

УДК 621.391

ВОЗМОЖНОСТЬ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ, ПЕРЕДАВАЕМОЙ ОТ АБОНЕНТА НА ДРУГОЙ АБОНЕНТСКОЙ РОЗЕТКЕ В ПАССИВНОЙ ОПТИЧЕСКОЙ СЕТИ, ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ОТРАЖЕННОГО СИГНАЛА ОТ ОТВЕТВИТЕЛЯ

Н.Н. СЕРГЕЕВ, В.Н. УРЯДОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь**Поступила в редакцию 05 ноября 2019*

Аннотация. Рассматривается возможность несанкционированного доступа к информации, передаваемой от абонента, при использовании отраженного сигнала от ответвителя на другой абонентской розетке. Проведен расчет уровня, полученного отраженного сигнала, а также расчет порога чувствительности приемника. Произведена оценка возможности атаки с другого абонентского окончания.

Ключевые слова: пассивная оптическая сеть, защита информации, несанкционированный доступ, сетевые атаки и угрозы, оптические предусилители, оптический модуль с pin-фотодетектором, отраженный сигнал, порог чувствительности приемника.

Введение

Недостатком PON-сети является незащищенность канала передачи от действий злоумышленников. В статье [1] показано, что для того, чтобы воспользоваться отраженным сигналом и снять информацию абонента с другой соседней оптической розетки, достаточно, чтобы величина отраженного сигнала была теоретически в рамках квантового предела детектируемости. Однако чувствительность в квантовом пределе недостижима, и обычно применяют приемный оптический модуль с оптическим предусилителем, обеспечивающим максимальную чувствительность.

Целью данной работы является исследование возможности применения для несанкционированного доступа в сети PON приемного оптического модуля с предусилителем.

Одним из основных модулей приема является оптический модуль с pin-фотодетектором и оптическим предусилителем, обеспечивающим чувствительность близкую к квантовому пределу.

Вид рассматриваемой угрозы

На канальном уровне проблема безопасности в PON практически решена, современные алгоритмы шифрования данных обеспечивают необходимый уровень защиты. На физическом уровне – неисправность лазера обратного канала или контроллера этого лазера может вывести из строя всю сеть. В принципе, такие случаи предусмотрены и отслеживаются системами управления, а включившийся по странному стечению обстоятельств на непрерывную передачу лазер может быть отключен обыкновенным watchdog'ом, контролирующим то, чтобы лазер не превышал отведенных ему временных интервалов. Куда серьезнее могут быть последствия действий злоумышленников: для нарушения (или даже прекращения) работы всего сегмента PON-сети достаточно засветить лазером в любое из абонентских окончаний или даже просто подключить к нему любое активное сетевое устройство. Достаточно просто реализуемо и снятие информации нисходящего потока, поскольку обычный приемник обеспечивает прием сигнала любого приемника, если использовать другой временной интервал. Более сложна в реализации снятия информации контролируемого абонента с другой абонентской розетки поскольку

используется отраженный сигнал от ответвителя. При использовании отраженного сигнала, необходимо учесть, что в пассивной оптической сети существуют возвратные потери в неоднородностях.

Расчет уровня полученного отраженного сигнала

Рассмотрим модель (рис. 1), состоящего из стационарного терминала OLT, оптической линии, разветвителя и нескольких абонентских терминалов ONT. Для снятия информации, передающейся от ONT-1 в восходящем (*upstream*) направлении, с ONT-2, будет использоваться отраженный сигнал от ответвителя, характеризуемого коэффициентом направленности $A_{отв}$. Для каждой оптической линии представим все потери в линии в виде суммы затуханий всех компонентов: оптического кабеля, разъемных соединениях, сварных соединениях, разветвителях:

$$A = A_{отв} + A_{аб}, \quad [\text{дБ}], \quad (1)$$

где A – суммарные потери; $A_{отв}$ – коэффициент направленности абонентской линии, $A_{аб}$ – потери в разъемном соединении. Коэффициент направленности стандартного PON-ответвителя составляет 48,5–51,8 [дБ]. Потери в абонентской линии порядка 1–2 [дБ]. Таким образом согласование приемника составляет 50,5–52 [дБ].

