

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ И МОДУЛЯЦИИ БЕСПРОВОДНЫХ ОПТИЧЕСКИХ КАНАЛОВ СВЯЗИ В ВИДИМОМ ДИАПАЗОНЕ ДЛИН ВОЛН

Чепурко Данила Андреевич

студент, Северо-Кавказский федеральный университет, РФ, г. Ставрополь

Малсугенов Олег Владимирович

научный руководитель, канд. физ. –мат. наук, доцент кафедры информационной безопасности автоматизированных систем института цифрового развития Северо-Кавказский федеральный университет, РФ, г. Ставрополь

Беспроводные оптические каналы связи в видимом диапазоне длин волн используют в качестве передатчиков полупроводниковые светодиоды, что открывает широкие возможности по способам модуляции данного канала.

Наиболее распространённым способом преобразования двоичного сигнала в оптический является метод модулирования, основанного на контроле включения-выключения (ООК, On-Off Keying). Данный вид модуляции - простейшая форма амплитудной сдвиговой модуляции, где цифровые данные передаются через наличие или отсутствие несущей волны. В этом виде наличие несущей волны в течение определенного времени обозначает двоичную единицу (1), а отсутствие несущей волны в течение того же времени обозначает двоичный ноль (0). Однако несмотря на высокую энергоэффективность данного метода, он имеет малую спектральную эффективность по сравнению с другими схемами модуляции.

Идейным наследником данного метода является импульсная позиционная модуляция (PPM, Pulse Position Modulation), в которой для передачи информации может использоваться ряд зависящих от времени характеристик импульсной несущей

PPM (импульсно-позиционная модуляция) широко используется в системах оптической связи. В этой схеме импульсы одинаковой амплитуды генерируются с частотой, регулируемой амплитудой модулирующего сигнала. При передаче в формате PPM импульсы сигнала имеют фиксированную ширину и амплитуду, но их количество определяется положением импульсов во времени.

В L-PPM символы состоят из L временных интервалов (чипов). В этих чипах передается постоянная мощность $L \cdot P_c$, а в остальных $(L-1)$ чипах - нулевая. Следовательно, позиция старшего чипа кодирует $\log_2(L)$ бит. Если амплитуда передаваемого сигнала равна A, средняя передаваемая мощность для 2-PPM равна $A^2/2$, для 4-PPM - $A^2/4$, а для L-PPM - A^2/L . Для любого значения L, превышающего 2, для PPM требуется меньшая оптическая мощность, чем для ООК. Теоретически, требуемую оптическую мощность можно сделать сколь угодно малой, увеличивая L, однако это требует расширения полосы пропускания.

При заданной скорости передачи данных L-PPM требует большей полосы пропускания по

сравнению с ООК, в соотношении $L/\log_2 L$. Например, 16-PPM требует в четыре раза больше полосы пропускания, чем ООК. Полоса пропускания, необходимая для PPM при скорости передачи данных R_b , приблизительно равна L/T , где T — длительность одного чипа. Помимо увеличенных требований к полосе пропускания, PPM требует большей пиковой мощности передачи и синхронизации как на уровне слотов, так и на уровне символов. При

отсутствии многолучевых искажений L-PPM обеспечивает снижение средней потребляемой мощности с увеличением L ; увеличение шума, связанное с расширением полосы пропускания

приемника в соотношении $L / \log_2 L$, компенсируется увеличением пиковой мощности в том же соотношении.

Помимо стандартного L-PPM существует его инвертированный аналог I-L-PPM. В этой разновидности модуляции светодиод работает во всех подинтервалах, кроме одного, что позволяет увеличить яркость светодиода без изменения его мощности. Этот вид модуляции особенно эффективен для использования в помещениях, так как обеспечивает лучшее освещение.

