

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ КОММУНИКАЦИОННЫХ ЛИНИЙ В ВИДИМОЙ ЧАСТИ СПЕКТРА ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН

Петрусь И.П.

Уральский Государственный Университет Путей Сообщения, аспирант кафедры "Автоматика, телемеханика и связь"

Под коммуникационными линиями в видимой части спектра электромагнитных волн в данной работе подразумеваются в частности сети Li-Fi, принцип работы которых строится на том, что светодиоды видимого света мерцают и тем самым передают данные, а именно к лампе с массивом светодиодов присоединен модулятор, который заставляет с максимально допустимой скоростью включаться и выключаться светодиоды, что является формой передачи данных в двоичном коде [8, 9].

Максимальная скорость переключения светодиодов ограничивается способом их производства, который определяет их устойчивость к перегоранию. Пропускная способность свыше 1 Гбит/сек достигается путем сложения трех спектральных каналов микросветодиодов белого света, а также благодаря использованию технологии ультрапараллельного видимого света (Ultra-parallel visible light communications project), который позволяет одному светодиоду излучать свет несколькими струями и достигается методом наностамповочной литографии в производстве светодиодов на базе нитрида галлия (GaN) [4].

Кроме того методом оптического мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (O-OFDM – Optical orthogonal frequency-division multiplexing) с квадратурной фазовой манипуляцией (QPSK – Quadrature Phase Shift Keying), на световой поток излучаемый белыми светодиодами происходит наложение данных при помощи модуляций. На практике метод O-OFDM реализуется при помощи алгоритма быстрого вычисления преобразования Фурье (FFT – Fast Fourier transform), то есть дискретного преобразования Фурье [3].

При бинарном сигнале в канале с аддитивным белым гауссовским шумом (АБГШ) и высоком отношении сигнал/шум и использовании QPSK в сочетании с методом кодированного OFDM (COFMD – coded OFDM) вероятность ошибки на бит (BER – Bit Error Rate) может быть приблизительно оценена по формуле (1):

$$P_b = Q\left(\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}}\right), \quad (1)$$

где

$$Q(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt; \quad (2)$$

E_b – величина энергии приходящаяся на один бит; $N_0/2$ – спектральная плотность мощности (СПМ) шума (Вт/Гц); P_b – вероятность ошибки на 1 бит; $Q(x)$ – функция ошибок (функция Лапласа), где $x \geq 0$.

COFDM в свою очередь подразумевает канальное кодирование методом прямой коррекции ошибок (FEC - Forward Error Correction). Опытным путем показано, что сеть Li-Fi, с использованием одного белого светодиода, позволяет передавать данные с вероятностью ошибки на бит $2 \cdot 10^{-5}$ на расстоянии 90 см от передатчика до приёмника [6].

Модуляции светодиодной лампы будут восприниматься человеческим глазом как сплошной поток света, в связи с тем, что человеческий глаз воспринимает не более 100 мерцаний в секунду, а частота переключений бытового светодиода на одной частотной волне в среднем составляет 500 000 мерцаний в секунду [7].

При этом оптически переданные данные не станут выходить за пределы целевой зоны действия в отличие от радиочастотных технологий. Это означает, что вероятность несанкционированного доступа к среде передачи данных более низкая, нежели в радиочастотных сетях передачи данных. Также, использование беспроводных оптических сетей передачи данных на светодиодах видимого излучения снимает острый вопрос об электромагнитной совместимости с имеющимся оборудованием, что открывает для них такие области применения, которые чувствительны к радиоволнам (промышленные сооружения, где радиопередачи могут вмешаться в производственный процесс, научные и медицинские учреждения, авиационный и аэрокосмический транспорт). Эти же сети могут найти применение в организации беспилотного транспортного сообщения и решить проблему регулирования дорожного движения [2].

Кроме того, не возникает необходимость платного расширения допустимой полосы частот, ведь в беспроводных оптических сетях передачи данных на светодиодах видимого излучения выделение дополнительной полосы бесплатно и не требует процедуры лицензирования, да и допустимая оптическая полоса частот шире радиочастотной в 10000 раз [3].

