

Видимата светлина като комуникационна среда – от осветление към предаване на данни

проф. д-н Борис Йовчев,
инж. Росица Младенова

Резюме

Бързото развитие на новата Li-Fi (Light-Fidelity) технология, основана на уникалните физически свойства на видимата светлина, ще направи възможно да се изградят високоскоростни телекомуникационни клетъчни мрежи с голяма плътност, съвместими и допълващи радио-(RF) мрежите. Използването на видимата светлина за предаване на данни дава възможност всяко осветително LED-тяло да се използва като точка за достъп с Интернет мрежата, като данните се предават със скорости, непостижими за радио мрежите (RF); всеки потребител ще може да се движи между източниците на светлина, без да се прекъсва потокът на предаваните данни, а прехващането (подслушването) на информацията ще бъде невъзможно.

На 3 юни 1880 година асистентът на знаменития изобретател Александър Бел – Чарлз Тейнтър е успял да предаде речеви сигнал чрез слънчев лъч от покрива на Franklin School към прозореца на Bell's laboratory, намираща се на улица 1325 L във Вашингтон, на разстояние 213 метра. Изобретението е наречено Фотофон – Фиг.1.

Бел е вярвал, че фотофонът е най-значимото постижение в неговия живот – „най-голямото мое изобретение, по-голямо от телефона“.

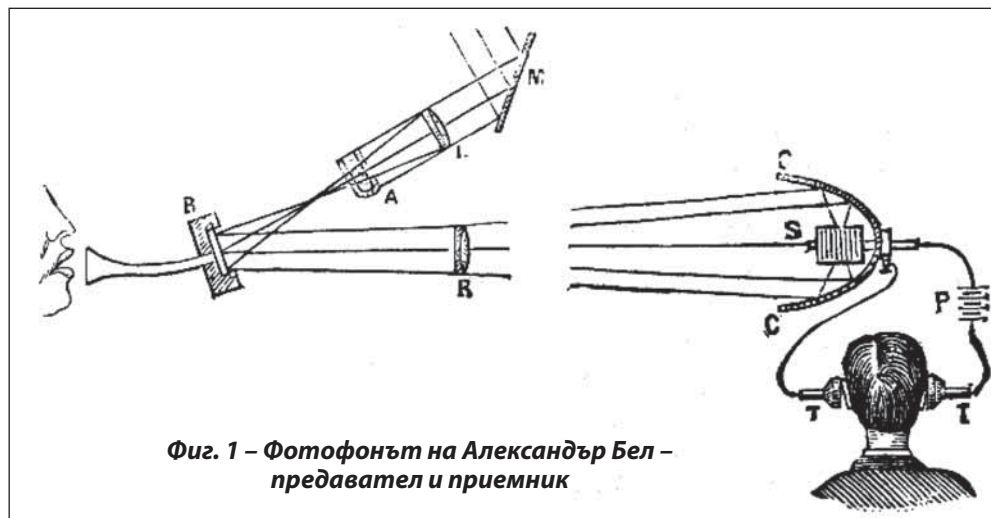
В предавателя светлинният лъч като преносна среда се модулира от произнесените думи посредством огледало от много тънка пластинка. Светлинният лъч променя своята интензивност, в съответствие с речта. Така модулиран, предаваният светлинен лъч попада в приемника върху параболично огледало, което го фокусира върху кристал от селен, включен в електрическа верига със слушалките. Електрическото съпротивление на кристала се променя в такт с интензивността на приетия светлинен лъч, което променя силата на тока във вери-

гата. Това предизвиква акустични колебания на мембраните в слушалките, които възстановяват предаваната реч.

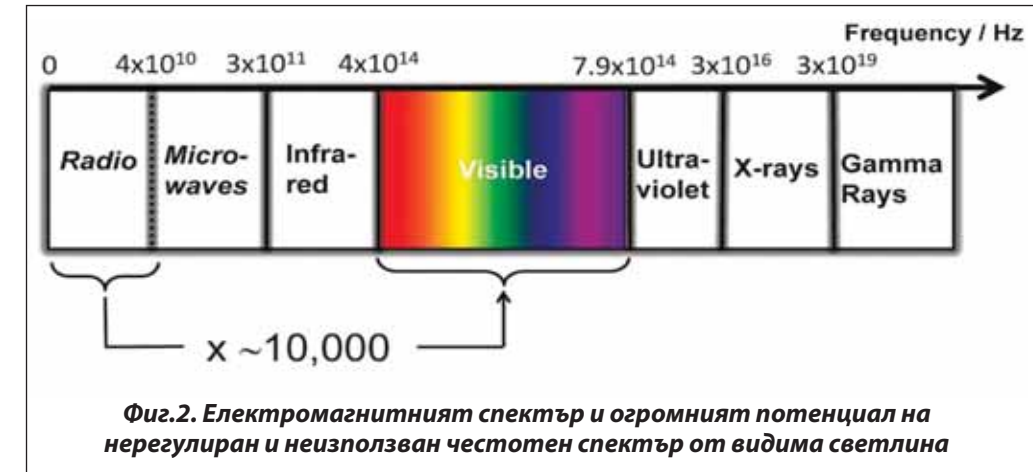
Това е първата в света безжична телефонна свързка. Бел и Тейнтър са пробвали около 50 различни метода на модулация и демодулация на светлинните лъчи за осъществяване на стабилна оптична връзка.