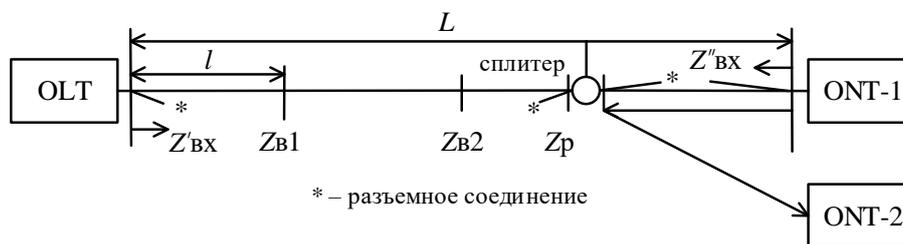


Рис. 1. Поток информации в пассивной оптической сети

Был получен уровень сигнала ONT-1, который придет на терминал ONT-2. Далее необходимо рассчитать, достаточен ли будет полученный уровень сигнала, для снятия информации на ONT-2, для этого найдем порог чувствительности приемника. Так, как одним из основных модулей приема на сегодняшний день является оптический модуль с pin-фотодетектором, то производить расчет следует именно для такого детектора [6].

Расчет порога чувствительности приемника с оптическим предусилителем

Предварительное усиление оптического сигнала перед фотодетектором повышает мощность входного сигнала, делая влияние шумов оптического приемника пренебрежимо малым по сравнению с шумом оптического предусилителя. Наиболее явным кандидатом на роль оптического предусилителя является EDFA, благодаря его широкополосности, существенному коэффициенту усиления и низкому коэффициенту шума.

Для расчета чувствительности приемного оптического модуля необходимо учесть все составляющие шумового тока, включая шум спонтанной эмиссии оптического предусилителя, который будет оказывать существенное влияние на характеристики приемника. Анализ показывает, чувствительность такого приемника определяется выражением:

$$\overline{P_{in}} = h\nu F_n \Delta f \left[Q^2 + Q \sqrt{\frac{\Delta\nu_{opt}}{\Delta f}} \right], \quad (2)$$

$$Q = \frac{RG(2P_{cp})}{\sqrt{\left(2(q\eta G)^2 F_n P_s \Delta f / h\nu\right)^2 + \left((q\eta G F_n)^2 \Delta\nu_{opt} \Delta f\right)^2 + (q\eta G F_n)^2 \Delta\nu_{opt} \Delta f}},$$

где G – коэффициент усиления; $R=(\eta \times q)/(h \times \nu)$; η – квантовая эффективность фотодетектора; h – постоянная Планка; q – заряд электрона; ν – частота оптического излучения; $h \times \nu$ – энергия фотона; $P_s = |E_s|^2$ – оптическая мощность сигнала до усиления; E_s – поле сигнала; F_n – шум-фактор оптического усилителя; $\Delta \nu_{opt}$ – полоса пропускания оптического фильтра; Δf – шумовая полоса приемника.

Шум-фактор современных волоконно-оптических предварительных усилителей на основе оптического волокна легированного ионами эрбия *EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier)* может достигать 3,5 дБ (например, *MAFA 5000 series EDFA* компании *Emcore*). Для получения предельной чувствительности примем полосу пропускания оптического фильтра $\Delta \nu_{opt}$ равную ширине спектра оптического сигнала. Существует обратная зависимость между полосой пропускания оптического фильтра и чувствительностью приемника. При увеличении ширины полосы пропускания оптического фильтра – будет увеличиваться шумовая составляющая, соответственно будет снижаться отношение сигнал/шум (ОСШ), что приведет к падению чувствительности. В то же время полосу оптического фильтра нельзя сделать уже ширины полосы спектра несущей с сигналом, т.к. это повлечет собой уменьшение средней мощности, падающей на фотодиод, а, следовательно, уменьшение ОСШ и чувствительности.

Для примера, вероятности ошибки $P_e = 10^{-6}$, скорости передачи $B = 1,25$ Гбит/с и длины волны $\lambda = 1550$ нм чувствительность приемника по средней мощности составляет $\overline{P_{in}} = -52,05$ [дБм].

Используя предложенные выражения, можно рассчитать кривые зависимости чувствительности приемных оптических модулей от скорости передачи и длины волны и использовать их при оценке защищенности линий ВОЛС от несанкционированного доступа.