Доказано, что радиочастотные сети передачи данных могут оказывать негативное влияние на организм человека: на репродуктивные органы мужчин, провоцировать быструю утомляемость, апатию, слабость, головные боли, нарушение в работе больных органов, ослабление внимания, памяти, нервные и психические расстройства [5]. Несмотря на то, что

не проводились исследования по влиянию беспроводных оптических сетей передачи данных на светодиодах видимого излучения на человеческий организм, существуют исследования, показывающие, что светодиодный свет является наиболее комфортным для человеческих глаз [1].

Само же использование светодиодных ламп является энергоэффективным решением, так как они требуют малой мощности, что позволяет снизить затраты на покупку энергоносителей и в целом удешевляет эксплуатацию этих сетей. Хотя обратной связи беспроводные оптические сети передачи данных на светодиодах видимого излучения требует комбинированного использования с другими технологиями передачи данных, такими как PLC (Power Line Communication, коммуникации по линии электропередач), суть которой сводится к передачи данных по силовым проводам, или высокоскоростная инфракрасная передача данных VFIR, UFIR (Very Fast Infrared и Ultra Fast Infrared соответственно, что в переводе с английского означает «очень быстрое инфракрасное излучение» и «ультрабыстрое инфракрасное излучение») или Giga-IR.

На рис. 1 схематично продемонстрирована локальная сеть передачи данных на базе комбинации технологии Li-Fi и технологии VFIR для обратной, где Li-Fi-трансмисмиттер содержит в себе фотодиодный приёмник, декодер, инфракрасный излучатель, а также USB-интерфейс (Universal Serial Bus – универсальная последовательная шина):

