

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 621.391; 621.383.92

Журавский
Никита Викторович

Устройство передачи данных по волоконно-оптической линии связи
с возможностью обнаружения несанкционированного доступа

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-98 80 01 – Методы и системы защиты информации,
информационная безопасность

Научный руководитель:
Тимофеев Александр Михайлович
кандидат технических наук, доцент

Минск 2017

ВВЕДЕНИЕ

В современных сетях связи использование оптических волокон (ОВ) обусловлено следующими преимуществами, в сравнении с другими средами передачи (радиоэфиром, медными проводами и пр.): широкая полоса пропускания, позволяющая передавать цифровые агрегатные потоки со скоростью передачи информации до нескольких десятков Тбит/с; низкий уровень затухания сигнала при распространении, позволяющий передавать сигналы без регенерации на расстояния до 640 км; низкая чувствительность к электромагнитным помехам, позволяющая прокладывать оптические кабели в местах с высоким уровнем таких помех (вблизи линий электропередач, опор контактной силовой сети железных дорог и т.п.); возможность изготовления полностью диэлектрического оптического кабеля, позволяющая снять проблему грозозащиты, блуждающих токов и коррозии, а, следовательно, повысить срок службы оптического кабеля; ОВ имеют меньшую массу, размеры, являются более пожаробезопасными, чем медные кабели.

Одной из важнейших задач, решаемых при разработке современных устройств волоконно-оптической связи, является обеспечение конфиденциальности передаваемых данных. Для формирования канала утечки информации наиболее часто используют макроизгибы оптического волокна. При определенной величине макроизгиба ОВ на границе раздела сердцевина-оболочка угол падения оптической волны становится меньше предельного угла, и в месте макроизгиба создается побочное излучение, в результате чего может осуществляться несанкционированный съем передаваемой информации. В настоящее время разработан ряд способов и устройств для обнаружения таких каналов утечки информации. Однако они малоэффективны, когда осуществляется несанкционированный вывод не более десяти фотонов оптического излучения из каждого бита передаваемой информации. В этих случаях для передачи конфиденциальной информации следует использовать оптические импульсы малой мощности, для формирования и регистрации которых применяют одноквантовые системы передачи и приема как наиболее чувствительные. Однако до настоящего времени отсутствуют исследования таких устройств, а также определению длин волн и мощностей передаваемых оптических сигналов, при которых обеспечивается конфиденциальность передаваемых данных за счет обнаружения каналов утечки информации, сформированных макроизгибами ОВ. В связи с этим целью данной работы являлась разработка устройства передачи данных по волоконно-оптической линии связи с возможностью обнаружения несанкционированного доступа.

Для достижения поставленной цели определены основные особенности передачи информации по оптическим волокнам, рассмотрены методы несанкционированного вывода информации с боковой поверхности оптического волокна, предложена система передачи и приема конфиденциальных данных по волоконно-оптической линии связи с контролем несанкционированного доступа, и

экспериментально обоснован выбор двух длин волн излучения (одна из которых используется для передачи информации, а вторая – для синхронизации времени передачи и приема информации, обнаружения несанкционированного доступа к информации, создаваемого посредством макроизгибов оптического волокна) разработано устройство передачи данных по волоконно-оптической линии связи, позволяющее обнаруживать несанкционированный доступ, осуществляемый компенсационным методом.

В качестве объекта исследования использовалось серийно выпускаемое оптическое волокно G.652.

Предметом исследований являлось установить, какое влияние оказывает диаметр макроизгиба оптического волокна, создаваемый при формировании канала утечки информации, на величину оптических потерь.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель и задачи исследования

Целью настоящей диссертационной работы является разработка устройства передачи данных по волоконно-оптической линии связи с возможностью обнаружения несанкционированного доступа.

Для достижения поставленной цели потребовалось решение следующих взаимосвязанных задач:

- 1) установить основные особенности передачи информации по ОВ;
- 2) выполнить анализ методов несанкционированного вывода информации с боковой поверхности оптического волокна;
- 3) на основе выполненного обзора известных методов несанкционированного вывода информации с боковой поверхности оптического волокна предложить устройство передачи данных по волоконно-оптической линии связи с возможностью обнаружения несанкционированного доступа, осуществляемого компенсационным методом;
- 4) получить выражение для оценки вероятности потери мощности оптического сигнала в ОВ при наличии в канале связи несанкционированного подключения;
- 5) экспериментально исследовать влияние диаметра макроизгиба ОВ на величину потерь мощности передаваемого оптического излучения для длин волн оптического излучения 850, 1310, 1490, 1550 и 1625 нм, соответствующих 5 окнам прозрачности ОВ.

