

## СОДЕРЖАНИЕ

|  |   |
|--|---|
| Введение .....                         | 3 |
| Список использованных источников ..... | 5 |

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

РЧ — радио частоты.

VLC (visible light communication) — связь по видимому свету.

ИК — инфракрасный.

LED (Light emitting diode) — светодиод.

AP (Access point) — точка доступа.

PLC (Power-line communication) — связь по электросети.

PoE (Power over Ethernet) — питание через Ethernet.

RGB (Red-green-blue) — красно-сине-зелёный [светодиод].

MIMO (Multiple-input-multiple-outputs) — несколько входов и выходов.

IM/DD (Intensity modulation and direct detection) — модуляция интенсивности и прямое детектирование.

OFDM (Orthogonal frequency division multiplexing) — прямоугольное мультиплексирование с разделением по частоте.

OWC (Optical wireless communication) — оптическая беспроводная коммуникация.

Li-Fi — light fidelity.

Wi-Fi — wireless fidelity.

## ВВЕДЕНИЕ

Спустя тридцать лет после появления первых коммерческих мобильных коммуникационных систем, беспроводная связь эволюционировала в обыкновенное удобство как газ или электричество. Экспоненциальный рост в мобильном трафике в течение последних трёх десятилетий приведет к масштабному разворачиванию беспроводных систем. Как следствие, ограниченный доступный РЧ-диапазон является объектом постоянного переиспользования и межканальной интерференции, что значительно ограничивает ёмкость сетей. Таким образом, было много различных предупреждений о грядущем “кризисе РЧ спектра” [1], так как требования к передачи мобильных данных продолжают расти, в то время как спектральная эффективность сетей насыщается, даже несмотря на введение новых стандартов и значительный технологический прогресс в этой области. По оценкам, к 2022 году более 77 эксабайтов ( $10^{60}$  байт) трафика будет передаваться через мобильные устройства каждый месяц (около одного зеттабайта в год) [2]. В середине прошлого десятилетия было предложено использование связи по видимому свету (VLC) в качестве потенциального решения для избежания “кризиса РЧ спектра”.

В течение прошлого десятилетия значительные усилия были направлены на изучение альтернативных частей электро-магнитного спектра, которые потенциально смогут разгрузить большую часть трафика из загруженного РЧ диапазона. Было продемонстрировано использование миллиметровых волн в коммуникации в 28 ГГц диапазоне, а так же использование видимого и ИК света. Это особенно полезно, так как освещение – удобство, которое имеется практически в любой жилой среде и для которого существует готовая инфраструктура. Использование видимого света для высокоскоростных линий связи становится возможно из-за использования LED. В этом смысле концепт комбинирования функций освещения и коммуникации позволяет экономить энергию (и деньги) и сократить углеродный след. Во-первых, установка точек доступа (AP) является достаточно тривиальной задачей, так как можно переиспользовать уже существующую инфраструктуру с использованием готовых технологий, таких как связь по электросети (PLC) и питание через Ethernet (PoE). Во-вторых, так как освещение обычно работает в помещениях даже в течение светлого времени суток, дополнительное питание передатчиков будет незначительным. Помимо этого, видимый свет включает в себя сотни ТГц свободного канала, что на четыре порядка больше, чем полный РЧ спектр до 30 ГГц, включая миллиметровый

спектр. Оптическое излучение, в общем, не интерферирует с другими радио волнами и не мешает работе чувствительного электрического оборудования. Таким образом, свет идеален для беспроводного покрытия в местах, чувствительных к электромагнитному излучению (например, больницы, самолёты, топливно-химические и атомные электростанции и другие). Помимо этого, так как свет не может проникать через непрозрачные поверхности (стены), создается более высокий уровень безопасности соединения. Эта же особенность может быть использована для избежания интерференции между двумя соседними сетями.

В течение последних десяти лет, было проведено значительное количество исследований об улучшении скорости передачи между двумя устройствами с использованием существующих светодиодов в лабораторных условиях. В 2012 году была достигнута скорость передачи данных выше 1 Гб/с с использованием белых фосфорных LED [3], и 3.4 Гб/с с помощью красно-сине-зелёного (RGB) LED [4]. Также была продемонстрирована [5] схожая гигабитная система с белым фосфорным LED в виде матрицы 4 на 4 в конфигурации несколько входов и выходов (MIMO). Теоретическая структура для достижимой ёмкости модуляции интенсивности и прямого детектирования (IM/DD) с использованием прямоугольного мультиплексирования с разделением по частоте (OFDM) была показана в [6]. Для успешной реализации системы мобильной связи необходима готовая сетевая система. Это и есть то, что называется Li-Fi – сетевое мобильное высокоскоростное VLC решение для беспроводной связи [7]. Гарольд Хаас, которому принадлежит идея создания Li-Fi [8], предлагает использовать Li-Fi как комплиментарную сеть для облегчения нагрузки на РЧ спектр, так как значительная часть нагрузки на текущие Wi-Fi сети сможет быть перемещена на Li-Fi сети.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. “Study on the future UK spectrum demand for terrestrial mobile broadband applications” : Отчет / Ofcom : 2013. — Июнь.
2. Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forecast Update, 2017–2022 : Отчет / Cisco : 2019. — Фев. — Режим доступа: <https://s3.amazonaws.com/media.mediapost.com/uploads/CiscoForecast.pdf>.
3. “1-Gb/s Transmission Over a Phosphorescent White LED by Using Rate-Adaptive Discrete Multitone Modulation / A. M. Khalid, G. Cossu, R. Corsini и др. // IEEE Photonics Journal. — 2012. — Окт. — Т. 4. — С. 1465–1473.
4. “3.4 Gbit/s Visible Optical Wireless Transmission Based on RGB LED / G. Cossu, A. M. Khalid, P. Choudhury и др. // Optics Express. — 2012.
5. Azhar A., Tran T., O’Brien D. “A Gigabit/s Indoor Wireless Transmission Using MIMO-OFDM Visible-Light Communications // IEEE Photonics Technology Letters. — 2013. — Янв. — Т. 31, № 6. — С. 918–929.
6. Dimitrov S., Haas H. Information rate of ofdm-based optical wireless communication systems with nonlinear distortion // Journal of Lightwave Technology. — 2013. — Т. 31, № 6. — С. 918–929.
7. VLC: Beyond Point-to-Point Communication / B. Harald, S. Nikola, T. Dobroslav и др. // IEEE Communications Magazine. — 2014.
8. What is LiFi? / Harald Haas, Liang Yin, Yunlu Wang, Cheng Chen // J. Lightwave Technol. — 2016. — Март. — Т. 34, № 6. — С. 1533–1544. — Режим доступа: <http://jlt.osa.org/abstract.cfm?URI=jlt-34-6-1533>.