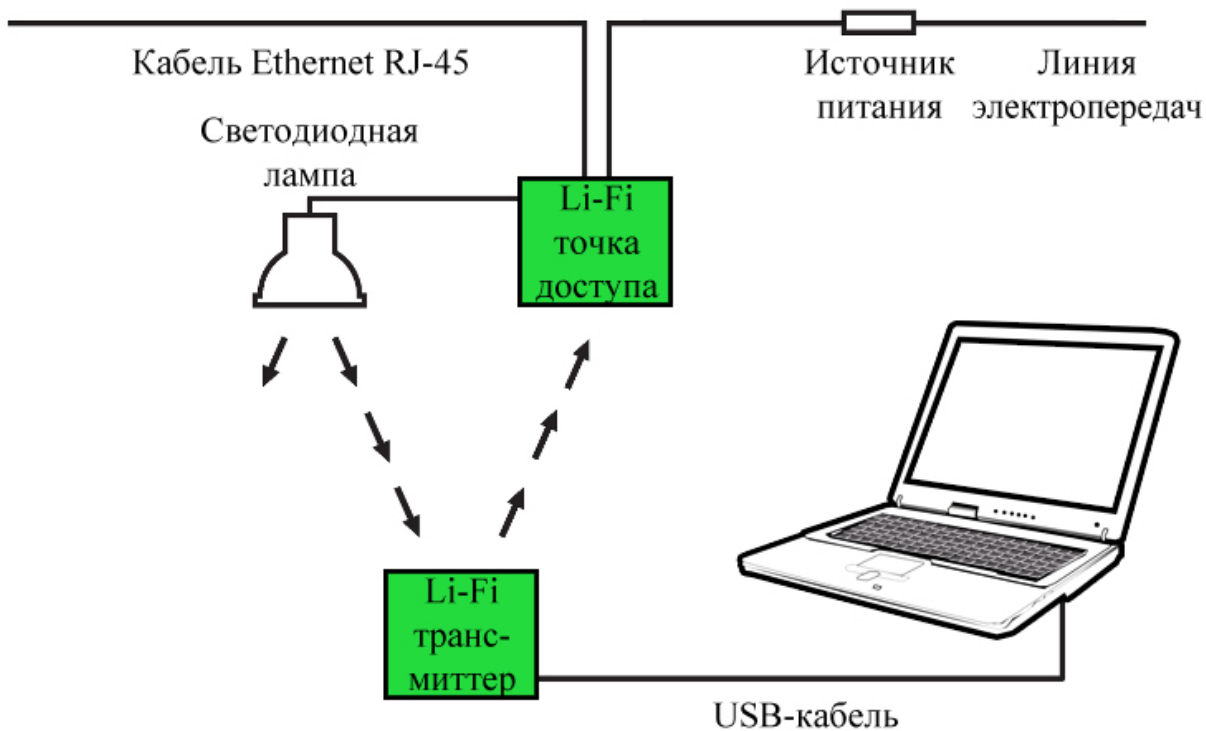


Рис. 1 Схема локальной сети на базе Li-Fi и VFIR

Таким образом, развитие и применение технологии ультрапараллельного видимого света, метода наностамповочной литографии, метода O-OFDM с QPSK, сложения трех спектральных каналов микросветодиодов белого света, технологий инфракрасной передачи данных VFIR, UFIR и Giga-IR позволяет создавать высокоскоростные оптические локальные сети передачи данных.

Список литературы:

1. Никифоров С. Д. Физические аспекты восприятия полупроводникового света человеческим глазом // Компоненты и технологии. 2008. № 89. С. 84–94. ISSN 2079-6811. Петрусь И.П., Гузенкова Е.А. Аспекты практического использования беспроводной оптической технологии передачи данных // Интернет-журнал «Науковедение». 2014. №2 (21). М.: Науковедение. С. 136. ISSN 2223-5167.
2. Петрусь И.П. Технология «общения» дорожного транспорта // Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №2 (21) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2014. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/03TVN214.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ. ISSN 2223-5167.
3. Петрусь И.П., Гузенкова Е.А. Аспекты практического использования беспроводной оптической технологии передачи данных // Интернет-журнал «Науковедение», 2014 №2 (21) [Электронный ресурс]-М.: Науковедение, 2014. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/85TVN214.pdf>, свободный. Загл. с экрана. Яз. рус., англ. ISSN 2223-5167.
4. Хаас Х. Беспроводная информация из каждой лампочки. URL: http://www.ted.com/talks/harald_haas_wireless_data_from_every_light_bulb.htm (дата обращения: 30.10.2013).
5. Avendaño C., Mata A., Sarmiento C., Doncel G. Use of laptop computers connected to internet through Wi-Fi decreases human sperm motility and increases sperm DNA fragmentation // Fertility and Sterility. 2012. Vol. 97, Issue 1. P. 39-45.e2. ISSN 0015-0282.
6. Elgala H., Mesleh R., Haas H., Pricope B. OFDM visible light wireless communication based on white LEDs // Proc. 64th IEEE Veh. Technol. Conf., 2007. P. 2185–2189. ISSN 1550-2252.

7. Hanzo, L., Haas, H., Imre, S., O'Brien, D., Rupp, M. & Gyongyosi, L. Wireless Myths, Realities and Futures: From 3G/4G to Optical and Quantum Wireless // Proc. IEEE. 2012. Vol. 100. P. 1853-1888. ISSN 0018-9219.
8. Paraskevopoulos A. Data are traveling by light. URL: <http://www.fraunhofer.de/en/press/research-news/2011/august/data-traveling.html> (дата обращения: 30.10.2013).
9. Povey G. What is Visible Light Communication? URL: <http://visiblelightcomm.com/what-is-visible-light-communication-vlc/> (дата обращения: 30.10.2013).
10. Thomson I. Forget Wi-Fi, boffins get 150Mbps Li-Fi connection from a lightbulb: Many (Chinese) hands make light work. URL: http://www.theregister.co.uk/2013/10/18/forget_wifi_chinese_boffins_get_150mbps_lifi_connection_from_a_lightbulb (дата обращения: 30.10.2013).