

# Li-Fi.

## Сегодняшние мифы и грядущие реальности

**Стремительное развитие оптической телекоммуникации в виде суперсовременной версии мобильной связи Li-Fi вынуждает вновь обратиться к этой непростой теме. Основное внимание в предлагаемой статье уделяется истории развития и возможным будущим применениям этой инновационной технологии.**

*Понимание вообще не приходит без усилия.  
Без усилия приходят только заблуждения.*

**А. А. Зиновьев**

**Олег Зотин**  
o\_zotin@mail.ru

### Преамбула

*А я все жду условленного светоча,  
Столба огня, который возвестит, взывав,  
Что пала Троя.*

**Эсхил. Орестея. Пер. С. Анта**

Как известно, передача световых сообщений была востребована еще в античном мире. Так, заранее обусловленное сообщение о падении Трои было послано правителем Микен Агамемноном в свою столицу цепочкой зажигаемых огней через Эгейское море [1]. Стихотворное описание этого события с наименованиями дежурных постов с сигнальными кострами (рис. 1) было дано Эсхилом в трагедии «Орестея» в 458 г. до н. э. По всей видимости, именно этот текст, наряду с «Илиадой» Гомера, и привел Генриха Шлимана к сокровищам троянского царя Приама.

Сочетание дальнего действия и быстрого действия светового луча обеспечило большую

популярность визуальной коммуникации (Visual Light Communication, VLC) в течение истории цивилизации. Непредвзято рассматривая эволюцию VLC, подробно разобранный в [2], легко заметить, что подавляющее число инноваций в VLC было связано с применением ее в военных целях. Светосигнальные башни на Кавказе, в Альпах, на Ближнем Востоке, в Тибете и на Великой Китайской стене; гелиографическая светосигнализация; морские светосигнальные прожектора, атмосферные и заатмосферные оптические линии связи (free-space optics, FSO) и т. д., и т. п. обязаны своему развитию, в основном, интересам военной связи.

Зарождение же и прогресс технологии Li-Fi, так же, как и многих современных беспроводных сетей, пока подпитывается по большей части «гражданскими» потребностями. Действительно, даже в отчете по исследованиям и разработкам твердотельных



Стив Каттс. Привязанность

источников света Министерства энергетики США (Department of Energy, DOE) [3, 4], известного своими эксклюзивными связями с ВПК, упор сделан на применении Li-Fi в качестве широкодоступного быстрогодействующего канала связи. При этом полагается, что Li-Fi позволит каждому пользователю мобильного (и немобильного) гаджета получать необходимую ему (или ему навязываемую) информацию через световые точки доступа, в качестве которых будут выступать светодиодные светильники.

Впрочем, в переориентировании вектора технического прогресса на гражданские нужды уже нет ничего удивительного: с провозглашением общества потребления становится все сложнее подзаработать на поставках сырья для военной промышленности (чем занимался тот же Шлиман в Санкт-Петербурге во время Крымской войны) или же на поставках оружия и систем вооружения, и инвестиционному капиталу приходится искать другие цели. Одна из таких возможных целей и является предметом нашего рассмотрения.

## Li-Fi. Мифы

*...реальность общества имеет мало общего с нашей официальной его концепцией и со всем тем, что о нем можно узнать из средств массовой информации, литературы, кино и науки.*

*А. А. Зиновьев. Глобальный человек*

### Миф № 1. Предшественники Li-Fi

Мифологизация Li-Fi началась с реанимации и переименования популярной в 1990-х годах инфракрасной технологии передачи данных IrDA (InfraRed Data Association), применявшейся для беспроводной связи компьютеров с периферийными устройствами. Как известно, IrDA потерялась в свое время на фоне успешных беспроводных радиотехнологий Wi-Fi и Bluetooth, а затем и ZigBee.

