

ЖИВУЧЕСТЬ АБОНЕНТСКИХ СЕТЕЙ ДОСТУПА, ПОСТРОЕННЫХ ПО ТЕХНОЛОГИИ ПАССИВНЫХ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ PON

В.И. Кириллов, Е.А. Коврига

Кафедра метрологии и стандартизации, кафедра систем телекоммуникаций,
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Минск, Республика Беларусь

E-mail: kirillov@bsuir.by, misterbaxx@qip.ru

Дано определение живучести сетей применительно к пассивным волоконно-оптическим сетям PON; осуществлен анализ живучести сетей PON, выполненных по стандартным топологиям «звезда» и «дерево».

При рассмотрении различных вариантов построения абонентских сетей доступа, основанных на технологии пассивных волоконно-оптических сетей PON, одним из определяющих критериев является живучесть сети, показывающая в численном виде способность сети продолжать нормально функционировать после вредного воздействия злоумышленника (например, при попытке вызвать угрозу «отказ сервиса» с помощью разрыва ребер графа сети PON [1, 2]).

В статье [3] проведено исследование живучести сетей основных стандартных топологий (линейная, звездообразная и кольцевая сети), причем узел считался выжившим, если был связан с каким-либо другим узлом. «Одинокие» узлы, оставшиеся после вредного воздействия, во внимание не принимались, так как от сети они отрезаны, не принимают и не передают сообщения. В работе [4], опирающейся на статью [3], предлагается проводить анализ живучести сетей PON по показателю средней относительной длины пути (СОДП). Автор [4] вполне справедливо предлагает считать оптические разветвители (сплиттеры) транзитными узлами, осуществляющими только разделение потока оптического излучения между абонентскими узлами, и приводит теоретически верные выкладки для определения живучести сети согласно выбранной методике. Однако, по нашему мнению, полученные результаты справедливы только для стандартных сетей с топологией «звезда» и не в полной мере учитывают специфику пассивных сетей PON. Например, из приведенных в [4] графиков зависимости показателя живучести сети D от размера сети (числа оконечных устройств) N следует, что живучесть сети возрастает и стремится к 1 с ростом числа узлов как для «звезды», так и для «дерева». Это вполне очевидно для «звезды», но у топологии «дерево» для PON есть свои особенности, связанные с тем, что абонентские оптические сетевые терминалы ONT не могут взаимодействовать между собой напрямую, а связываются только с оптическим линейным терминалом OLT [5]. Следовательно, к выжившим можно причислять только те узлы, кото-

рые не потеряли свою связь с OLT при удалении (разрыве) ребер графа сети PON. Узлы же, подключенные, например, к одному и тому же сплиттеру, но не связанные с OLT, можно считать «одинокими» — обмениваться сообщениями между собой они не могут. Таким образом, можно утверждать, что живучесть сети PON D должна определяться как отношение числа выживших (и не потерявших связь с OLT при удалении ребер графа сети) абонентских устройств ONT к общему числу ONT. Это обстоятельство заставляет пересмотреть изложенную в [4] методику расчета живучести пассивных сетей PON.

На рис. 1 представлена пассивная оптическая сеть PON с топологией «звезда» [6].

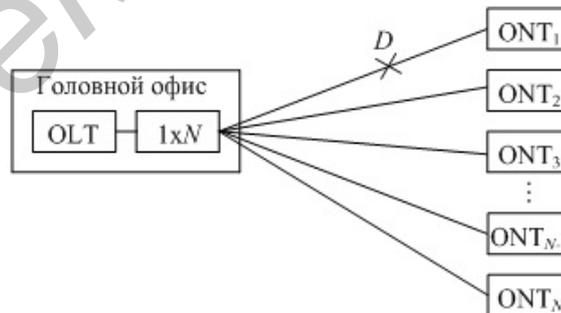


Рис. 1 – Топология сети PON «звезда»

Предположим, что с какой-то вероятностью p из сети будет удалено (оборвано) одно ребро, например, в точке D , как это показано на рисунке. Очевидно, что общее число абонентских ONT будет равняться кратности сплиттера и составит N штук. Причем, какое бы из ребер не было удалено, связи с OLT лишится только один ONT, т.е. число выживших абонентских терминалов составит $(N-1)$ штук. Тогда по определению, данному в нашей работе выше, живучесть сети PON в описываемой ситуации составит $D_D = (N-1)/N$.

Теперь рассмотрим топологию «дерево» PON (см. рис. 2) [6].

Рассмотрим наиболее общий случай с использованием трех каскадов сплиттеров с кратностями N_1 , N_2 и N_3 соответственно (как правило, большее число каскадов на практике не

используют, т.к. «бюджет мощности» топологии «дерево» PON ограничен). Примем для удобства сравнения с топологией «звезда» общее число абонентских ONT равным N штук. Очевидно, что $N = N_1 N_2 N_3$. В данном случае можно выделить четыре участка, удаление ребра на которых будет иметь существенно различные последствия: живучесть «дерева» PON при разрыве ребра на участке A будет равна $D_A = 0$, на участке $B - D_B = (N_1 - 1)/N_1$, на участке $C - D_C = (N_1 N_2 - 1)/N_1 N_2$, а на участке D совпадет с живучестью топологии «звезда». Наиболее критичным участком для «дерева» PON является участок от OLT до первого сплиттера (точка A). Поэтому помимо так называемых «физических» средств защиты (датчиков вибраций, специальных конструкций волоконно-оптических кабелей, затрудняющих их механическую разделку [1, 2]) целесообразно применять фидерное резервирование данного участка (см. рис. 3) [4, 7]. Преимущества такого варианта очевидны: для того, чтобы получить полный обрыв резервируемого участка, необходимо разорвать три ребра — в точках A_1 , A_2 и A_3 . По теории вероятностей с учетом того, что вероятность разрыва одного ребра принята равной p , вероятность одновременного разрыва трех ребер составит p^3 , причем очевидно, что $p^3 \ll p$, т.к. $0 < p < 1$.