Для тех же параметров, что и в предыдущих расчетах с учетом того, что полоса спектра сигнала одного канала $\Delta \nu$ для системы со скоростью B Мбит/с примерно равна $\Delta \nu = 2B$, построим зависимость чувствительности оптического приемника с *pin*-фотодиодом от скорости передачи при $k_1 = 0,5$ путем расчетов в *Matcad* на ЭВМ (рис. 2).

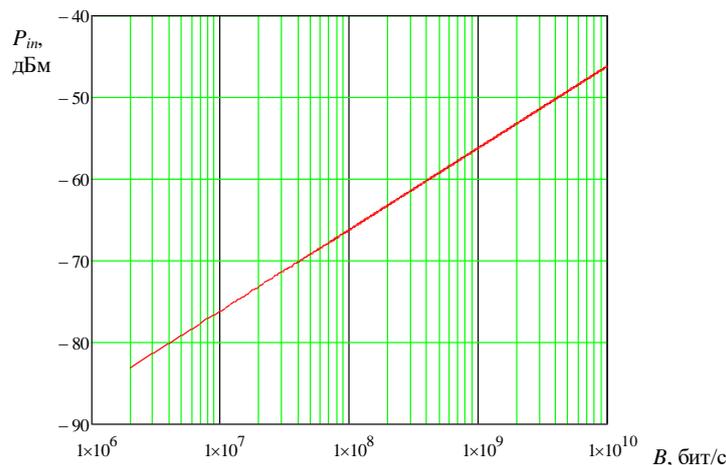


Рис. 2. Чувствительность приемника с предварительным усилителем, для $\lambda = 1550$ нм и $P_{ош} = 10^{-6}$

На рисунке показано, что оптический предусилитель может обеспечить чувствительность оптического приемника с *pin*-фотодетектором доступ к информации, передаваемой от соседнего абонента и ее обработку, что приводит к несанкционированному снятию информации.

Заключение

Показано, что в стандартной сети PON возможен скрытый доступ к передаваемой информации при атаке с любой соседней оптической розетки, выделяя тайм-слот прямого и отраженного сигнала в оптическом сплиттере. Для обратного канала, достаточно, чтобы величина этого сигнала была в рамках чувствительности приемного оптического модуля. Анализируя полученные результаты, можно предложить следующие методы защиты от несанкционированного доступа к информации, передаваемой на соседней абонентской розетке.

1. Увеличить затухание в абонентской линии;
2. Использовать оптические ответвители с высоким коэффициентом направленности;
3. Использовать разъемные соединения с низким коэффициентом отражения (с высокими возвратными потерями).

POSSIBILITY OF UNAUTHORIZED ACCESS TO INFORMATION TRANSFERRED FROM SUBSCRIBER TO OTHER SUBSCRIBER SOCKET IN A PASSIVE OPTICAL NETWORK, WHEN USING A REFLECTED SIGNAL FROM A SPLITTER

N.N. SERGEEV, V.N. URYADOV

Abstract. The possibility of unauthorized access to information transmitted from the subscriber when using the reflected signal from the coupler to another subscriber outlet was considered. The calculation of the received reflected signal level and the calculation of the sensitivity threshold of the receiver were carried out. The possibility of an attack from another subscriber's ending was evaluated.

Keywords: passive optical network, information protection, unauthorized access, network attacks and threats, optical preamplifiers, optical module with pin photodetector, reflected signal, receiver sensitivity threshold.

Список литературы

1. Птицын Г.А. Живучесть динамических сетей телекоммуникаций. Учебное пособие. М.: МТУСИ. 2008.
2. Dovid Gutierrez, Jinwoo Cho, Leonid G. Kozovsky // Optical Fiber Communication and the National Fiber Optic Engineers Conference. Optical Society of America. 2007. P. 87–89.
3. Булавкин И.А. // Технологии и средства связи. 2006. С. 104–108.
4. Рекомендация МСЭ-Т G.983.1. Широкополосные оптические сети доступа на базе пассивных оптических сетей.
5. Урядов В.Н., Алишев Я.В. Перспективные информационные технологии в волоконно-оптических сетях телекоммуникаций. Минск, 2003.
6. Урядов В.Н., Сергеев Н.Н., Шишпоренок С.С. // Докл. БГУИР. 2018. № 4 (114). С. 5–10.