

В общем и целом, выбор варианта системы хранения данных зависит сугубо от запроса потребителя. Каждая из систем заняла определённую нишу. DAS чаще используется в небольших компаниях и у хостинг-провайдеров. NAS применяется там, где ограничения по ёмкости в DAS играют решающую роль, а резервное копирование является необходимостью. SAN популярна у больших компаний, имеющих филиалы, а также у фирм, занимающихся виртуализацией [4].

## Литература

1. Data Storage Systems [Электронный ресурс] / Открытые технологии. – Режим доступа: <https://www.ot.ru/en/solutions/storage-systems/>. – Дата доступа: 22.03.2023.
2. SAN vs. NAS vs. DAS Storage: Which One You Choose [Электронный ресурс] / Официальный сайт Techjockey. – Режим доступа: <https://www.techjockey.com/blog/san-vs-nas-vs-das>. – Дата доступа: 22.03.2023.
3. Хранение данных. Или что такое NAS, SAN и прочие умные сокращения простыми словами [Электронный ресурс] / Сообщество IT-специалистов Habr. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/southbridge/blog/517502/>. – Дата доступа: 22.03.2023.
4. Системы хранения данных: типы и особенности [Электронный ресурс] / Технологичные решения VISTLAN. – Режим доступа: <https://www.vistlan.ru/info/blog/tekhnologii/osnovnye-sistemy-khraneniya-dannykh-i-ikh-osobennosti/>. – Дата доступа: 22.03.2023.

**Д. О. Жидких**

(ГГУ имени Ф. Скорины, Гомель)

Науч. рук. **А. В. Воружев**, канд. техн. наук, доцент

## **LI-FI: ПРИНЦИПЫ И ПРЕИМУЩЕСТВА**

Непрерывный рост требований пользователей к быстрой, надёжной и безопасной связи и нехватка частотного спектра для удовлетворения растущих потребностей заставляют разработчиков технологий беспроводной связи обращаться к принципам передачи данных через световое излучение. Будучи самой популярной технологией беспроводной связи, Wi-Fi страдает от серьёзных помех при плотном развертывании, поэтому сообщество Wi-Fi пытается использовать глобально нелицензированные видимый и инфракрасный спектры. Получив гораздо

больший спектр, чем в радиодиапазонах, LC-версия Wi-Fi, названная «Li-Fi», обладает огромным потенциалом для обеспечения гораздо более высоких скоростей передачи данных, нежели традиционный Wi-Fi [1].

В то время, как интерфейс Li-Fi для взаимодействия со светодиодами подсоединяется к светильнику, точка доступа осуществляет соединение с сетью локальной. Для передачи данных от источника света к конечному устройству используется диапазон видимого излучения, обратно же – инфракрасный диапазон. В таком варианте инфракрасным приёмником оборудуется либо сам источник света, либо точка доступа, находящаяся непосредственно рядом с ним. Клиентским устройством выступает либо адаптер, который подключается к ноутбуку или планшету, либо встроенный адаптер мобильного устройства. Последние решения, помимо множества полезных функций, включает в себя роуминг между источниками света, которые находятся в одной подсети [2].

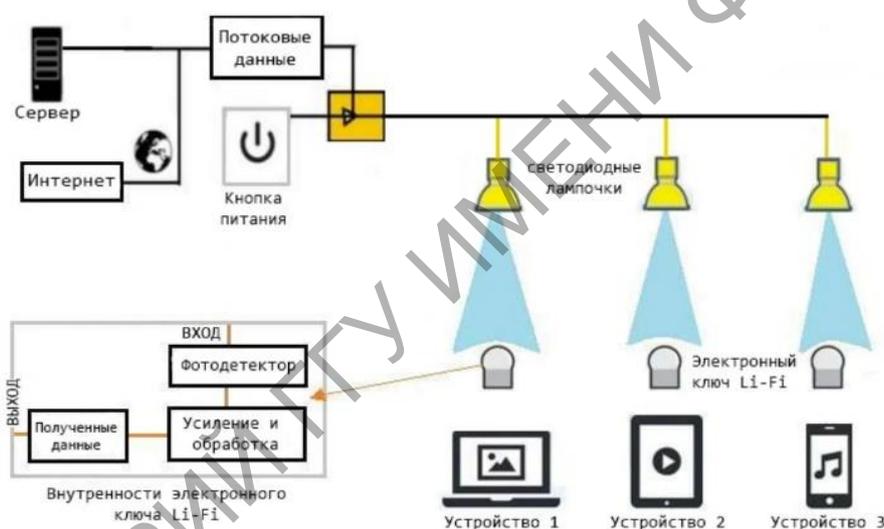


Рисунок 1 – Принцип работы Li-Fi

Li-Fi использует те же протоколы, что и Wi-Fi, но задействует волны видимого света, предлагая более широкую полосу пропускания. Стандартом для Li-Fi является IEEE 802.15.7, где описывается физический и средний уровень управления доступом, который включает в себя три отдельных физических уровня (PHY I, II и III) с различной пропускной способностью:

– PHY I ориентирован на работу вне помещений и обеспечивает скорость от 11,67 Кбит/с до 267,6 Кбит/с;

– PHY II работает в диапазоне скоростей от 1,25 Мбит/с до 96 Мбит/с;

– РНУ III работает с несколькими источниками излучения и использует метод модуляции под названием Color Shift Keyring (управление цветовым сдвигом, альтернативное наименование – Wavelength Shift Keyring (ключ со сдвигом длины волны)), а также обеспечивает скорость передачи данных в диапазоне от 12 Мбит/с до 96 Мбит/с [3–4].

