

ТЕХНОЛОГИЯ LI-FI КАК АЛЬТЕРНАТИВА WI-FI

В статье приведена краткая информация о перспективной технологии беспроводной связи, обеспечивающей высокую скорость передачи данных, использующей для этого модуляцию интенсивности светового потока светодиодных светильников либо отдельных светодиодов. Приведены примеры возможных применений технологии Li-Fi.

В. Макаренко

LI-FI TECHNOLOGY AS AN ALTERNATIVE TO WI-FI

Abstract – The article provides brief information about a promising wireless communication technology that provides high data transfer rates, using for this modulation of the light flux intensity of LED lamps or individual LEDs. Examples of possible applications of Li-Fi technology are given.

V. Makarenko

Учитывая нехватку спектральных ресурсов в традиционных беспроводных сетях, стало популярным создание систем связи в видимом свете (Visible Light Communication – VLC). Они обеспечивают высокую энергоэффективность, широкую полосу пропускания канала связи, высокую безопасность и не требуют лицензирования, что позволит им стать частью будущих беспроводных систем. Однако, традиционные стратегии построения сетей не всегда применимы к сетям VLC. Поэтому, для таких сетей предполагается использовать точки доступа с несколькими светодиодами, разработанные для гибридных систем связи LiFi-WiFi внутри помещений. Это позволит получить значительный выигрыш в пропускной способности внутренних сетей Wi-Fi с помощью комбинированных сетей.

Термин Li-Fi (Light Fidelity) был предложен профессором Харальдом Хассом из Эдинбургского университета. Light Fidelity – беспроводная технология связи при помощи видимого света. Как и любая оптическая беспроводная связь, Li-Fi использует оптическое излучение для передачи данных, преимущественно в видимом диапазоне спектра [1]. Светодиодные источники света идеальны для реализации технологии Li-Fi. Ток через светодиоды, используемые для передачи данных в Li-Fi, модулируется сигналами высокой частоты и поэтому человеческий глаз не замечает изменения яркости свечения светильников в виде мерцаний.

Одно из наиболее существенных преимуществ технологии Li-Fi заключается в очень высокой пропускной способности системы связи, построенной на ее основе. Это объясняется тем, что спектр видимого света на несколько порядков шире радиочастотного спектра.

Система связи Li-Fi может быть реализована с помощью светодиодных осветительных приборов (или отдельных светодиодов), которые нужно дополнить сигнальным процессором и специализиро-

ванным программным обеспечением. Как и Wi-Fi, данные, поступающие через интернет-маршрутизатор, передаются в сигнальный процессор, который и осуществляет модуляцию света. Фотоприемник преобразует световой сигнал в цифровой сигнал данных (рис. 1). Для организация двухсторонней связи в системе Li-Fi используется дополнительно инфракрасные светодиод и фотодиод в восходящем канале. Для организации нескольких независимых нисходящих каналов оптической связи можно использовать светодиоды разного цвета [2]. Теоретически достижимая скорость передачи данных в системе Li-Fi составляет более 200 Гбит/с.

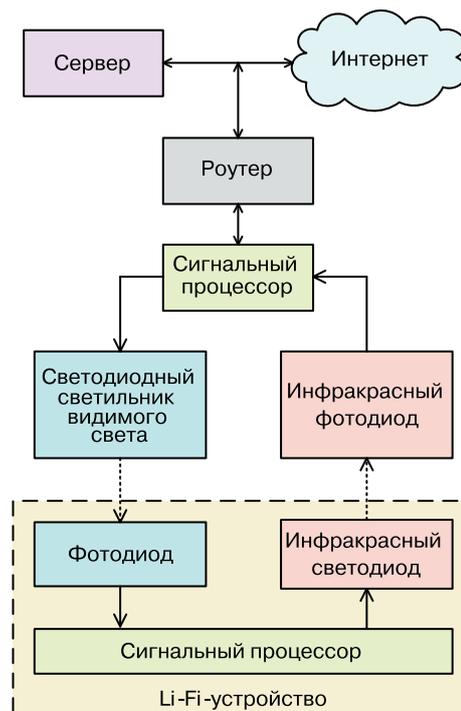


Рис. 1. Структурная схема системы связи Li-Fi с двухсторонней передачей данных

Использование света для создания высокоскоростной системы связи открывает доступ к огром-

ному нелицензированному диапазону частот за пределами традиционного радиочастотного спектра. Широкое использование систем светодиодного освещения позволяет использовать такую систему связи в любых помещениях со светодиодными светильниками

По словам Николая Серафимовски, председателя IEEE 802.11 Light Communication (LC) Task Group (TG), цель Тематической группы состояла в том, чтобы определить технические и экономические возможности, при использовании оптического диапазона для беспроводной связи, и сформировать технические спецификации [3].

