

## ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО КАНАЛА УТЕЧКИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕТЯХ НА ОСНОВЕ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

В статье приводится описание существующих и применяемых в настоящее время сетей на основе волоконно-оптических технологий и дается определение, описание, а также способ формирования технического канала утечки речевой информации в сетях на основе волоконно-оптических технологий.

*Ключевые слова:* волоконно-оптические технологии, речевая информация, технические каналы утечки.

Волоконно-оптические коммуникации (ВОК) на сегодняшний день являются наиболее перспективным направлением проводных систем связи с уверенной линией развития. В связи с широкой распространенностью актуализируется проблема защиты информации в таких системах. Долгое время оптическому волокну приписывалась повышенная скрытность из-за таких достоинств волокна, как широкополосность и малые потери. В строительстве внутригородских сетей связи наряду с этими свойствами особое значение приобретают малый диаметр и отсутствие взаимной интерференции, а в электрически неблагоприятной окружающей среде – безындукционность. Большое значение имеет и высокая степень защищенности от несанкционированного съема информации по сравнению с электромагнитным и волноводными каналами связи на меньшей несущей частоте, что определяется особенностями распространения излучения по оптическим волокнам и трудностями скрытного подсоединения к существующим линиям. Физико-технические принципы, на которых возможно формирование каналов утечки различного

вида информации, изменяются полностью. Оптическое излучение сильно поглощается в естественных природных материалах, так что становится практически невозможным дистанционный съем информации. Несмотря на вышеперечисленные преимущества, утечка информации через волоконно-оптический кабель возможна. Невозможно защититься от неизвестного, поэтому в статье рассматривается технический канал утечки речевой информации в сетях на основе волоконно-оптических технологий. В настоящее время существуют разные технологии построения оптических сетей.

### Волоконно-оптические технологии

*Технология PON* (Passive optical network, пассивная оптическая сеть) является распределенной сетью доступа, основанной на волоконно-кабельной древовидной архитектуре с пассивными оптическими разветвителями на узлах. Технология PON – это экономичный способ обеспечения широкополосной передачи информации, архитектура имеет высокую эффективность наращивания узлов и пропускной способности.

Главная особенность архитектуры PON заключается в использовании для передачи информации множества абонентских устройств ONT (optical network terminal) одного приемопередаточного модуля OLT (optical line terminal) в центральном офисе. Количество абонентских узлов, которые можно подключить к одному приемопередаточному модулю, зависит только от мощности и максимальной скорости приемопередаточной аппаратуры.

*Технология FTTx* (Fiber To The X, оптическое волокно до точки X) формально описывает только физический уровень, но в реальности включает значительное число технологий канального и сетевого уровня. Термин применим к любой телекоммуникационной сети, в которой оптоволоконный кабель от узла связи доходит до определенного места (точка X), а от точки X до абонента идет медный кабель.

Семейство FTTx представляют разные виды архитектур: волокно до сетевого узла, FTTN (Fiber to the Node); волокно до микрорайона, квартала или группы домов FTTC (Fiber to the Curb); волокно до здания FTTB (Fiber to the Building); волокно до жилища (квартиры или отдельного коттеджа) FTTH (Fiber to the Home). Основное различие архитектур – это расстояние от оптического кабеля до пользовательского терминала.

*Структурированная кабельная система (СКС)* – это иерархическая кабельная система, состоящая из структурных подсистем. Система позволяет объединить множество сетевых информационных сервисов, имеющих разное назначение: локальные телефонные и вычислительные сети, системы видеонаблюдения и безопасности и др. Ее оборудование состоит из набора медных и оптических кабелей, кросс-панелей, соединительных шнуров, кабельных разъемов, модульных гнезд, информационных розеток, а также из вспомогательного оборудования. Все элементы СКС интегрируются в единый комплекс (систему) и эксплуатируются согласно определенным правилам. Обычно элементы СКС помещают в кабель-канал, используя звукоизоляционные материалы.

