

УДК 004.056.5

**ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В СЕТЯХ
ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ VLC****Алексеев Д.М., Пливак С.А., Шумилин А.С.***Южный федеральный университет, Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, Таганрог, e-mail: alekseev_1994dima@mail.ru*

В рамках данной работы рассматривается вопрос реализации технологии VLC (Visible Light Communication) в организациях и органах управленческой деятельности, где могут быть предъявлены высокие требования к обеспечению информационной безопасности. В ходе работы произведены расчёты основных величин, а также параметров сигнала, на основании которых, в последующем, проведен анализ эффективности технологии. Метод проектирования помещения с использованием системы VLC показывает, как происходит внедрение этой технологии. Структурная схема, а также зона покрытия помещения продемонстрированы в работе. По результатам расчетов производится оценка полученных значений и предлагаются варианты повышения качества параметров сигнала и пропускной способности канала. Анализ эффективности VLC технологии демонстрирует, что в выделенном помещении определенных размеров данная система будет качественно функционировать, обеспечивая бесперебойную работу оборудования.

Ключевые слова: информационная безопасность, передача данных, VLC, беспроводные сети, защищенная система, видимый свет

**ENSURING INFORMATION SECURITY IN ORGANIZATION'S NETWORKS
BASED ON VLC TECHNOLOGY****Alekseev D.M., Plivak S.A., Shumilin A.S.***Southern Federal University, Institute of Computer Technologies and Information Security, Taganrog, e-mail: alekseev_1994dima@mail.ru*

In this article is being considered the issue of VLC (Visible Light Communication) technology implementation in organizations and management bodies, where can be presented high requirements for information security. In the course of the work were made calculations of the main quantities and signal parameters on the basis of which in the following, an analysis of the efficiency of the technology was carried out. The method of designing a room using the VLC system shows how this technology is implemented. The structural scheme, as well as the coverage area of the premises are demonstrated in the work. Based on the results of the calculations, the values obtained are evaluated and options for improving the quality of the signal parameters and the channel capacity are proposed. Analysis of the effectiveness of VLC technology demonstrates that in a dedicated room of a certain size this system will function well, ensuring uninterrupted operation of the equipment.

Keywords: information security, data transfer, VLC, wireless networks, secure system, visible light

Технология VLC (visible light communication – «передача видимым светом») относится к беспроводной связи, которая использует видимый диапазон оптического излучения (от 380 нм, до 780 нм) в качестве среды передачи данных с использованием светодиодов (LED), служащих для освещения помещений. Последние достижения в сфере производства светодиодов сделали их более энергоэффективным, а скорость включения-выключения стала достигать нескольких наносекунд, что позволяет использовать их также и для передачи данных [8].

Метод передачи данных на основе технологии VLC видится одним из подходов к решению проблемы повышенной уязвимости корпоративных сетей. Данная технология имеет ряд преимуществ по сравнению с Wi-Fi, а именно: потенциально большая скорость передачи данных, более защищенная организация системы в целом за счет ограничения доступа злоумышленников к каналу передачи данных [2]. Кроме

того, отсутствие связи по радиоканалу позволяет избежать помехи между устройствами и сбоев в работе оборудования [5, 6].

VLC – система

VLC – система включает в себя передающий и приемный модуль. Структурная схема, реализующая данную технологию, представлена на рис. 1.

В передающем модуле согласующее устройство приводит параметры входного сигнала (цифровые данные из сети) к параметрам устройства управления блока светодиодов с помощью модулятора. Затем сигнал для передачи по каналу связи попадает на блок светодиодов.

В приемном модуле полученный оптический сигнал усиливается, затем проходя через фильтр верхних частот избавляется от шумов, вследствие чего попадает на компаратор для преобразования в цифровую форму. В итоге на выходе принимающего модуля имеется полноценный цифровой сигнал, который передает необходимые данные [7].