Бурно развивающееся со старта XXI в. твердотельное освещение (Solid State Lighting, SSL) обеспечило возможность модуляции излучения источников видимого света — светодиодов, используемых в утилитарных светильниках. В связи с этим вполне логичным выглядит и заимствование в новой технологии наработок, опробованных в IrDA. Наиболее продвинутый вариант инфракрасной технологии UFIR (Ultra Fast Infrared) достиг в свое время скорости 100 Мбит/с, что внушало определенный оптимизм в отношении старта этого своеобразного ребрендинга. В качестве же «великого» предшественника технологии было выбрано не самое удачное и практически забытое изобретение Александра Белла, известного инноватора в области телефонии, а именно его фотофон (1880 г.). Передатчик фотофона представлял собой отражатель на телефонной мембране, свет от него воспринимался селеновым фотоприемником (рис. 2). Как известно, Белл считал это изобретение одним из важнейших в его жизни. По прошествии времени стало очевидным, что фотофон был одной из первых попыток



Рис. 1. Линия светосигнальной связи Троя—Афон—Эвбея—Микены, около 1200 г. до н.э.

введения автоматической модуляции яркости светового луча, и его с большой натяжкой удалось назначить прародителем Li-Fi.

### Миф № 2. О технической сути Li-Fi

Отец-основатель технологии Li-Fi, профессор Харальд Хаас, рекламируя ее светлое будущее, утверждал, что «важнейшие» современные человеческие потребности в хорошем освещении и в доступе к Интернету можно будет реализовать через один девайс — лампочку. «Все, что нам нужно сделать, — это установить микрочип

в каждое устройство освещения, что и позволит объединить две базовые функции: освещение и беспроводную передачу данных, — уверяет Хаас. — В будущем мы будем иметь не 14 млрд лампочек, а 14 млрд Li-Fi-роутеров по всему миру». Более того, Хаас считает, что Li-Fi станет ключевой технологией для III промышленной революции. Такие рекламные ходы хороши для краудфандинга в целях поддержания инновационного стартапа, однако они весьма далеки от понимания насущных проблем, стоящих перед развивающейся технологией.

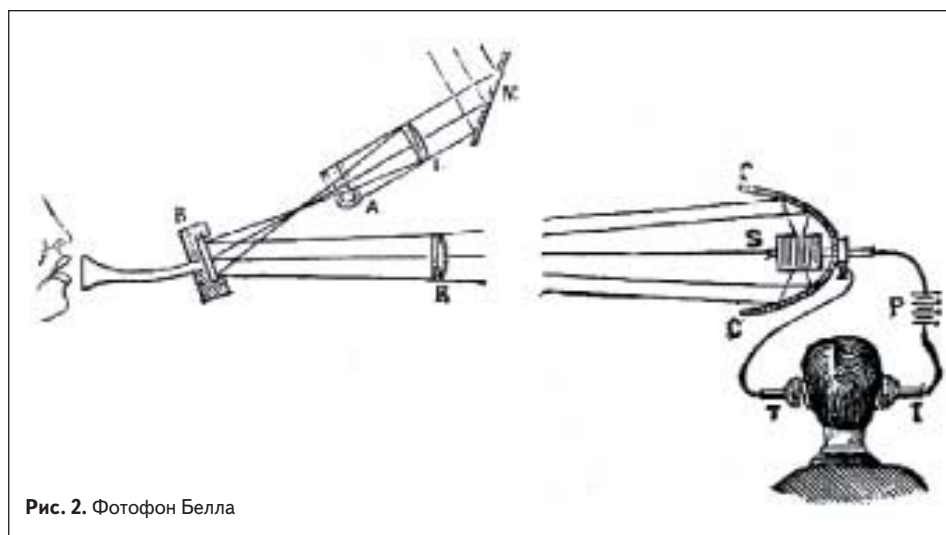


Рис. 2. Фотофон Белла



Рис. 3. Некоторые возможности Li-Fi в закрытом помещении

В действительности для успешного внедрения технологии Li-Fi недостаточно только такой простой модернизации светильников. Необходимо, в первую очередь, усовершенствовать собственно «белые» светодиоды, применяемые для освещения, поскольку их инерционные люминофоры препятствуют высокочастотной модуляции излучения. Разработка инновационных люминофоров, обладающих минимальным временем послесвечения, уже идет полным ходом. Впрочем, если применять «холодные» светодиоды, в которых излучение голубого кристалла ослабляется люминофором незначительно, то этой проблемой, в первом приближении, можно пренебречь.