Считается, что IEEE 802.11 является лучшим форумом для продвижения глобальных усилий по стандартизации для коммуникаций с производителями, операторами и конечными пользователями, возникающими в процессе стандартизации. Продвижение этой работы в TG поможет пользователям в домашних, корпоративных и промышленных средах, а также поможет производителям и операторам предоставлять общие компоненты и услуги для пользователей IEEE 802.11.

Разработка стандарта IEEE 802.11bb позволит заложить основу для внедрения продуктов массового рынка, используя систему светодиодного освещения, которая имеет глобальное развертывание и насчитывает миллиарды устройств.

Хотя в 2011 году опубликована первая версия стандарта для беспроводных компьютерных сетей, использующих видимый свет для передачи данных: IEEE 802.15.7-2011 – IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks – Part 15.7: Short-Range Wireless Optical Communication Using Visible Light [4], он не обеспечивает высокую скорость передачи данных.

Стандарт IEEE 802.15.7 определяет физический уровень (PHY) и уровень управления доступом к среде (MAC). Стандарт определяет три физических (PHY) уровня с разными пропускными способностями:

1. PHY I для наружного применения и обеспечивает скорость передачи данных от 11.67 до 267.6 Кбит/сек.

2. PHY II позволяет достигать скоростей передачи данных от 1.25 до 96 Мбит/с.

3. PHY III предназначен для множественных источников с определенным методом модуляции Color Shift Keyring (CSK), скорость передачи данных от 12 до 96 Мбит/с.

Поэтому и осуществляется разработка стандар-

та IEEE 802.11bb.

По прогнозам Cisco, число Интернет вещей (IoT) в 2020 году увеличится до 50 миллиардов подключенных устройств. Для обеспечения высокоскоростной связью одновременно большого числа пользователей наиболее подходящей технологией является связь в видимом диапазоне света. Это особенно актуально в условиях значительных электромагнитных помех. Такая технология может использоваться в больницах, супермаркетах, бизнес-центрах, пресс-центрах, на нефтехимических заводах, в самолетах и во многих других случаях. Кроме того, Li-Fi также будет использоваться для существенного улучшения внутренних беспроводных коммуникаций в жилых домах.

У технологии Li-Fi есть и другие преимущества. Одним из основных является повышенный уровень безопасности, связанный с тем, что свет не проникает сквозь стены. Еще одним преимуществом является повышение надежности сети. Li-Fi передатчики могут быть встроены в каждый светильник в комнате или в здании, тем самым устраняя узкое место структуры сети Wi-Fi. Эти качества делают Li-Fi особенно привлекательной альтернативой в случаях, когда сигналы Wi-Fi значительно ослабляются, или там, где использование Wi-Fi не разрешается (например, на атомных электростанциях), а также там где требуется быстрая и безопасная передача больших объемов данных (например, в больницах).

Поскольку Li-Fi приемники реагируют на изменения интенсивности света, то Li-Fi может работать при дневном освещении. При использовании Li-Fi во внутренних помещениях зданий не требуется прямой видимости между светильником и приемником оптического излучения, так как отраженный от стен и других поверхностей свет может также восприниматься приемником.

Но, как и в случае с любой технологией у Li-Fi также есть недостатки, наиболее заметным из которых является высокая стоимость внедрения, по крайней мере, на данный момент времени. Кроме того, дальность связи не превышает 10 м, в то время как для Wi-Fi до 32 м. Помимо этого, технология Li-Fi не обеспечивает связь в темноте или при отсутствии светодиодных светильников.