Независимо от последвалите подобрения, извършвани в Bell Telephone, постигнатите параметри на радио комуникациите, разработвани от Маркони превъзхождали тези на Фотофона и поради това, неговото по-нататъшно развитие се е забавило.

След 130 години от изобретяването на Фотофона, в същите лаборатории на Александър Бел



Фиг. 1 – Фотофонът на Александър Бел – предавател и приемник



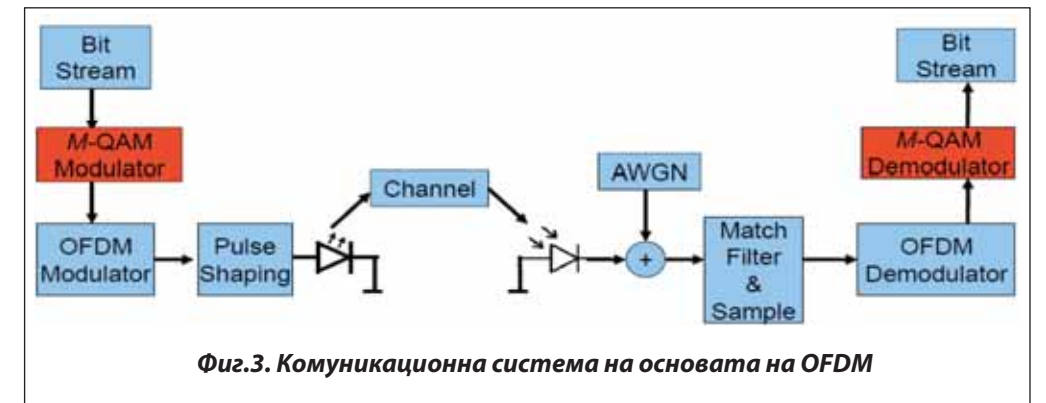
Фиг.2. Електромагнитният спектър и огромният потенциал на нерегулиран и неизползван честотен спектър от видима светлина

целия радио- RF спектър (Фиг.2). [5]

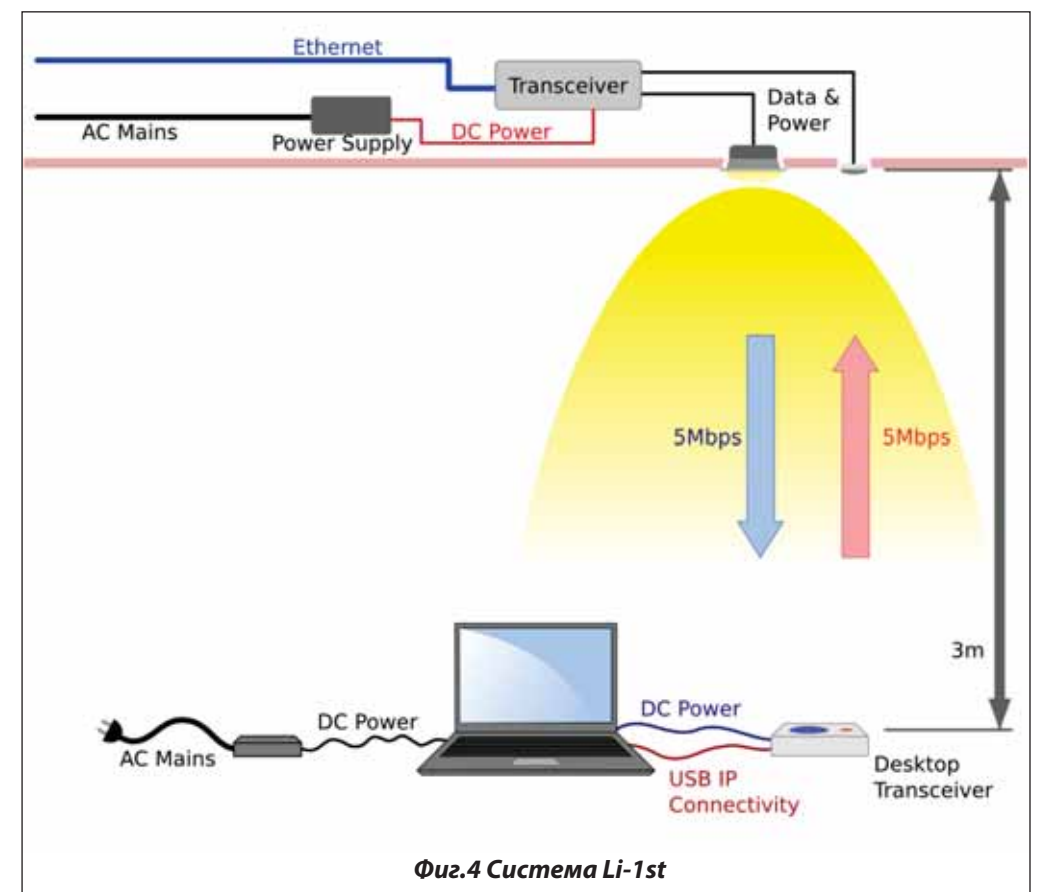
Носител на информационните сигнали в Li-Fi е светлината, излъчвана от светодиоди (LEDs), които се използват в осветителните тела. Светодиодите имат необходимото за целта свойство да се превключват с много висока скорост. Това означава, че системите →