Таким образом, расчет живучести сетей PON следует производить еще на этапе планирования сети. При этом необходимо гибко под-

ходить к вопросам резервирования и защиты от доступа посторонних лиц к тем или иным участкам сети в зависимости от ее назначения (степени важности передаваемой по ней информации) и условий прокладки (возможность проведения различных земляных работ и т.п.).

1. Кириллов, В.И. Исследование обобщенной модели сценария атаки на информацию, передаваемую по пассивным волоконно-оптическим сетям PON / В.И. Кириллов, Е.А. Коврига // Веснік сувязі, 2014. — №2. — С. 38-43.
2. Кириллов, В.И. Разработка стандартной модели сценария атаки на информацию, передаваемую в сетях PON / В.И. Кириллов, Е.А. Коврига // Межд. науч.-техн. конф., приуроч. к 50-летию МРТИ-БГУИР: материалы конф. в 2 ч., БГУИР, Минск 18-19 марта 2014. — Ч. 2. — С. 144-145.
3. Птицын, Г.А. Вероятностные модели распада динамических сетей / Г.А. Птицын // Электротехнические и информационные комплексы и системы, 2006. — №4. — Т. 2. — С. 54-58.
4. Саморуков, А.П. Анализ живучести мультисервисных сетей связи, построенных по технологии PON / А.П. Саморуков // Т-КОММ: Телекоммуникации и транспорт, 2013. — №8. — С. 107-111.
5. Кириллов, В.И. Шумы в волоконно-оптических сетях кабельного цифрового телевидения / В.И. Кириллов, Е.А. Коврига // Веснік сувязі, 2012. — №4. — С. 37-41.
6. Скляр, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи: Учебное пособие / О.К. Скляр. — СПб.: Издательство «Лань», 2010. — 272 с.
7. Типовое техническое решение по предоставлению телекоммуникационных услуг с применением оптического доступа FTTH на базе технологии пассивных оптических сетей / ОАО «Уралсвязьинформ». — Екатеринбург, 2010. — 32 с.

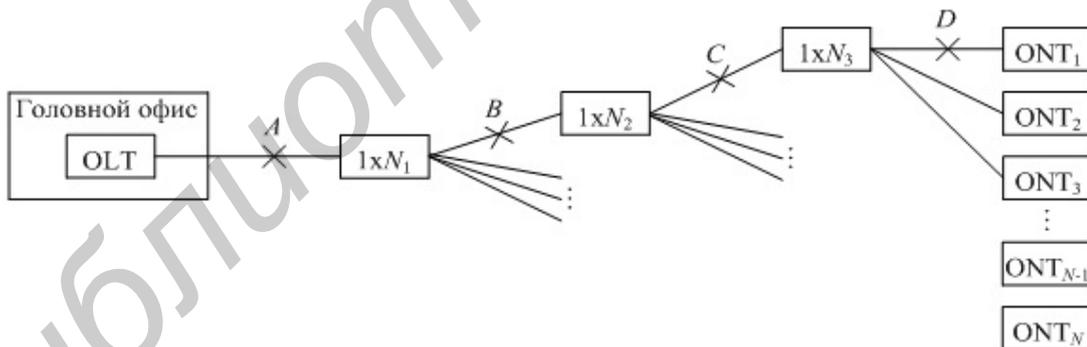


Рис. 2 – Топология сети PON «дерево»

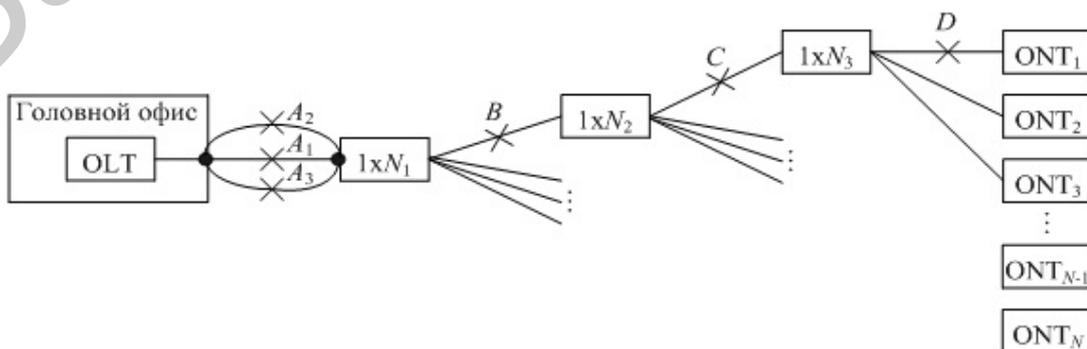


Рис. 3 – Фидерное резервирование «дерева» PON