Структуру кабельной системы определяет инфраструктура информационных технологий ИТ (Information Technology), именно она диктует содержание конкретного проекта кабельной системы в соответствии с требованиями конечного пользователя, независимо от активного оборудования, которое может применяться впоследствии.

Кроме телекоммуникационных применений, становление и развитие волоконно-оптических технологий открыло широкие возможности применения в приборостроении и измерительной технике. Почти одновременно с созданием волокон с малыми потерями появились работы по созданию волоконно-оптических датчиков физических величин. Современные волоконно-оптические датчики позволяют измерять практически все физические величины. К примеру, позволяют измерить давление, расстояние, положение в пространстве, скорость и угол вращения, электрический ток, напряженность магнитного поля, температуру, дозу радиационного излучения, скорость потока и давления крови, силу растяжения, изгиб, параметры звуковых волн и т. д. В частности, возможна регистрация воздействия на одномодовые и многомодовые световоды<sup>1,2</sup> звуковых и ультразвуковых колебаний.

### Описание технического канала утечки информации в ВОК

Технический канал утечки информации (ТКУИ) является совокупностью объекта защиты (источника конфиденциальной информации), физической среды и технических средств разведки (ТСР) (промышленного шпионажа), которым добываются разведывательные данные<sup>3</sup>.

ТКУИ в ВОК структурно представляет собой незначительно измененную стандартную модель ТКУИ. Источник конфиденциальной информации, в качестве которого выступает акустический сигнал (например, человек или аудиовоспроизводящие устройства и т. д.), преобразуется в сигнал, удобный для передачи, посредством модуляции света в оптическом волокне, в нашем случае роль передатчика выполняют паразитные модуляции и наводки в элементах ВОК. Информативный сигнал в виде модулированного оптического излучения в среде распространения информации, роль которой играют также ВОК, точнее, оптическое волокно, из которого они изготавливаются, распространяется далеко за пределы объекта защиты. Информативный сигнал выводится из оптического кабеля и попадает на приемник информации – демодулятор, преобразующий сигнал в форму, удобную для восприятия человеком. В качестве приемника используется фотоприемное устройство на основе фотодиода, преобразующее модулированный световой поток в электрический сигнал, который выводится в акустическую систему. В описываемой структуре ТКУИ приемник является техническим средством разведки (ТСР). Шумы в канале утечки формируются при воздействии внешних шумовых сигналов на среду распространения, модулятор и демодулятор сигнала и составляют аддитивный шум. Мультипликативная составляющая шума канала утечки через ВОК вносится приемником информации, т. е. связана с внутренними шумами системы регистрации. На последнем этапе преобразованный сигнал поступает к адресату или злоумышленнику, как показано на рис. 1.

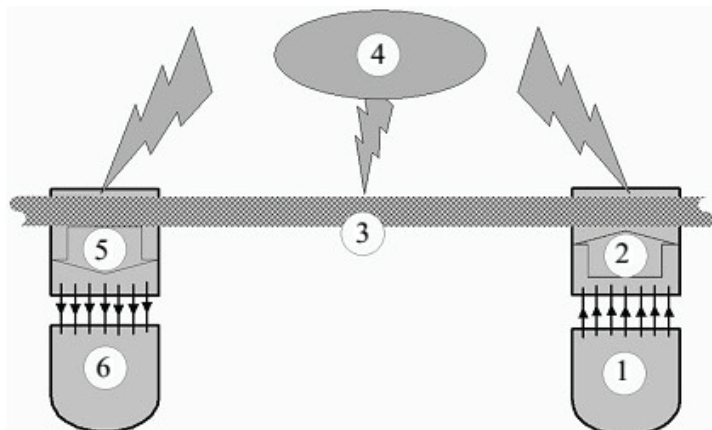


Рис. 1. Типовая структура обобщенного канала утечки информации:  
 1 – источник информации; 2 – передатчик; 3 – канал связи;  
 4 – шумы; 5 – приемник; 6 – адресат