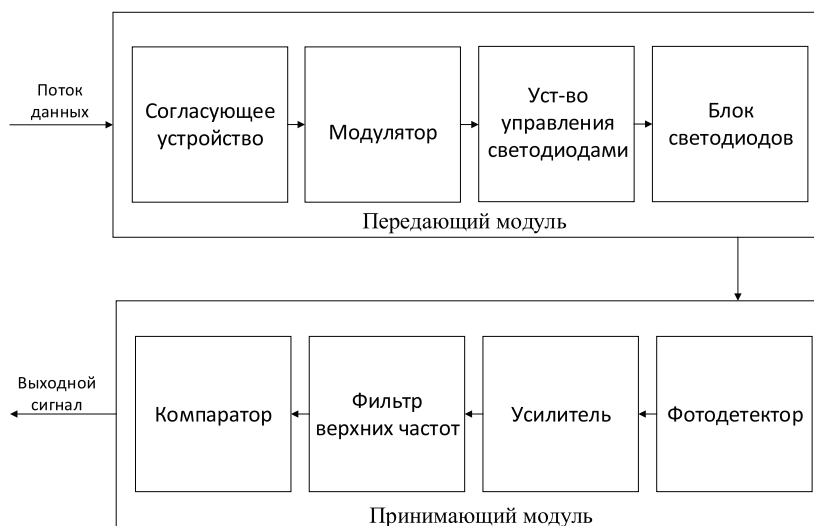


Рис. 1. Структурная схема, реализующая VLC-технологию

Анализ эффективности VLC технологии

При всей своей эффективности и удобстве VLC-технология имеет ряд ограничений, которыми нельзя пренебрегать при внедрении данной системы [6]. Чтобы эти недостатки не оказывали значительное влияние на работу сети, нужно проверить на эффективность данную технологию по отношению к защищаемому объекту.

В работе рассматривается помещение в здании органов государственной власти/силовых структур с повышенными требованиями к информационной безопасности при передаче данных. Помещение имеет размеры 17 метров в длину, 11 метров в ширину и 3.5 метра в высоту. Основные параметры оптического передатчика и приемника отображены в таблице.

Параметры оптического передатчика и приемника

Параметр	Значение
Мощность оптического передатчика (светодиода)	0.18 мВт
Полоса пропускания	2 МГц
Рабочая длина волны	870 нм
Токовая чувствительность фотодиода	0.62 А/Вт
Шумовой ток фотодетектора	1.25 пА/Гц

Так как в основе передачи данных с помощью VLC технологии лежит видимый свет, то он имеет особенность рассеиваться и поглощаться в атмосфере. Учитывая эту особенность и зная характеристики исполь-

зуемого оборудования, можно вычислить максимальное расстояние, при котором будет передача данных будет производиться с приемлемым коэффициентом ошибок.

Для этого необходимо, чтобы отношение сигнал/шум, которое представляет собой эффективное напряжение полезного сигнала к эффективному напряжению шума приемника для цифровых систем было выше 6 дБ. Отношение сигнал/шум обозначается SNR, и имеет следующий вид [4]:

$$SNR(\text{дБ}) = 10 \lg \left(\frac{P_{\text{сигнал}}}{P_{\text{шум}}} \right) \quad (1)$$

Отношение сигнал/шум равное 6 дБ, говорит о том, что мощность сигнала на входе приемника должна быть как минимум в 4 раза больше мощности внутренних шумов для цифровых систем. Из таблицы подставляя значения чувствительности фотодетектора и шумового тока, можно вычислить внутренние шумы приемника.

$$P_{\text{шум}} = \frac{1,25 \text{ нА/Гц} \cdot 2 \text{ Гц}}{0,62 \text{ А/Вт}} = 0,004 \text{ мВт.}$$

Выразив из формулы (1) мощность сигнала, можно определить мощность на входе для поддержания отношения сигнал/шум в 6 дБ.

$$P_{\text{сигнал}} = (10^{SNR/10}) \cdot P_{\text{шум}}$$

$$P_{\text{сигнал}} = (10^{6\text{дБ}/10}) \cdot 0,004 \text{ мВт} = 0,016 \text{ мВт.}$$

Из таблицы видно, что VLC передатчик излучает сигнал мощностью 0.18 мВт,

а минимально допустимое значение на входе приемника должно быть 0.0162 мВт. Обратившись к закону Бугера-Ламберта-Бера, можно вычислить, на каком расстоянии можно добиться такого затухания. На рис. 2 это расстояние обозначается D .

Закон Бугера-Ламберта-Бера – это физический закон, определяющий затухание оптического излучения при распространении его в поглощающей среде, в данном случае, в воздухе. Коэффициент затухания по закону Бугера-Ламберта-Бера имеет следующий вид:

$$K = e^{-(k_{\text{атм}} \cdot D)}, \quad (2)$$

где K – коэффициент затухания, D – длина, $k_{\text{атм}}$ – показатель поглощения.