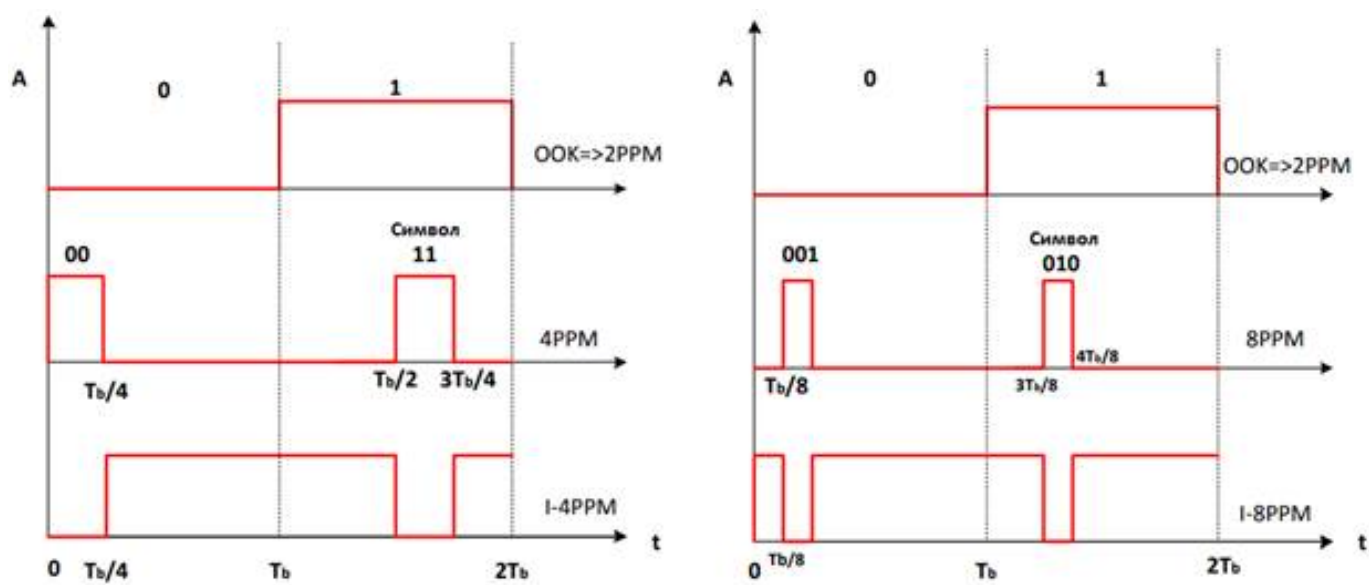


Рисунок 1. Форма сигналов L-PPM и I-LPPM

Цветовая манипуляция, также известная как Color Shift Keying (CSK), является методом изменения яркости, поддерживаемым в системах видимой световой связи (VLC). Это достигается использованием трехцветных источников опорных цветов - красного, зеленого и синего (RGB), а также светодиодных систем, основанных на белом свете. Передаваемая информация кодируется посредством различных цветовых комбинаций. Эти комбинации, формируемые определенными последовательностями данных, реализуются за счет последовательного включения и выключения светодиодов разных цветов.

Список литературы:

1. Гришин И.В., Хричков В.А., Ялунина Т.Р. Перспективы развития беспроводных систем передачи данных на базе светодиодов видимого излучения // Труды учебных заведений связи. 2017. Том 3. № 2. С. 68-76.
2. Власенко А. В. Швырев Б. А. Тимонов Д. А. Параметры канала утечки акустической информации посредством модуляции видимого света Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии 2019г.
3. Пароль Н.В., Кайдалов С.А. Фоточувствительные приборы и их применение: Справочник. – М.: Радио и связь, 1991. – 112с .

4. Kumar N., Figueiredo M., Nero Alves L. L. Aguiar R. VLC Modulation Schemes 2011
5. S. Zhao, J. Xu and O. Trescases, "A dimmable LED driver for visible light communication (VLC) based on LLC resonant dc-dc converter operating in burst mode," IEEE Applied Power Electronics Conference (APEC), Long Beach, USA, March 2013, pp. 2144-2150.
6. Jamieson, I. 2010. Visible Light Communication (VLC) Systems. <http://www.bemri.org/component/content/article/3-home/18-visible-light-communication-vlc-systems.html> . Retrieved July 14, 2010.
7. O'Brien, D., Kang, T.-G., and Matsumura, T. 2008. Visible Light Communication: Tutorial. http://www.ieee802.org/802_tutorials/2008-03/15-08-0114-02-0000-VLC_Tutorial_MCO_Samsung-VLCC-Oxford_2008-03-17.pdf . In IEEE 802.15-<08/0114-02>. Retrieved July13, 2010