Шумы технического канала утечки информации формируются главным образом на трех участках: при модуляции информативным сигналом световых потоков, при прохождении модулированного светового сигнала по каналу связи и при демодуляции информативного сигнала техническими средствами разведки. Если исходный сигнал обладал отношением  $SNR_{in}$ , то на выходе канала утечки данное отношение уменьшается до  $SNR_{out}$  в CNL в дБ, являющийся коэффициентом шума, общая величина которого выражается как

$$CNL = CNL_m + CNL_d + CNL_r,$$

где  $CNL_m$  – шумы при модуляции,  $CNL_d$  – шумы канала связи,  $CNL_r$  – шумы при демодуляции. В ТКУИ через ВОК шумы, наводимые при распространении света по оптическим волокнам, незначительны, т. е.

$$CNL_d \approx 0,$$

поэтому общий коэффициент шума CNL определяется исключительно шумами при модуляции  $CNL_m$  и при демодуляции  $CNL_r$ .

Выбор ТСР непосредственно зависит от типа и параметров канала утечки. Для ВОК выделяют три типа каналов утечки, связанные с наиболее уязвимыми местами линий связи. Применение ТСР в отношении данных каналов утечки особенно актуально.

1. Канал утечки типа А: связан с разрывными соединениями кабеля, включает разъемные и неразъемные соединения.

2. Канал утечки типа В: определяется конструктивными особенностями свободного волоконно-оптического кабеля.

3. Канал утечки типа С: вызван особенностями монтажа кабеля при креплении к конструкциям здания; вспомогательные элементы (короба, лотки) повышают чувствительность волокна к виброакустическим колебаниям<sup>4</sup>.

Основным параметром по оценке эффективности канала утечки информации может быть принята глубина модуляции

$$CML = \frac{\delta P}{P_0},$$

где  $\delta P$  – амплитуда модуляции мощности оптического излучения,  $P_0$  – мощность оптической несущей. Так как глубина модуляции непосредственно связана с уровнем звукового давления информативного сигнала на входе канала утечки, то подобное предположение является естественным. Чем выше уровень звукового давления, тем больше глубина модуляции и тем эффективнее канал утечки.

## Формирование ТКУИ в ВОК

Волоконно-оптические коммуникации применяются повсеместно и выполняют функции как передачи, так и сбора информации. Эта многогранность применения обусловлена высокой чувствительностью элементов ВОК к изменениям в окружающей среде.

Основные физические принципы формирования каналов утечки речевой информации через волоконно-оптические коммуникации связаны с воздействием акустического поля на пассивные элементы и конструктивные части волоконно-оптического кабеля. Такое воздействие приводит к паразитным модуляциям и наводкам в оптическом излучении.

При воздействии звука на оптический кабель, по которому распространяется свет, происходит изменение оптической длины пути света, что приводит к изменению фазы световой волны. Это

изменение фазы может быть зарегистрировано обычными интерферометрическими методами. В общем случае звуковое поле оказывает сложное воздействие на световую волну, вызывая ее амплитудную, поляризационную, частотную и фазовую модуляции. Подобное воздействие звук оказывает на любую среду, в том числе и на остальные элементы волоконно-оптической сети. Величина модуляции обычно пропорциональна длине акустооптического взаимодействия и звуковому давлению. Паразитные модуляции светового потока могут быть сняты при наличии определенной аппаратуры. Вопрос уменьшения влияния акустического воздействия на оптический кабель решается путем его звукоизоляции, однако полностью оградить волокно от внешнего воздействия звука достаточно сложно.

Эффекты модуляции светового потока звуковым акустическим сигналом частично связаны с типом волокна<sup>5</sup>, частично с конструкцией кабеля и с техникой монтажа, так как оптоволокно чувствительно к механическим деформациям.