В рассматриваемом случае показатель поглощения связан с длиной волны излучения 780 нм и безразмерным показателем поглощения в атмосфере, равным 75 дБ.

$$k_{\text{атм}} = \frac{4\pi k}{\lambda} = \frac{4\pi \cdot 75 \text{ дБ}}{780 \text{ нм}} = 0.56\%$$

Выразив L и подставив значения, найдем расстояние, на котором происходит затухание сигнала.

$$D = -(\ln K)/k_{\text{атм}} = -(\ln(0,09))/0,56 = 2,4/0,56 \approx 4,3 \text{ м.}$$

Предположив, что все VLC приемники располагаются на офисном столе (высоту стола брать равной 1 м), а максимальное расстояние $D = 4.3$ м, можно найти какую площадь покрывает один передатчик, монтируемый в потолок.

Зона покрытия от одного передатчика рассчитывается по формуле (4),

$$S = \pi \cdot R = \pi \cdot (D^2 - L^2) \quad (3)$$

где D – расстояние от передатчика до приемника; L – длина нормали передатчика до приемника; R – радиус искомой зоны покрытия.

Подставив все значения в формулу (4), получим:

$$R \approx 3,4 \text{ м.}$$

$$S = \pi \cdot (4,3^2 - 2,5^2) \approx 36 \text{ м}^2.$$

Так как площадь исследуемого помещения равна 187 м², а один передатчик способен покрыть площадь 36 м², то для данного офиса потребуется шесть VLC передатчиков монтируемых в потолок.

Тогда оптимальное расположение светодиодных ламп, выполняющих роль VLC передатчика, в офисе с такими размерами, и зона покрытия будут выглядеть следующим образом (рис. 3).

Параметром, на прямую влияющим на качество и скорость передачи данных VLC технологии, является пропускная способность. Она рассчитывается по следующей формуле:

$$C = B \log_2(1 + \text{SNR}) \quad (4)$$

где C – пропускная способность канала; B – полоса пропускания канала; SNR – отношение сигнала шума.

Теорема Шеннона – Хартли ограничивает информационную скорость (бит/с) для заданной полосы пропускания и отношения «сигнал/шум». Для увеличения скорости необходимо увеличить уровень полезного сигнала, по отношению к уровню шума.

Если бы существовала бесконечная полоса пропускания, то по ней можно было бы передать без ошибок неограниченное количество данных за единицу времени. Существующие же каналы имеют ограниченные размеры и в них всегда присутствует шум [4].

Подставив в формулу (4) значения из таблицы, получим:

$$2 \cdot 10^6 \cdot \log_2(1 + 6) = 2 \cdot 10^6 \cdot 2,81 \approx 5,62 \cdot 10^6 \text{ бит/с} = 5,62 \text{ Мбит/с.}$$

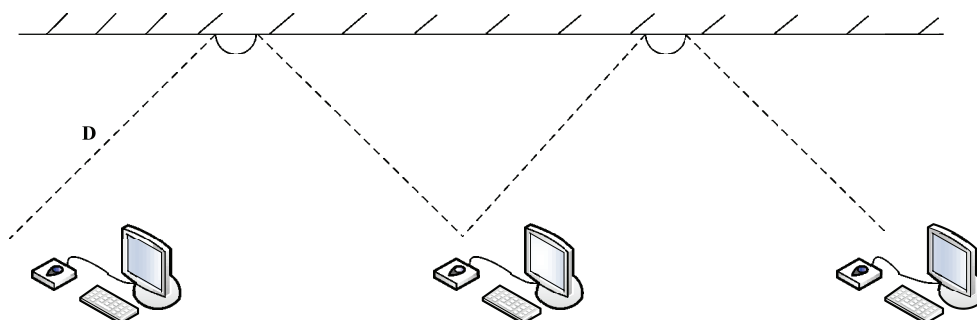


Рис. 2. Структурная схема, иллюстрирующая подключение офисного оборудования к сети (D – максимальное расстояние от приемника до передатчика)

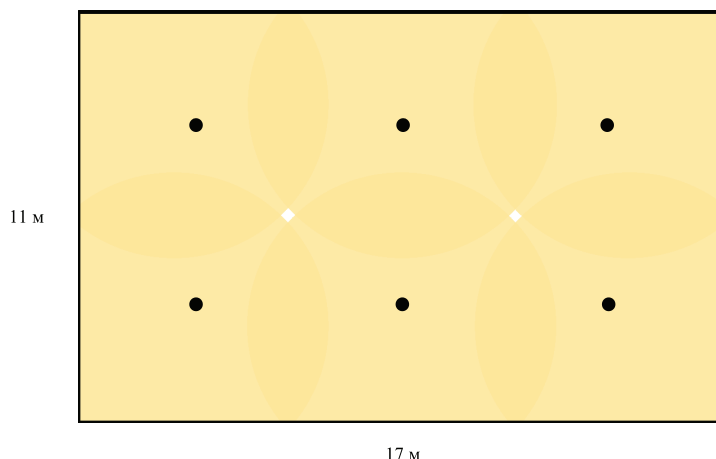


Рис. 3. Зона покрытия помещения информационной составляющей оптического излучения

Одним из способов повышения пропускной способности является использование голубых фильтров для увеличения полосы пропускания. Применяв такой фильтр она повышается с 2 МГц до 20 МГц, следовательно, пропускная способность увеличивается в 10 раз.