Кроме того, как нетрудно догадаться из рассмотрения рис. 3, в структуре даже простейшей

сети Li-Fi должно быть предусмотрено подключение драйверов светильников к высокоскоростной сети передачи данных.

В «умном доме» (музее, выставке) это может быть Ethernet или Power over Ethernet (POE). В «умном городе», при наличии видеонаблюдения и других источников полновесного контента, эта роль может быть возложена на волоконно-оптическую линию связи (ВОЛС). Там же, где современные высокочастотные каналы связи по разным причинам отсутствуют, придется довольствоваться теми каналами связи, которые обеспечивают функционирование «умных» сетей (Smart Grid). Например, в сети интеллектуального наружного освещения (рис. 4) применима передача данных по радиоканалам ZigBee и Bluetooth и даже непосредственно по силовой сети (Power Line Communication,

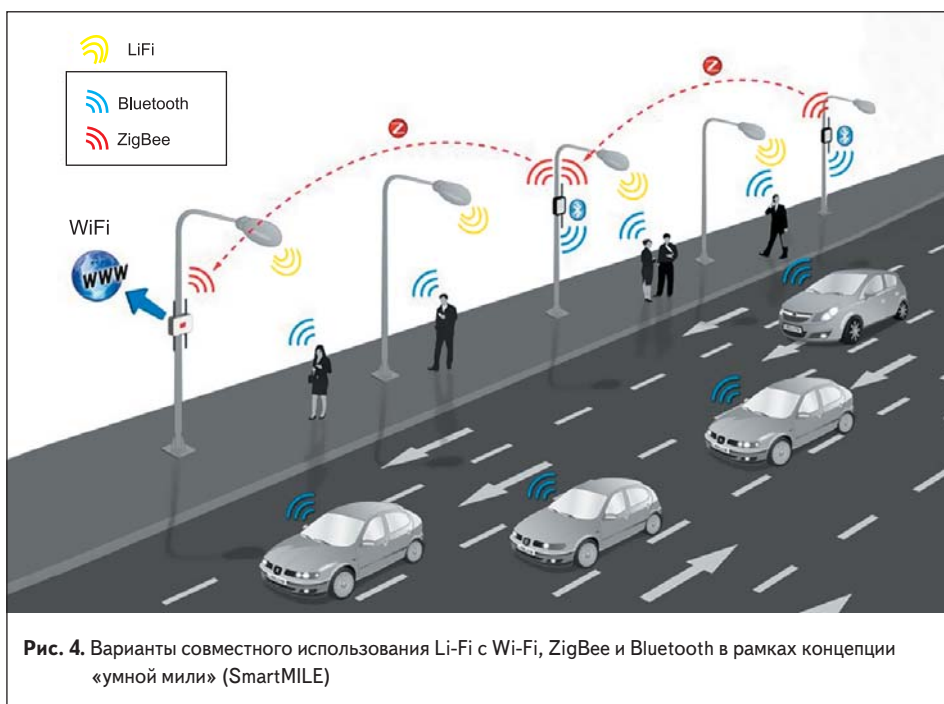


Рис. 4. Варианты совместного использования Li-Fi с Wi-Fi, ZigBee и Bluetooth в рамках концепции «умной мили» (SmartMILE)

PLC) с выходом на Wi-Fi. При этом необходимо учитывать, что распространенные PLC-стандарты G3 и PRIME имеют скорость передачи в несколько десятков кбит/с, которая позволит передавать, по всей видимости, только текстовые сообщения.

Следует также отметить, что Li-Fi, как и другие способы передачи информации световым лучом, весьма чувствительна к состоянию атмосферы. При необходимости связи в условиях плохой видимости приходится прибегать к дублированным вариантам сигнализации, построенным на других физических принципах. В начале развития VLC это были устройства звуковой сигнализации — колокола, наутофоны (ревуны), сирены, гудки и пр. С изобретением радио появились различные гибридные радиооптические системы. Практически все предлагаемые реализации Li-Fi, как правило, сочетаются с Wi-Fi — наиболее распространенным вариантом «конечной» связи с мобильными гаджетами, обладающим достаточно скоростным выходом в сеть.

Таким образом, скорее всего роль Li-Fi в мобильных сетях связи в наибольшей степени может проявиться там, где есть потребность в полновесном контенте для мобильных устройств.

