«Легкие» сети

Дмитрий ЛИТОВЧЕНКО,
сетевой инженер, CompTek

Аббревиатура Li-Fi (Light Fidelity) используется (по аналогии с привычной всем Wi-Fi) для обозначения двунаправленной высокоскоростной беспроводной технологии. Термин Li-Fi был придуман Харальдом Хаасом – профессором Эдинбургского университета. Этот вид передачи данных использует видимый свет в открытом пространстве без волновода как канал связи в отличие от радиоволн в сетях Wi-Fi. Таким образом, Light Fidelity принадлежит к коммуникационным технологиям VLC (Visible Light Communication – связь по видимому свету).

Связь по свету

Li-Fi – это высокоскоростные сети, использующие инфракрасный (ИК) диапазон спектра и диапазон видимого излучения. Изначально развитие Li-Fi предполагалось в рамках IEEE 802.15.7, однако рабочая группа по этому стандарту прекратила свою работу.

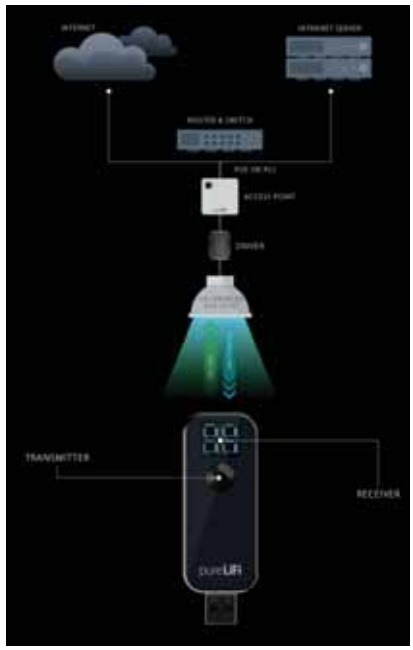
Максимальная канальная скорость, определенная в стандарте, составляет 96 Мбит/с. Для раскрытия полнодуплексной передачи с помощью света потребовались новые решения и новые стандарты. Все существующие на данный момент на рынке решения используют проприетарные технологии.

Исследователи работают над более эффективными методами модуляции сигнала для Li-Fi-сетей и предлагают различные «обертки» из стека протоколов, которые добавляют модель каналов, защиту от интерференции, описывают связь с сетевыми протоколами и интеграцию в существующие сети беспроводной связи.

Отметим также, что дальнейшая стандартизация Li-Fi ведется рабочей группой IEEE 802.11bb (не путать с 802.11b). Более 20 лет стандарт 802.11 описывал локальные беспроводные сети (WLAN), работающие в радиочастотном диапазоне, а теперь он расширил круг своих интересов и до видимого излучения.

Схема Li-Fi-сети

Рассмотрим наиболее распространенную схему Li-Fi-сети, предлагаемую известными производителями оборудования.



Точка доступа Li-Fi подключается в локальную сеть, а ее интерфейс для взаимодействия со светодиодами подсоединяется к светильнику. Для загрузки (Downlink – канал связи от светильника к клиентскому устройству) используется диапазон видимого излучения, для Uplink (канал связи от клиентского устройства к светильнику) – ИК-диапазон.

Для этого светильник должен быть оборудован ИК-приемником либо необходимо монтировать точку доступа с интегрированным ИК-приемником рядом со светильником. В качестве клиента выступает совместимый с USB 2.0 адаптер, который подключается к ноутбуку или планшету. Современные решения предусматривают роуминг между сотами (светильниками), которые находятся в одной подсети.

Текущее состояние рынка Li-Fi

Индустрия Li-Fi сегодня представлена следующими значимыми вендорами: PureLiFi, Signify, Oledcomm, VLNComm, Panasonic.

PureLiFi

Эта компания готова предложить полноценное решение для Li-Fi-сети, состоящее из точки доступа (PureLiFi XC Access

Point) и абонентского устройства (PureLiFi XC Station), совместимого с USB 2.0.

Последнее поколение устройств, выпущенное в 2018 г., называется XC и способно обеспечивать связь на скорости до 43 Мбит/с полного дуплекса. При этом драйверы для абонентского устройства есть под все популярные ОС: Windows 10, Mac OS, GNU/Linux.

Особенности точки доступа:

- одна точка поддерживает до восьми одновременно подключенных клиентов;
- возможность изменения мощности светового потока без потери передачи данных;
- поддержка широкого спектра светильников;
- проприетарный протокол роуминга;
- WPA2-Personal/WPA2-Enterprise аутентификация.