В качестве объекта исследования использовалось серийно выпускаемое оптическое волокно G.652.

Предметом исследований являлось установить, какое влияние оказывают диаметр макроизгиба оптического волокна, создаваемый при формировании канала утечки информации, на величину оптических потерь.

Личный вклад соискателя ученой степени

Содержание диссертации отражает личный вклад соискателя. В работах, выполненных в соавторстве, автор принимал участие в определении целей, задач исследований, а также в проведении самих исследований и обработке полученных результатов.

Основным соавтором опубликованных работ является научный руководитель, кандидат технических наук, доцент А.М. Тимофеев.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Основные полученные результаты диссертационной работы докладывались и обсуждались на XIV Белорусско-российской научно-технической конференции «Технические средства защиты информации» (Минск, Республика Беларусь, 2016 г.) и XXI Международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (Минск, Республика Беларусь, 2016 г.). Опубликовано два тезиса докладов.

Библиотека БГУИР

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении и общей характеристике работы обоснована актуальность выбранной темы, определены объект и предмет исследования, цель и задачи, указана теоретико-методологическая основа, отмечены элементы научной новизны, сформулированы основные положения диссертации, выносимые на защиту.

Первая глава «Особенности передачи информации по оптическим волокнам» содержит обзор теории предметной области и анализ литературных источников, состоит из 4 разделов. В ней определяется следующее:

– на основании выполненного аналитического обзора литературных источников установлены основные особенности передачи информации по оптическим волокнам. Также установлено, что при распространении луча света по оптическому волокну в зависимости от угла падения оптического излучения возможно продвижение луча света по границе раздела сердцевина-оболочка, внутри сердцевины или внутри оболочки;

– для предотвращения дисперсии фазы необходимо обеспечивать одинаковые фазовую скорость света в ОВ и геометрическую длину пути оптического излучения. В противном случае будет происходить расплывание импульса при его распространении по ОВ, увеличивая вероятность ошибочной регистрации данных;

– абсолютное значение оптических потерь в ОВ зависит от длины волны оптического излучения. При этом указанная зависимость имеет пять предпочтительных диапазонов длин волн $830\div 870$, $1270\div 1325$, $1528\div 1565$, $1565\div 1625$ и $1325\div 1450$ нм. Окно 1550 нм обеспечивает наименьшие потери, а значит, максимальную дальность при фиксированных мощности передатчика и чувствительности приемника.

Вторая глава содержит описание методов несанкционированного вывода информации с боковой поверхности оптического волокна, состоит из 4 разделов. В ней определяется следующее:

– методы получения оптического излучения с поверхности ОВ, которые основаны либо на создании в ОВ локальных неоднородностей, либо не требующих формирования таких неоднородностей. Методы, не требующие создания в ОВ локальных неоднородностей могут быть реализованы либо за счет концентрации рэлеевского рассеяния, либо за счет распределенной связи двух ОВ;

– несанкционированный вывод оптического излучения может быть осуществлен с боковой поверхности ОВ за счет создания распределенной волновой связи. В этом случае возможно обеспечить достаточно большой коэффициент связи ($\chi_i = 0,5$). При необходимости уменьшения коэффициента

связи следует либо увеличивать расстояние между ОВ d , либо уменьшать длину связи ОВ $l_{св}$;

– на основании выполненного аналитического обзора литературных источников установлены способы создания локальной неоднородности в ОВ, а именно: поперечное сжатие ОВ, локальное температурное воздействие на ОВ, акустическое воздействие на ОВ и макроизгиб ОВ. В сравнении с другими, наиболее эффективным является способ создания локальной неоднородности в ОВ за счет макроизгиба ОВ.