**Миф № 3. О свободе и о рекламе**

Необходимо учитывать, что получение свободного доступа к видеоконтенту с разрешениями HD, Full HD и выше в высокоскоростных сетях неизбежно будет означать и открытость по отношению к навязыванию рекламной информации, что мы можем наглядно наблюдать в современных поисковых системах и социальных сетях. Более того, в упомянутом отчете DOE [3] подчеркивается, что важнейшим стимулом для дальнейшего прогресса Li-Fi будет увеличение доходов супермаркетов при внедрении Li-Fi-рекламы в сочетании с гибридной Li-Fi+Wi-Fi-навигацией. Действительно, возможность определения местоположения владельца смартфона с выдачей целевой контекстной рекламы и индивидуально под него сформированной информации приводит пользователя в состояние определенной зависимости (привязанности) к сети Li-Fi, что рассматривается разработчиками этой технологии и маркетологами как яркий ход для привлечения инвесторов.

**Миф № 4. Об информационной безопасности**

Считается, что Li-Fi обладает существенно лучшей информационной безопасностью, поскольку, в отличие от радиоволн, распространение света легко канализируется при передаче в открытом пространстве, а при работе в помещении «световую утечку» легко предотвратить с помощью светонепроницаемых штор. Однако, учитывая то, что Li-Fi в любой большой системе является лишь частью сети передачи данных, некоторое улучшение информационной безопасности в локальных зонах может оказаться существенным только в совершенно определенных случаях, один из которых описан ниже.

## Li-Fi. Грядущие реальности

...будущее есть кладбище  
несбывшихся надежд прошлого.

А. А. Зиновьев. *Глобальный человек*.

### Li-Fi. Быстрый Интернет и дополненная реальность

Li-Fi привлекает все большее внимание для обеспечения услуг Интернета, поскольку позволяет преодолеть наиболее узкое место с точки зрения пропускной способности в современном Интернете, а именно — загрузку весомого видеоконтента. Технология Li-Fi сможет обеспечить высокоскоростную одно-, а в недалеком будущем, возможно, и двунаправленную мобильную связь, во многом аналогичную Wi-Fi, но более скоростную и безопасную.

По сравнению с Wi-Fi технология Li-Fi позволяет увеличить пропускную способность в несколько десятков раз. Недавнее тестирование одного из вариантов технологии показало результат 1 Гбит/с. Теоретический же предел скорости находится на уровне 200 Гбит/с.

Li-Fi можно рассматривать также в качестве одной из технологий, которая в состоянии генерировать дополненную, а точнее говоря, расширенную реальность (Augmented Reality, AR) с довольно высокой степенью достоверности, в которой объекты, находящиеся в поле зрения пользователя, оперативно могут быть дополнены информацией, полученной из Сети. Это дополнение может представлять собой текстовые, фото- или даже видеоблоки информации. Наиболее известным и скандальным примером применения методов расширенной реальности в развлекательных целях является модная с недавних пор игра «Поймай покемона» (Pokemon Go).

Тем временем уже сделаны первые шаги «лайфаизации», а именно — создан первый британский Li-Fi учебный класс в г. Кент, построен первый Li-Fi бизнес-центр в Париже, там же проходит Li-Fi-модернизация станций подземки. Видимо, не за горами и «лайфаизированные» поселки, районы и города.

### Li-Fi в военной связи

Согласно сведениям, просочившимся в открытую печать, в США начаты разработки вариантов технологии Li-Fi для обеспечения связи корабль–корабль и корабль–берег. Известно также, что прорабатывается вариант подводной Li-Fi связи.