Signify

Компания Signify предлагает набор решений под общим названием Trulifi, которые разработаны как для сетей типа «точка – многоточка», так и «точка – точка».

Система Trulifi может быть легко интегрирована в существующую инфраструктуру светильников, однако есть возможность приобрести светильники от производителя с интегрированными оптическими трансиверами. Заявленная скорость для сетей «точка – многоточка» и «точка – точка» составляет 150 Мбит/с и 250 Мбит/с соответственно.

Trulifi поддерживает роуминг, также заявлена возможность одновременного просмотра до 30 FullHD видео с одной точки доступа.

Решение состоит из оптического трансивера Trulifi-6002 Plug-In Optical Transceiver, Li-Fi-совместимых светильников и USB клиентского устройства.

Oledcomm

Основное решение, предлагаемое компанией, – LiFiMax

Trulifi-6002

Trulifi клиентское устройство

Интеграция Trulifi абонентского устройства в спинку кресла в транспорте

LiFiMax Access Point

LiFiMax Dongle

Access Point и LiFiMax Dongle. Заметим, что в этом решении отсутствуют светодиодные светильники, а в качестве основного приемопередающего устройства используется точка доступа, работающая в ИК-диапазоне. Точка доступа поддерживает 16 одновременных соединений и обеспечивает Downlink до 100 Мбит/с.

Также на основе Li-Fi компанией Oledcomm создано решение GEOLiFi – система позиционирования устройств. Компоненты решения:

- GEOLiFi совместимые светодиодные светильники;
- GEOLiFi передатчик;
- GEOLiFi планшет с интегрированным фотосенсором (Android);
- приложение позиционирования для планшета.

VLNComm

Эта компания предлагает светодиодные светильники собственного производства LumiNex со встроенной точкой доступа и ИК-приемопередатчиком, а в качестве клиента выступает Lumi Stick – совместимый с USB 2.0 адаптер.

Точка доступа поддерживает до 15 одновременных соединений и обеспечивает Downlink и Uplink на скорости 70 и 60 Мбит/с соответственно. Для передачи от точки доступа к клиенту могут использоваться как светодиоды, так и ИК-интерфейс, т. е. передача данных возможна при выключенном освещении.

Panasonic

Panasonic использует технологию LinkRay, основанную на Li-Fi. LinkRay работает только в одну сторону – смартфон считывает информацию. Такая схема передачи схожа с распознаванием QR-кодов. LinkRay позволяет обычному смартфону считывать ID, которые передаются светодиодными передатчиками (дисплеи, указатели, точечные светильники производства Panasonic). Чтобы считать ID, на смартфоне необходимо установить приложение LinkRay и навести камеру на источник излучения.

Производитель подтверждает совместимость многих моделей смартфонов (https://panasonic.net/cns/LinkRay/#LinkRaySupport), например, практически все современные модели от Apple совместимы.

Основным преимуществом LinkRay перед QR-кодами, которые распознает камера смартфона, является возможность считывания ID с большего расстояния и в местах с высокой плотностью людей. После того как ID (чаще всего это ссылка на сторонний ресурс) будет получен с помощью LinkRay, дальнейшая передача данных происходит другими доступными клиентскому устройству методами (Wi-Fi, мобильная сеть).

LinkRay предполагается применять в торговых центрах, на выставках и для навигации на транспорте.

Преимущества технологии

Li-Fi работает в частотном диапазоне видимого и ИК-излучения. Из этого следует два значимых плюса. Li-Fi не интерферирует с устройствами, работающими в сантиметровом диапазоне, т. е. с Wi-Fi. Другими словами, Li-Fi-сеть и подключенные клиенты не будут занимать среду передачи Wi-Fi и замедлять работу сети. Кроме того, использование видимого излучения открывает возможности для высокоскоростной передачи, так как частотный спектр видимого излучения значительно шире (почти на шесть порядков), нежели спектр, выделенный под Wi-Fi-устройства.

Современные решения позволяют осуществлять передачу данных даже при отсутствии освещения, что достигается либо путем снижения мощности светового потока светодиодов до уровня, когда человеческий глаз не распознает свет, но передача данных возможна, либо с помощью ИК-интерфейса.

Шум от сторонних источников, например от солнца, не сказывается на работе Li-Fi. PureLiFi заявляет о стабильной работе клиентского устройства при освещенности в 77 тыс. люксов, что сопоставимо с работой под прямыми лучами солнца в ясный день.

Li-Fi приписывается много достоинств, но являются ли они конкурентными? Рассмотрим это на следующих примерах.