Коэффициент модуляции канала утечки (CML) определяется в зависимости от вида несущего поля и модулируемого параметра. Коэффициент модуляции является характеристикой конкретного преобразования и определяет долю информационного сигнала от амплитуды несущего. Отличительной особенностью является то, что его величина в канале утечки имеет значение намного меньше единицы. Это естественное приближение, связанное с тем, что модуляция является паразитным эффектом, которое стремятся максимально ослабить. Практические методы определения коэффициента модуляции связаны с экспериментальным измерением коэффициента (глубины) модуляции несущего поля внешним информационным полем в зависимости от величины внешнего воздействия<sup>6</sup>.

В качестве основного механизма формирования модулированного сигнала будем считать несогласованность в месте разъемного соединения (рис. 2). Механическое торцевое соединение двух волокон приводит к оптическим потерям в виде обратного френелевского отражения, на основе которого возможно формирование утечки.

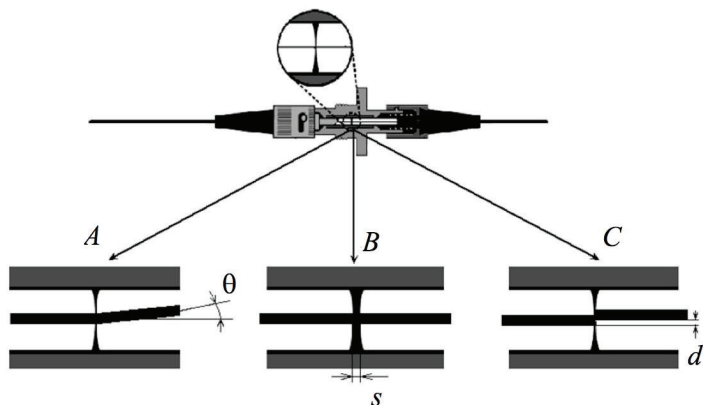


Рис. 2. Схематическое изображение разъемного соединения с неточностью соединения.

A – угловое рассогласование с углом  $\Theta$ ;

B – неплотное соединение с расстоянием между волокнами  $s$ ;

C – радиальное смещение на расстояние  $d$ .

Величина потерь для современных разъемов составляет порядка 0,75 дБ<sup>7</sup>. В зависимости от вида рассогласования величина потерь варьируется и дается выражениями<sup>8</sup>:

$$\alpha_{\Theta} = 10 \cdot \lg \left( 1 - \frac{2n_0}{NA} \cdot \frac{\Theta}{\pi} \right)$$

для углового рассогласования на угол  $\Theta$ ;

$$\alpha_s = 10 \cdot \lg \left( 1 + \frac{S}{a} \cdot \tan \left[ \frac{\arcsin NA}{n_0} \right] \right)$$

для неплотного соединения волокон с промежутком  $s$ ;

$$\alpha_d = 10 \cdot \lg \left( 1 - \frac{2}{\pi} \cdot \frac{d}{a} \right)$$

для радиального смещения между ступенчатыми волокнами на расстояние  $d^9$ .



Здесь введены обозначения:  $a$  – диаметр сердцевины оптического волокна;  $n_0$  – показатель преломления иммерсионного слоя в стыке между волокнами;  $NA$  – числовая апертура волокна.

При воздействии звука геометрические параметры соединения  $\Theta$ ,  $s$ ,  $d$  изменяются в зависимости от уровня звукового давления, что вызывает модуляцию отраженного и проходящего света. Оценим величину коэффициента модуляции канала утечки  $CML$ . В зависимости от вида разъема, материала и других параметров каждый из механизмов будет давать различные вклады. Во-первых, имеем модуляцию интенсивности света при радиальном смещении внутри соединения, для которого

$$CML_d = \frac{2}{\pi} \cdot \frac{\delta d}{a},$$

здесь  $\delta d$  – изменение радиального смещения между волокнами при воздействии акустического поля.