В драфте на данный момент находится IEEE 802.11bb, в котором описан РНУ, который обеспечивает двунаправленные операции в диапазоне от 800 до 1000 нм, достигает минимальной и максимальной пропускной способности в 10 Мбит/с и 9,6 Гбит/с соответственно, как измерено в точке доступа к службе передачи данных MAC (SAP), и облегчает взаимодействие между источниками света с различной шириной полосы модуляции [5].

Управление цветовым сдвигом представляет собой схему модуляции на основе интенсивности света, поскольку модулированный сигнал приобретает цвет, равный физической сумме трех (красный, зеленый и синий) интенсивностей светодиода. Этот сигнал крайне быстро переходит от символа к символу в разных видимых цветах, таким образом CSK может быть истолкован как форма сдвига частоты. Однако данное изменение не может быть воспринято человеком из-за ограниченной чувствительности человеческого зрения. В ходе исследований были установлены так называемые «критический порог слияния мерцаний» и «критический порог слияния цветов», из-за которых не могут быть восприняты временные изменения короче 0,01 секунды. Таким образом, передача светодиодов предварительно настроена на усредненный по времени цвет с определенной временной константой, и человеческое зрение может воспринять только этот цвет, который кажется ему постоянным, но не может уловить цвет мгновенный [6].

Li-Fi как технология располагает рядом преимуществ, которые пусть и не выглядят конкурентными на фоне того же Wi-Fi, но всё же привлекают внимание. Это и низкая стоимость, и простота реализации, отсутствие лицензионных требований и отсутствие помех другим электромагнитным частотам. Li-Fi можно без проблем использовать в таких условиях, где радиодиапазоны запрещены (военные объекты, самолеты, медучреждения и т.д.). Так в 2019 году французской армией был проведён эксперимент по использованию Li-Fi для обеспечения защищённого канала связи между пехотными соединениями и бронетехникой с использованием светодиодных фонарей. Помимо этого, Li-Fi можно использовать для создания безопасной IoT-экосистемы. В мире, где к Интернету подключены миллиарды устройств, вопрос безопасности стоит крайне остро как для бизнеса, так и для потребителей. Li-Fi же может быть использован для подключения устройств

Интернета вещей. Таким образом данные будут безопасно передаваться в ограниченном пространстве, что снижает риск получения доступа к ним злоумышленника.

Из недостатков же можно отметить необходимость организации как массива сенсоров для приёма-передачи данных в клиентских устройствах, часто меняющих своё положение, так и массива точек доступа в условиях нескольких помещений, а также общую нишевость технологии на данном этапе. Однако тот факт, что работа над протоколами и стандартами для неё продолжается, даёт понять, что интерес к Li-Fi как к дополняющей Wi-Fi технологии есть.

### Литература

1. Khorov, E. Current Status and Challenges of Li-Fi - IEEE 802.11bb / E. Khorov, I. Levitsky // IEEE Communications Standards Magazine. – 2022. – Vol.6, №.2. – p. 35–41.

2. Литовченко, Д. «Легкие» сети / Д. Литовченко // Connect. Мир информационных технологий. – 2020. – №1-2. – С. 52–55.

3. Технология Li-Fi: безопасный и быстрый способ связи [Электронный ресурс] / Сообщество IT-специалистов Habr. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/435262> – Дата доступа: 21.03.2023.

4. Fuada. S. Prototyping the Li-Fi System Based on IEEE 802.15.7 PHY.II.1 Standard Compliance // S. Fuada, T. Adiono, F. Ismail, E. Setiawan // Journal of Communications. – 2020. – Vol.15, №6. – p. 519–527.

5. P802.11bb/D7.0, Mar 2023 - IEEE Draft Standard for Information Technology--Telecommunications and Information Exchange Between Systems Local and Metropolitan Area Networks--Specific Requirements - Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 7: Light Communications [Электронный ресурс] / Advancing Technology for Humanity. – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10063242>. – Дата доступа: 20.03.2023.

6. IEEE 802.15.7-2018 IEEE Standard for Local and metropolitan area networks--Part 15.7: Short-Range Optical Wireless Communications [Электронный ресурс] / IEEE SA Standarts association. – Режим доступа: <https://standards.ieee.org/ieee/802.15.7/6820>. – Дата доступа: 20.03.2023.