентом при первом подключении. При переключении абонента на другого оператора услуг дроп-кабель в муфте переключают на сплит-модуль нового оператора (если он присутствует в данной муфте) без дополнительной оплаты. Дроп-кабели, в отличие от схемы с индивидуальными дроп-муфтами, имеют оптимальную длину, но для кластера на 16 домов это длина в среднем больше,

чем оптимальная длина для кластеров на восемь домов. Инфраструктурный оператор получает арендную плату за все пассивные участки сети, и эта плата выше, чем для схемы с индивидуальными дроп-муфтами. С другой стороны, вложения в сеть инфраструктурного оператора значительно больше. Открытие дроп-муфты и обслуживание волокон происходит в присутствии представителя инфраструктурного оператора.

Общее преимущество схемы "темное волокно "целое дерево" PON" – снижение количества волокон в фидерных магистральных кабелях и количества сетевых оптических портов в узле концентрации. Каждое фидерное волокно несет 64 канала PON. Недостаток – сложность гибкого плана переключений в распределительных шкафах для распределения выходов каждого сплиттера первого каскада по нескольким распределительным шкафам. При этом увеличивается количество кроссовых соединений на оптическом пути от OLT до абонента. Распределительные узлы невозможно построить на сварочных муфтах – теряется требуемая гибкость.



Рис.5. Дроп-муфта с подключенными к ней дроп-кабелями трех операторов услуг (обозначены зеленым, синим и фиолетовым цветами)

PON, ТЕМНОЕ ВОЛОКНО "ВЕТВИ ДЕРЕВА"

В этой схеме инфраструктурный оператор организует для операторов услуг проводку волокон от узла концентрации с восемью или четырьмя каналами PON в фидерном кабеле к распределительным узлам (шкафам или муфтам), размещение сплиттеров первого каскада в узле концентрации и размещение сплиттеров второго каскада в дроп-муфтах (рис.4). В одном из вариантов каждая дроп-муфта полностью предназначена для одного оператора услуг (вариант а) на рис.4), при этом распределительная часть идентична такой же части, описанной для схемы "темное волокно "целое дерево". Для такого варианта рекомендуется применять сплит-схему $1 \times 8 \rightarrow 1 \times 8$. В другом варианте каждая дроп-муфта имеет места для установки сплит-модулей 1×4 или 1×8 и разделяется между несколькими операторами услуг (вариант б) на рис.4), и здесь также распределительная часть идентична такой же части, описанной для схемы "темное волокно "целое дерево". Сегмент дроп-муфты со сплиттерами трех операторов в качестве примера показан на рис.5.

Применение схемы "темное волокно "ветви дерева" устраняет сложность коммутации в распределительных шкафах, уменьшает количество кроссовых соединений на оптическом пути от OLT до абонента. Для варианта а) на рис.4 вместо распределительных шкафов можно применять кроссовые муфты, а для варианта б) – сварочные муфты. Недостаток этой схемы – большое число волокон в фидерных кабелях и большое количество портов в узле концентрации. Схема имеет смысл, если

замена распределительных шкафов на муфты дает экономию большую, чем увеличение стоимости фидерных кабелей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Инфраструктурный оператор может использовать несколько схем для сдачи сети FTTH в аренду операторам услуг. Наиболее логически простым подходом является сдача в аренду трафика от точки концентрации к абонентам. При этом сеть эффективно может быть построена на основе технологии GPON. Недостаток – контроль активного оборудования и полосы пропускания недоступен оператору услуг. По такой схеме, например, действуют небольшие инфраструктурные операторы в Восточной Европе, при этом их доля дохода составляет 30–50% абонентской платы. Наиболее удобными для сдачи в аренду являются сети "точка-точка" темное волокно, но это самый дорогой подход.

Предложенные в данной статье подходы, основанные на идеях сдачи в аренду гибких "деревьев" PON или "ветвей деревьев" PON, обладают достоинствами первых двух подходов и частично устраняют их недостатки. Следует отметить, что для эффективной реализации этих подходов требуется применение навивной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. FTTH Handbook, 8 ed. – FTTH Council Europe, Deployment & operation committee, 2018.
2. Гаскевич Е. Воздушная FTTH-сеть для частного сектора на основе оптических кабельных жгутов // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2014. № 1. С. 32–47.

Сети 5G станут основой построения цифровой экономики России

Об этом заявил глава Министерства связи и массовых коммуникаций РФ Николай Никифоров в докладе на расширенном заседании коллегии Минкомсвязи 9 апреля. Он напомнил, что в этом году ПАО "Ростелеком", Nokia и фонд "Сколково" запустили первую в России открытую опытную зону фрагмента перспективной сети мобильной связи стандарта 5G/IMT 2020. Опытная зона позволит показать перспективы новейших технологий связи на основе 5G для их дальнейшего использования в разных отраслях экономики. ПАО "Ростелеком" проведет исследование возможности применения отдельных участков полос радиочастот в диапазоне 3400–3800 МГц совместно с ПАО "МегаФон". Сейчас готовятся конкурсы по предоставлению частот под распространение инфраструктуры 5G, проведение соответствующих аукционов запланировано на конец 2018 года.

Министр отметил, что всего за шесть лет отрасли удалось пройти путь от запуска пер-

вых сегментов сетей связи четвертого поколения к полноценному использованию этого стандарта. Сегодня уже более 160 тыс. базовых станций (БС) сотовой связи в России работают в стандарте 4G (в 2012 году их было 2 тыс.). Покрытие связью в стандартах 3G и 4G на текущий момент составляет 80% и 40% соответственно.

Что касается развития услуг ШПД, то, по данным Всемирного экономического форума, по уровню их доступности Россия занимает девятое место в мире. Уровень распространенности широкополосного доступа в интернет вырос с 2012 по 2017 годы с 50 до 80%. "Нам удалось проложить более 50 тыс. км волоконно-оптических линий связи (ВОЛС), – отметил Н.Никифоров. – В эту цифру мы включаем только то, что было построено в малые, удаленные, самые труднодоступные населенные пункты". Программа устранения цифрового неравенства действует с 2014 года при

партнерстве с "Ростелекомом". По данным Минкомсвязи, построено уже более 46 тыс. км ВОЛС, связью обеспечено 5656 населенных пунктов, и эта цифра продолжает расти. Сегодня в этих населенных пунктах проживает уже около 2 млн человек. В 2017 году современными каналами связи было охвачено более 3 тыс. медицинских учреждений, в 2018 году планируется довести эту цифру более чем до 10 тыс.

Россия переходит на цифровую экономику, констатировал Н.Никифоров. Если в 2012 году цифровая экономика давала чуть больше 1% ВВП РФ, то в 2017 году – 5% (4,3 трлн руб.). Объемы рынков, которые связаны с интернетом, выросли с 10% ВВП до 24%. При этом количество граждан, занятых в интернет-экономике, увеличилось с 700 тыс. до 2,3 млн человек. Аудитория российской сети Интернет увеличилась с 59 млн в 2012 году до почти 88 млн в 2017 году.

По информации Минкомсвязи России