Возможное принятие на вооружение ВМС США спецварианта технологии Li-Fi в какой-то степени возвращает нас к временам использования сигнальных прожекторов в морских войнах в XX веке (рис. 5). Современные все возрастающие потребности ВМС в скорости скрытой связи во много раз превосходят возможности светосигнальных прожекторов с электромеханической модуляцией луча по коду Морзе (рис. 6). Натурные эксперименты с Li-Fi-связью на небольших дистанциях (порядка одной морской мили) зарекомендовали себя достаточно хорошо, и после дальнейших исследований предполагается довести расстояние



**Рис. 5.** Передача сигнальным прожектором (Aldis lamp) указаний по огневой поддержке высадки десанта в Нормандии с флагманского легкого крейсера «Сцилла» (HMS Scylla) командующего Восточной оперативной группы ВМС Великобритании контр-адмирала Филипа Виана (Sir Philip Louis Vian), июнь 1944 г. В 1942 г. этот крейсер совместно с группой из 16 эсминцев под командованием контр-адмирала Роберта Барнетта (Robert Burnett) участвовал в проводке арктического конвоя PQ-18 в Архангельск

уверенной связи до двенадцати миль. Это примерно соответствует дистанции принятия решения по сигналам маяков и расстоянию между кораблями в боевом порядке авианосных ударных соединений (АУС), состоящих из нескольких авианосных ударных групп (рис. 7).



**Рис. 6.** Современный портативный светосигнальный морской прожектор одной из стран НАТО

Считается, что Li-Fi важна для информационной военной безопасности, поскольку единственным возможным способом перехвата потока Li-Fi-информации является захват хотя бы части пучка света. Поэтому Li-Fi называют одной из ключевых технологий скрытой связи на море в эпоху, когда в руководящих кругах НАТО одной из важнейших задач считается задача противодействия кибератакам, которые, по их мнению, могут исходить из России и Китая [5].

Управление военно-морских исследований ВМС США (Office of Naval Research, ONR) недавно запустило проект под названием «Оптическая сеть тактической связи» (Tactical Line-of-Sight Optical Network, TALON), которая основана на принципах технологии Li-Fi. Предполагается, что TALON будет развернут в ближайшие пять лет как способ обмена информацией, разведки, наблюдения и рекогносцировки, при этом его упрощенная версия может быть использована и гораздо раньше.



**Рис. 7.** Демонстрация развертывания авианосного ударного соединения из трех походных кильватерных колонн в боевой порядок. Из пропагандистской фотосессии АУС ВМС США (USS Battle Force Zulu) в составе авианосцев «Т. Рузвельт», «Рейнджер», «Мидуэй» перед войной в Персидском заливе (Gulf War), 1991 г.

По всей видимости, повышенная в последнее время активность военно-морских исследований в США по скрытой передаче информации связана с начавшимся перевооружением ВМС, в частности, с переходом от ударных авианосцев типа «Нимитц» к авианосцам следующего поколения типа «Джеральд Форд».

Известно, что в последнее время при боевом применении АУС особое внимание уделяется проведению операций в соответствии с концепцией единой информационной сети (ЕИС). Концепция предполагает объединение рассредоточенных на театре военных действий средств обнаружения, боевого управления и нанесения ударов в единую оперативную структуру, позволяющую наиболее эффективно, быстро и точно использовать все входящие в нее элементы для успешного решения задач, стоящих перед АУС. Очевидно, что технология Li-Fi в рамках ЕИС будет иметь большое значение, особенно во время боевых действий, а также тогда, когда требуется соблюдать режим радиомолчания, как это происходило, например, при учениях «Флитекс-82» (Fleet Ex 82) и «Флитекс-83» (Fleet Ex 83) в 1982–1983 гг. На этих учениях группировка кораблей ВМС США, курсировавшая в нескольких минутах полета штурмовой палубной авиации к Курильским островам, представляла собой, по мнению четырехзвездного адмирала Роберта Лонга (Robert L. J. Long), крупнейшее ударное авианосное соединение со времен II Мировой войны. В 1982 г. АУС включало в себя атомные авианосцы «Энтерпрайз» и «Мидуэй» и около 30 кораблей сопровождения. Считается, что основной задачей учений было выявление возможностей ПВО СССР по охране дальневосточных рубежей. В процессе учений были задействованы силы радиотехнической разведки для выяснения характеристик новейших на то время истребителей-перехватчиков четвертого поколения МИГ-31 (по кодификации НАТО: Foxhound — лисья гончая), фиксирования рабочих частот радиолокационных станций и выявления тактики применения средств ПВО [6]. Апофеозом учений Fleet Ex 82

стало нарушение воздушной границы в районе Малой Курильской гряды самолетами палубной авиации с имитацией бомбардировки о. Зеленый [7]. После проведения учений Fleet Ex 83, в которых участвовало еще более многочисленное АУС с атомными авианосцами «Нимитц», «Энтерпрайз» и «Вашингтон», произошел известный всему миру «Сахалинский инцидент» [8], информация по которому до настоящего времени полностью не раскрыта с обеих сторон.