Второй вклад в модуляцию света в волноводе по порядку величины, близкий к  $CML_d$ , будет давать механизм, связанный с неплотным соединением, определяемый выражением

$$CML_s = \frac{\delta S}{a} \cdot \tan \left[ \frac{\arcsin NA}{n_0} \right].$$

Представленные выше два механизма модуляции дают наибольший вклад для одномодовых разъемных соединений, что связано с обратной зависимостью коэффициентов  $CML_d$  и  $CML_s$  от диаметра сердцевины волокна  $a$ , которая для многомодового волокна на порядок выше, чем для одномодового. Если принять для одномодовых соединений максимальное смещение вдоль или перпендикулярно оси волокна по порядку величины равным 0,05 мкм, то коэффициент модуляции может достигать 1% в обоих случаях. Вклад угловых рассогласований присутствует в обоих случаях, он определяется упругими свойствами материала и геометрическими размерами фиксирующей соединение втулки. Его величина определяется выражением

$$CML_\Theta = \frac{2n_0}{NA} \frac{\delta\Theta}{\pi}.$$

Формирование акустического информативного сигнала в канале утечки информации во многом зависит от уровня звукового

давления от источника информации и уровня шумов. Как правило, при переговорах уровень звукового давления речи намного превышает уровень шумов, если отсутствует акустическое зашумление. Поэтому уровень звукового давления является основным параметром оценки качества формирования информативного сигнала, чем выше уровень давления, тем эффективней модуляции и наводки.

## Заключение

Волоконно-оптические технологии почти полностью захватили господство в области стационарных систем передачи благодаря своим характеристикам по скорости передачи, затуханию, а следовательно, по расстояниям, на которые возможна передача информации. Все больше инсталляций на волоконно-оптических кабелях находят применение в проектах, где раньше использовались медные. Это обусловлено многими факторами. Во-первых, ВОК имеют значительное преимущество перед проводными и радиоканалами в показателях пропускной способности, длины участка регенерации и помехозащищенности. Во-вторых, волоконно-оптический кабель имеет меньшие габариты и массу. И в-третьих, производство и монтирование волоконно-оптических линий связи становится относительно дешевле. Вопрос оценки акустического воздействия на оптический кабель требует должного внимания ввиду возможности формирования канала утечки речевой информации в помещениях, через которые он проходит.

## Примечания

- <sup>1</sup> Гуляев Ю.В., Меш М.Я., Проклов В.В. Модуляционные эффекты в волоконно-оптических световодах и их применение. М.: Радио и связь, 1991. 152 с.
- <sup>2</sup> Кульчин Ю.Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы. М.: Физматлит, 2001. 272 с.
- <sup>3</sup> Халятин Д.Б. Защита информации. Вас подслушивают? Защищайтесь. М.: Гелиос АРВ, 2005. 960 с.
- <sup>4</sup> Гришачев В.В., Халятин Д.Б., Шевченко Н.А. Волоконно-оптический телефон в акустооптоволоконном канале утечки конфиденциальной речевой информации // Вопросы защиты информации. 2009. № 3. С. 22–30.
- <sup>5</sup> Волоконно-оптические датчики / Под ред. Т. Окоси; пер. с яп. Г.Н. Горбунова. Л.: Энергоатомиздат, 1991. 255 с.

- <sup>6</sup> *Гришачев В.В., Косенко О.А.* Практическая оценка эффективности канала утечки акустической (речевой) информации через волоконно-оптические коммуникации // Вопросы защиты информации. 2010. № 2. С. 18–25.
- <sup>7</sup> *Листвин А.В., Листвин В.Н.* Рефлектометрия оптических волокон. М.: ВЭЛКОМ, 2005. 208 с.
- <sup>8</sup> *Калинин В.А., Пресленев Л.Н.* Оптические волокна и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи: Учеб. пособие. СПб.: ГУАП, 2008. 80 с.
- <sup>9</sup> *Гришачев В.В., Косенко О.А.* Количественная оценка эффективности канала утечки информации по техническим параметрам каналов связи // Вопросы защиты информации. 2010. № 4. С. 9–17.