В последние несколько лет Li-Fi уже используется в ограниченном числе мобильных приложений. Наиболее известным из них является использование Li-Fi в больших торговых центрах с целью увеличения продаж путем предоставления купонов или другой рекламной информации. Связь является од-

носторонней и требует, чтобы мобильные телефоны покупателей могли принимать сигналы Li-Fi через специальное приложение.

Заметным выходом на рынок Li-Fi является недавно анонсированный набор систем от компании Signify (ранее Philips Lighting), получивший наименование Trulifi. Компания заявляет о скорости передачи данных до 150 Мбит/с при передаче данных от различных светильников к пользователю, а при фиксированной паре точка-точка – до 250 Мбит/с. Набор предназначен для включения в новые или модифицированные системы освещения Signify.

Недавно в пресс-центре стадиона немецкого футбольного клуба Гамбург [1] была установлена система освещения с использованием ламп серии Trulifi для обеспечения высокоскоростной связью журналистов. Каждому журналисту предоставляется модуль с USB-портом, который обеспечивает двустороннюю высокоскоростную связь с использованием технологии Li-Fi через светильники пресс-центра.

Хотя технология имеет много привлекательных функций, широкое распространение она пока не получила. Основным сдерживающим фактором является отсутствие отраслевого стандарта, работа над которым ведется в настоящее время [5, 6].

Для реализации системы Li-Fi необходимо следующее аппаратное обеспечение:

1. Светодиодная система освещения либо отдельные светодиоды.
2. Маршрутизатор, установленный вместе с системой освещения.
3. Приемник, который оснащен декодером с целью расшифровки светового сигнала.

Одна из последних разработок мобильных устройств, поддерживающих работу с системой Li-Fi – смартфон от компании Oledcomm, который работает под управлением ОС Android (рис. 2).

У смартфона имеется одна важная модификация: вместо фронтальной камеры в него встроен Li-Fi сенсор, который получает команды от светодиодных ламп, расположенных поблизости от смартфона, что позволяет просматривать на устройстве изображения и видеоролики.

Кроме того, компания продемонстрировала прототип компактного внешнего Li-Fi-приемника, который подключается к смартфону посредством 3.5-миллиметрового разъема. Такой приемник позволяет получать данные Li-Fi на устройствах, которые не оборудованы модулем. Компания Oledcomm планирует внедрять свою разработку в планшеты и



Рис. 2. Внешний вид смартфона от компании Oledcomm

смартфоны, что позволит расширить область применения технологии Li-Fi.

Следует учесть, что практически все, выпускаемые в настоящее время смартфоны и планшеты, способны принимать сигналы системы Li-Fi используя либо датчик освещенности, либо фронтальную камеру. Необходимо только установить на них специализированное программное обеспечение.

Приведем некоторые примеры возможных применений технологии Li-Fi.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МЕДИЦИНЕ

Особенность системы Li-Fi в том, что она не создает электромагнитные помехи для медицинского оборудования. К тому же эта технология не подвержена действию МРТ-сканеров. Эти факторы позволяют организовать систему высокоскоростной сети передачи данных в больницах и крупных медицинских центрах (рис. 3).



Рис. 3. Пример использования технологии Li-Fi в больнице

ОПАСНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Использование Li-Fi-технологии позволяет создать безопасную альтернативу системам связи с электромагнитным излучением на нефтехимических предприятиях.

Датчики, использующие технологию Li-Fi, могут определять положение человека в помещении с точностью до 30 см [7], что позволяет использовать их на промышленных предприятиях. Это дает возможность постоянно следить за безопасностью работников. Например, они могут обнаруживать, когда работники находятся слишком близко к потенциально опасному оборудованию. На основе данных и функциональных возможностей подключенной системы освещения управляющее программное обеспечение интеллектуального промышленного объекта может использовать систему связи Li-Fi для оповещения работников путем отправки звуковых или вибрационных сигналов, предупреждающих об опасности, а также для отключения или автономного перемещения оборудования, если это возможно.