Не менее важным параметром является и коэффициент битовых ошибок. Значение коэффициента ошибок напрямую зависит от типа используемой модуляции [5]. Формула нахождения коэффициента ошибок будет выглядеть следующим образом:

$$P = Q \left(\frac{\sqrt{P_{\text{сигнал}}}}{\sqrt{P_{\text{шум}}}} \right) = Q(\sqrt{SNR}) \quad (5)$$

Параметр Q будет зависеть от количества значений, которые может принимать сигнал при той или иной модуляции.

Выводы

Метод передачи данных на основе VLC-технологии может составить основу защищенной корпоративной сети в таких организациях как: органы управления, органы государственной службы, федеральная служба безопасности и других организациях с повышенным уровнем безопасности. Внедрение данной технологии в органы управленческой деятельности позволит снизить шанс несанкционированного доступа к передаваемым данным. Ведь для доступа злоумышленника к необходимой информации потребуется непосредственное проникновение в помещение, что значительно усложняет перехват данных со стороны. Анализ эффективности VLC технологии демонстрирует, что в выделенном помещении определенных размеров данная

система будет хорошо функционировать, обеспечивая бесперебойную работу оборудования. Также, используя формулы, приведенные в данной работе, можно свести к минимуму количество ошибок, возникающих в процессе функционирования системы и, таким образом, подобрать необходимые параметры для каждого устройства.

Список литературы

1. Шумилин А.С., Пливав С.А. Защищенная система передачи данных на основе VLC технологии // V Международная конференция по фотонике и электронной оптике «Сборник научных трудов М.: НИЯУ МИФИ» 2016г. – С. 339-340.
2. Шумилин А.С., Пливав С.А. Использование VLC-технологии для защиты передачи информации в корпоративной сети // Международная научно-практическая конференция «Приоритетные направления развития науки, техники и технологий» 2016г. – С. 98-100.
3. Thomas DC Little, Modeling and designing of a new indoor free space visible light communication system // MCL Technical Report No. 08-01-2011.
4. A. P. S. Louvros and D. Fuschelberger, «VLC technology for indoor lte planning,» in System-Level Design Methodologies for Telecommunication, pp. 21–41, Springer, 2014.
5. M. Biagi, A. Vegni, and T. D. C. Little, «Lat indoor mimo-vlc localize access and transmit,» in Optical Wireless Communications (IWOW), 2012 International Workshop on, pp. 1–3, Oct 2012.
6. S. il Choi, «Analysis of vlc channel based on the shapes of white-light led lighting,» in Ubiquitous and Future Networks (ICUFN), 2012 Fourth International Conference on, pp. 1–5, July 2012.
7. N. Kumar International Journal of Future Computer and Communication, vol. 2, no. 6, pp. 26–30, 2014.
8. A. Ndjiongue, H. Ferreira, K. Ouahada, and A. Vinckz, «Low-complexity socpbfsk-ook interface between plc and vlc channels for low data rate transmission applications,» in Power Line Communications and its Applications (ISPLC), 2014 18th IEEE International Symposium on, pp. 226–231, IEEE, 2014.
9. Д.М. Алексеев, С.А. Пливав, А.С. Шумилин // Архитектура и обеспечение безопасности беспроводных WLAN сетей // «Научное сообщество студентов XXI столетия. Технические науки»: Электронный сборник статей по материалам XXXIX студенческой международной научно-практической конференции. – Новосибирск: Изд. АНС «СибАК». – 2016. – № 2 (38). С. 24-28.
10. Д.М. Алексеев, С.А. Пливав, А.С. Шумилин // Передача данных видимым светом на основе вещательных систем информации о движении // Молодежный научный форум: Технические и математические науки: электр. сб. ст. по материалам XXXI студ. междунар. заочной науч.-практ. конф. – М.: «МЦНО». – 2016. – № 2(31). С. 23-27.