Тем не менее хочется надеяться, что тренд создания глобальной цивилизации с мировым жандармом во главе [9] будет преодолен, и выяснение отношений на поле боя перерастет во что-то более конструктивное.

## Резюме

*Знание фактов само по себе еще не дает понимания.*

**А. А. Зиновьев**

В наше время все чаще звучит практически невозможная в XX в. фраза: «У этого конфликта нет военного решения». Она становится уже стандартной при обсуждении самых различных вооруженных конфликтов не только в высших дипломатических, но и в военных кругах.

Действительно, как показывает история, не все вопросы можно разрешить на полях сражений. Так, возвращение триумфатора Трои Агамемнона ознаменовалось не только его личной трагедией и последующим упадком Микенской культуры, но и всеобщим системным коллапсом средиземноморских цивилизаций (включая ослабление Новоегипетского царства и падение Новохеттского царства). Эти события нашли отражение в произведениях отца европейской трагедии Эсхилла, в «Одиссее» Гомера, в египетских хрониках и в книгах Ветхого Завета<sup>1</sup>. Современные историки назвали этот период «катастрофой бронзового века» [10].

Что касается сегодняшних задач, стоящих перед отечественной промышленностью, то в связи с грядущим завершением масштабного перевооружения армии уровень загрузки предприятий ОПК работами по гособоронзаказу с 2018 г. будет постепенно снижаться. Поэтому необходимо использовать накопленный промышленный и интеллектуальный потенциал для конверсии и диверсификации производства, наладки выпуска конкурентной и высокотехнологичной продукции гражданского назначения [11]. Это определение как нельзя лучше подходит и для технологии Li-Fi. ■

## Литература

1. H. Diels. Antike Technik. Sechs Vorträge. Leipzig & Berlin, Teubner. 1924.
2. О. Зотин. Li-Fi: светлое будущее беспроводных технологий или тупиковая ветвь развития? // Беспроводные технологии. 2016. № 3.
3. DOE SSL Program, R&D Plan, edited by James Brodrick, Ph.D. June 2016. [http://energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/ssl\\_rd\\_plan\\_%20jun2016\\_0.pdf](http://energy.gov/sites/prod/files/2016/06/f32/ssl_rd_plan_%20jun2016_0.pdf)
4. О. Зотин. «Умное» освещение. Изложение 4-й главы DOE SSL Program, R&D Plan. 2016 // Полупроводниковая светотехника. 2016. № 5.
5. US Navy turns to li-fi to tackle Russian hacking. Lux Review. 31 August 2016. <http://luxreview.com/article/2016/08/us-navy-turns-to-li-fi-to-tackle-russian-hacking?cmpid=LUXproducts0992016>
6. A. R. Garland. 1983: The most dangerous year. <http://digitalscholarship.unlv.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1902&context=thesesdissertations>
7. Карев В. А. Неизвестный советский «Перл-Харбор». [www.38brrzk.ru/public/russia-parl-harbor/](http://www.38brrzk.ru/public/russia-parl-harbor/)
8. М. Брюн. «Сахалинский инцидент». <http://www.airforce.ru/history/kal007/readers.htm>
9. Д. Куликов. Кому нужен мировой жандарм. <http://zinoviev.info/wps/archives/2549>
10. R. Drews. The End of the Bronze Age: Changes in Warfare and the Catastrophe. CA. 1200 B.C., Princeton, 1993. ISBN 0-691-02591-6
11. Выступление В. В. Путина на съезде Союза машиностроителей. 19.04.2016.

<sup>1</sup> Древнейшие манускрипты Танаха (Ветхого Завета): Кодекс Алеппо и Ленинградский кодекс (найденный в 1840 г. в Крыму караимским писателем и археологом Авраамом Фирковичем) хранятся соответственно в Храме Книги в Иерусалиме и в Российской национальной библиотеке в Санкт-Петербурге.