Высокая скорость передачи

Из имеющихся сегодня на рынке решений максимальную скорость передачи предлагает Signify – до 150 Мбит/с при подключении к точке доступа одного клиента. Приблизительно такая же скорость достигается при использовании Wi-Fi-сети, состоящей из точки доступа и клиентского устройства и работающей на канале 40 МГц с поддержкой двух пространственных потоков.

Безопасность

Свет не проходит через стены, поэтому к Li-Fi-точке доступа нельзя подключиться из соседней комнаты или удаленно собрать передаваемый трафик. Хотя это и является преимуществом, существующие Li-Fi-продукты используют набор протоколов безопасности WPA2-Personal/WPA2-Enterprise – тот же самый протокол, который применяется в Wi-Fi. Такой набор протоколов успешно обеспечивает безопасность Wi-Fi-сети и позволяет делать ее столь же защищенной, как и проводное подключение.

Простота внедрения

Наличие большого количества светильников не означает простоту внедрения Li-Fi. Имеющиеся решения можно разделить на две группы: светильник уже имеет встроенную точку доступа Li-Fi; точка доступа подключается отдельно к каждому совместимому светильнику. В первом случае необходимо монтировать целый парк новых светильников, во втором – точки доступа в надежде, что светильники будут совместимы (иначе см. первый случай).

Уменьшение нагрузки на Wi-Fi-сети

Поскольку технология Wi-Fi насчитывает более двух десятков лет, на рынке труда много квалифицированных инженеров, которым хорошо известны принципы проектирования Wi-Fi-сетей для условий высокой плотности пользователей. Комплексный и последовательный подход к проектированию Wi-Fi-сети снимает необходимость в увеличении ее емкости с помощью Li-Fi.

Низкие задержки

Li-Fi обещает низкие задержки при передаче данных. Производитель VLNComm сообщает о задержках в сети, построенной на их оборудовании, менее 1 мс. Столь низкие задержки при передаче данных – очень интересная особенность, применение которой пока сложно найти. Самые требовательные к задержкам и их вариациям приложения – голос и видео – успешно передаются в Wi-Fi и мобильных сетях. Более того, чаще всего то, что называют требовательным к задержкам, на самом деле требовательно к их равномерности, что еще сильнее уменьшает необходимость в этом «преимуществе».

Li-Fi безопасен для использования в медицине и авиации

Это действительно так, однако сети Wi-Fi также не создают помех медицинскому оборудованию (ни в диапазоне 2.4 ГГц, ни в 5 ГГц), потому что работают в другом диапазоне частот. Сервис Wi-Fi на борту гражданского самолета уже не вызывает удивления и предлагается большинством крупных авиаперевозчиков, потому что бортовое оборудование сейчас может быть успешно изолировано от интерференции с сетями Wi-Fi.

Недостатки Li-Fi

Приемопередатчики на клиентских устройствах

Во всех существующих реализациях клиентское устройство расположено на горизонтальной поверхности, сенсор с углом обзора в 100–120° направлен в потолок. Смартфон при эксплуатации значительно меняет свое положение в пространстве, поэтому необходимо интегрировать в его корпус более одного сенсора для уверенного приема сигнала в различных положениях.

Экспертами рассматриваются различные варианты установки сенсора на клиентское устройство, которое на протяжении экспериментов находится в положении как при телефонном разговоре (см. статью https://mentor.ieee.org/802.11/dcn/18/11-18-1236-01-00bb-ieee-802-11bb-reference-channel-models-for-indoor-environments.pdf). Понятно, что в таком положении хватит и одного сенсора на верхней кромке смартфона, однако понадобится еще как минимум два сенсора на фронтальной и тыльной сторонах устройства для работы на горизонтальной поверхности.

> Li-Fi обещает низкие задержки при передаче данных.

Отсутствие клиентских устройств

Главный минус сетей Li-Fi вытекает из отсутствия весомых конкурентных преимуществ и нишевости данной технологии.

Стандартизация

Рабочая группа по 802.11bb предлагает изменения в стандарте 802.11, которые позволят реализовать передачу в видимом диапазоне излучения. Для этого необходимо пересмотреть физический и канальный уровни передачи данных.

На канальном уровне вносятся изменения в метод доступа к среде (в HCF), а также рассматривается вопрос пересекающихся зон покрытия сервиса Li-Fi и Wi-Fi и роуминга. На физическом уровне предлагается использовать ортогональное частотное разделение каналов с множественным доступом (OFDMA), известное из LTE и Wi-Fi 6 (802.11ax).

Текущая версия стандарта – 0.1. То есть процесс работы начался сравнительно недавно, и нам еще представится возможность увидеть дальнейшие метаморфозы сетей Li-Fi. ■