Третья глава «Система конфиденциальной связи с возможностью обнаружения макроизгиба оптического волокна» содержит экспериментальную и практическую части, состоит из 4 разделов. В ней определяется следующее:

– разработано устройство передачи данных по волоконно-оптической линии связи, позволяющее обнаруживать несанкционированный доступ, осуществляемый компенсационным методом;

– на основе разработанного приемного модуля оптического излучения предложена система передачи и приема конфиденциальных данных по волоконно-оптической линии связи;

– применительно к такой системе связи получены зависимости вероятности потерь оптического сигнала в ОВ от диаметра макроизгиба ОВ. Установлено, что вероятность потери оптического сигнала в ОВ тем меньше, чем больше диаметр D . Для всех исследуемых длин волн оптического излучения при диаметре макроизгиба больше 100 мм величина $P_{пот}$ равнялась вероятности потери мощности оптического излучения в отсутствие макроизгиба ОВ. Наиболее сильная зависимость $P_{пот}(D)$ наблюдалась для длины волны оптического излучения 1625 нм, а наименьшая – для длины волны оптического излучения 850 нм;

– экспериментально обоснован выбор двух длин волн излучения, одна из которых используется для передачи информации, а вторая – для синхронизации времени передачи и приема информации и обнаружения несанкционированного доступа к информации, создаваемого посредством макроизгибов оптического волокна. Установлены оптимальные значения мощностей оптического излучения, при которых удалось обеспечить наиболее высокую скорость передачи конфиденциальной информации и, вместе с тем, наиболее эффективно обнаруживать возможные каналы утечки этой информации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании выполненного аналитического обзора литературных источников установлены основные особенности передачи информации по оптическим волокнам. Определено, что абсолютное значение оптических потерь в ОВ зависит от длины волны оптического излучения. При этом указанная зависимость имеет пять предпочтительных длин волн 850, 1310, 1490, 1550 и 1625 нм. Окно 1550 нм обеспечивает наименьшие потери, а значит, максимальную дальность при фиксированных мощности передатчика и чувствительности приемника.

Установлены способы создания локальной неоднородности в ОВ, такие как: поперечное сжатие ОВ, локальное температурное воздействие на ОВ, акустическое воздействие на ОВ и макроизгиб ОВ. В сравнении с другими, наиболее эффективным является способ создания локальной неоднородности в ОВ за счет макроизгиба ОВ.

Разработано устройство передачи данных по волоконно-оптической линии связи, позволяющее обнаруживать несанкционированный доступ, осуществляемый компенсационным методом.

Предложена система передачи и приема конфиденциальных данных по волоконно-оптической линии связи на основе разработанного приемного модуля оптического излучения. Наиболее сильная зависимость вероятности потерь оптического сигнала в ОВ от диаметра макроизгиба наблюдалась для длины волны оптического излучения 1625 нм, а наименьшая – для длины волны оптического излучения 850 нм. Экспериментально обоснован выбор двух длин волн излучения, одна из которых используется для передачи информации, а вторая – для синхронизации времени передачи и приема информации и обнаружения несанкционированного доступа к информации, создаваемого посредством макроизгибов оптического волокна. Установлены оптимальные значения мощностей оптического излучения, при которых удалось обеспечить наиболее высокую скорость передачи конфиденциальной информации и, вместе с тем, наиболее эффективно обнаруживать возможные каналы утечки этой информации.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1-А. Тимофеев, А.М. Влияние квантовой эффективности регистрации и мертвого времени счетчика фотонов на скорость передачи конфиденциальной информации / А.М. Тимофеев Аль-Дулаими Мустафа Рокан Халаф, Н.В. Журавский, А.П. Чемерко // Технические средства защиты информации: материалы докладов XIV Междунар. Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 25-26 мая 2016 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2016. – С. 18.

2-А. Тимофеев, А.М. Устройство передачи данных с возможностью определять наличие в волоконно-оптическом канале связи несанкционированного компенсационного съема данных / А.М. Тимофеев, Мохаммед Джавад Али Абдулмохсен, Н.В. Журавский, В.Б. Чванов // Технические средства защиты информации: материалы докладов XIV Междунар. Белорусско-российской науч.-техн. конф., Минск, 25-26 мая 2016 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; редкол.: Л.М. Лыньков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2016. – С. 18-19.