ШАХТЫ И ТУННЕЛИ

Система связи в видимом свете могут широко использоваться в подземных шахтах для поддержки надежной связи благодаря своим преимуществам по сравнению с Wi-Fi. К этим преимуществам можно отнести низкое энергопотребление, широкий диапазон частот (430...790) ТГц, более высокие скорости передачи данных и малое количество требуемого оборудования. Если учесть, что радиоволны быстро затухают (если подземные выработки имеют изгибы или ответвления) и не позволяют обеспечить надежную беспроводную связь, то альтернативы для беспроводной связи с помощью света просто нет. Даже с учетом запыления в шахтах при небольших расстояниях между источником света и приемником будет обеспечиваться надежная оптическая связь (рис. 4). Такую систему связи можно использовать как для сбора данных с различных датчиков, так и для предупреждения об опасности.



Рис. 4. Использование технологии Li-Fi в шахтах

Аналогичные системы можно использовать в

протяженных туннелях, в поездах метро и во многих других случаях.

КОММУНИКАЦИИ ПОД ВОДОЙ

Вследствие сильного поглощения сигнала применение радиосигналов в воде нецелесообразно. Акустические сигналы отличаются низкой скоростью передачи данных, к тому же тревожат морских животных. Использование Li-Fi-технологии позволяет успешно решать данные проблемы для связи на небольшом расстоянии (рис. 5).



Рис. 5. Использование технологии Li-Fi для подводной связи

АВИАЦИЯ

Технология Li-Fi может быть задействована с целью уменьшения длины проводки, снижения веса, повышения гибкости в установке оборудования, а также сидений пассажирского салона, в которых уже установлены LED-светильники. Система развлечений на борту сможет поддерживаться и взаимодействовать с устройствами пассажиров (рис. 6).



Рис. 6. Использование технологии Li-Fi в самолетах

ТРАНСПОРТ И ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

На сегодняшний день уже производятся вывески и светофоры, уличные светильники, задние фонари и фары, где применяются LED-лампы. Благодаря этому может быть обеспечена коммуникация между дорожной инфраструктурой и автомобилями в системах управления дорожным движением, а также обеспечения безопасности.

Мониторинг погоды в настоящее время выполняется дорожными профессиональными метеостанциями. Они собирают информацию и могут обрабатывать данные, каталогизировать статистику погоды и даже предоставлять прогнозы относительно ожидаемых условий в ближайшем будущем. Однако у этих сообщений есть ряд недостатков: они носят общий характер, они не могут быть детализированы для определенных небольших участков местности, и информация не попадает к водителям, если она предоставляется в короткие интервалы времени. Применение новых интеллектуальных автомобилей с возможностью связи между ними позволяет установить недорогие датчики, измеряющие параметры окружающей среды, на каждом автомобиле. Периодически регистрируя параметры окружающей среды и положение с помощью системы GPS, система контроля автомобиля может с помощью технологии Li-Fi отправлять эту информацию всем автомобилям в зоне доступности и информировать водителей о рискованных ситуациях на дороге, о положении движущего впереди транспорта, скрытого от водителя, и о многом другом.

Во многих городах пытаются справиться с проблемами, вызванными возросшим трафиком транс-

порта. В будущем, когда беспилотные транспортные средства заменят нашу нынешнюю систему дорожного движения, основанную на управлении транспортом людьми, интеллектуальная система дорожного движения позволит обеспечить связь между автомобилями и их транспортной средой. Обычно это называется технологией V2X. Используя Li-Fi, систему связи видимого света, автономные автомобили смогут обмениваться информацией между собой и с транспортной сетью, чтобы не допускать ошибок, которые может допустить во время вождения человек. Система на основе Li-Fi дополняет существующие автономные системы, которые используются в автомобилях, такие как радар, LIDAR или видеокамеры. Используя световые импульсы можно отправлять уникальные сигналы от каждого светофора, знака и автомобиля.

На рис. 7 приведен пример дорожной инфраструктуры связи с использованием нескольких технологий.

ИГРУШКИ

Светодиоды сегодня активно применяются во многих игрушках, благодаря чему может быть построена недорогая система связи между интерактивными игрушками.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СЛУЖБЫ

Локальные и высокоточные информационные службы, к примеру, реклама и навигация. Они обеспечивают людей точной информацией, которая связана с конкретным местом и временем. Возможно применение в госучреждениях, банках и других объ-

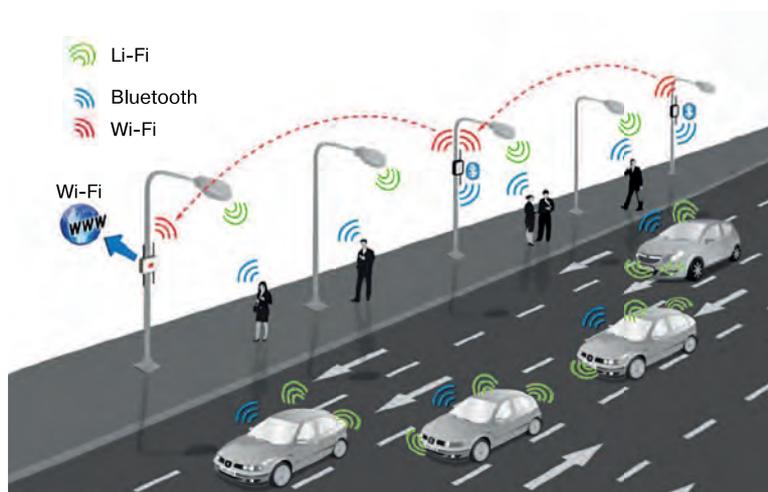


Рис. 7. Дорожная инфраструктура связи с использованием нескольких технологий

ектах, то есть там, где важна безопасность и высокая скорость передачи информации.

ПРИМЕНЕНИЕ В БЫТУ

Планируется, что в будущем светодиодные лампы будут сразу выполнять две функции: освещать помещение и создавать беспроводную коммуникационную сеть, которая позволит подключаться к устройствам и к сети Интернет (рис. 8).



Рис. 8. Примеры применения технологии Li-Fi в быту

ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

При ликвидации последствий стихийных бедствий, таких как землетрясения, наводнения или ураганы, когда разрушены многие объекты инфраструктуры, для спасения людей и восстановления разрушенных объектов необходима надежная беспроводная связь. Такую связь можно организовать с помощью технологии Li-Fi.

Если модули Li-Fi установить на воздушные шары и сформировать из них сеть, то можно на ограниченной территории обеспечить высокоскоростную связь.

Компания Signify, ранее известная как Philips Lighting и выпускающая "умные" лампочки под маркой Hue, анонсировала новую модель ламп Truelifi. Они поддерживают передачу данных Li-Fi и могут обеспечивать передачу данных на планшеты и смартфоны со скоростью до 150 Мбит/с [7]. Эта скорость передачи данных выше, чем в среднем обеспечивают сети 4G и Wi-Fi. Линейка устройств Truelifi будет включать как непосредственно из приборов освещения с функцией передачи данных, так и трансиверов, которыми можно дооснастить уже

имеющиеся лампы. Технология также может использоваться для беспроводного соединения двух точек со скоростью передачи данных до 250 Мбит/с.

Для подключения к сети Li-Fi разрабатываются специализированные модули (рис. 9), которые позволяют подключать любые устройства, оснащенные интерфейсом USB (рис. 9).



Рис. 9. Специализированный модуль PureLiFi для подключения к сети Li-Fi через порт USB

Из проведенного краткого обзора следует, что применение технологии связи Li-Fi во многих случаях позволит обеспечить высокоскоростную надежную связь различных устройств между собой. Путем использования специализированных модулей можно будет подключать устройства, не имеющие встроенных элементов для оптической коммуникации, к сети Li-Fi. Комбинация нескольких технологий совместно с Li-Fi позволит значительно расширить возможности беспроводных систем связи как в общественных местах, так и в быту.

ЛИТЕРАТУРА

1. Yoelit Hiebert Li-Fi: An attractive alternative to Wi-Fi // EDN Network, November 14, 2019.
2. <http://www.irisprojects.com/ieee-2018-2019-project-titles-on-lifi/>.
3. http://www.ieee802.org/11/Reports/tgbb_update.htm.
4. <http://www.ieee802.org/15/pub/SG7a.html>.
5. <https://beyondstandards.ieee.org/?s=802.11bb>.
6. LiFi standardization: LiFi as the IEEE starts working on standardization // <https://www.i-scoop.eu/lifi-market-ieee-lifi-standardization/>.
7. <https://www.signify.com/global/search?query=LiFi&page=1>.