в Университета в Единбург-Шотландия, професор Харалд Хаас разработва нова технология за оптични високоскоростни безжични комуникации, наречена от него Li-Fi (light-fidelity), която се отнася към комуникациите с видима светлина (VLC)-Visible Light Communications. Мотивиран от задаващото се изчерпване на радиочестотния спектър (RF) и продължаващото ускорено нарастване на трафика, той си поставя за цел да покаже, че оптичните безжични комуникации са жизнеспособно, алтернативно решение на този основен проблем, възникващ в телекомуникациите. За тази цел, през 2012г., проф. Харалд Хаас основава компанията Pure LiFi, в която работят и трима българи, негови бивши студенти.

Технологията Light fidelity (Li-Fi) има за цел да отключи огромния неизползван обем от електромагнитния спектър в диапазона на видимата светлина, който е 10 000 пъти по-широк в сравнение с



Фиг.3. Комуникационна система на основата на OFDM



Фиг.4 Система Li-1st

→ Li-Fi могат да изпълняват едновременно функция „осветление“ на помещенията и високо скоростен „безжичен“ обмен на данни в същите помещения. За по-нататъшното повишаване на скоростта на този обмен, се разработват и нови типове светодиоди.

Новата Li-Fi технология все още не е доведена до широко приложение защото е изправена пред редица технически нерешени напълно проблеми. Най-съществените от тях се отнасят до:

Модулацията

Светодиодите (LEDs) излъчват **некохерентна** светлина, което означава, че за разлика от радио връзките, фазата и амплитудата на сигнала не могат да се използват за предаване на данни. Единственият начин за кодиране на информацията е модулация на интензивността (intensity modulation) на светлината, която те излъчват и директното детектиране (direct detecting) на сигналите (IM/DD), което изисква модулиращият сигнал да бъде положителен (real valued), еднополярен. Това условие ограничава прилагането на добре изследваните и разработени модулационни схеми в областта на радио комуникациите. При нарастване на скоростите на предаване, тези модулационни схеми проявяват нежелани ефекти на междусимволна интерференция (intersymbol interference – ISI). Следователно е необходим поустойчив метод какъвто е OFDM (Orthogonal frequency-division multiplexing).

При OFDM, наличната честотна лента се разделя на множество носещи честоти, всяка от които е модулирана с quadrature amplitude modulation (M-QAM) – Фиг.3.

OFDM е подобна на радиосистемите с честотно разделяне, но за разлика от тях използва много по-ефективно наличния спектър, тъй като необходимото

разстояние между отделните носещи честоти е много по-малко. Това се постига, като излъчваните сигнали са ортогонално разположени един спрямо друг и по този начин се премахва интерференцията между близко разположените носещи честоти.

Учените от университета в Единбург, както и от много други страни по света, работят по усъвършенстването на OFDM. Предложен е нов метод на модулация, наречен SIM-OFDM (Subcarrier Index Modulation OFDM) [4], при който за предаване на информацията се използва състоянието на различните носещи честоти – активно или неактивно. С този тип модулация и чрез използване на оригинален алгоритъм се решава проблемът с разпространението на грешката по бит (BER), повишава се енергийната ефективност и скоростта на предаваните данни. Изследванията продължават.

Двупосочност (Дуплекс)

Повечето демонстрации на VLC технологията са се фокусирали върху увеличаване скоростта на комуникациите точка-точка с *еднопосочен* канал. За да се реализират предвидените приложения на Li-Fi технологията, за изграждане на комуникационни системи, важно е да се осигури обаче възможност за осъществяване на двупосочни (дуплексни) връзки.

На Световните Конгреси по мобилни комуникации MWC 2014 и CeBIT 2014, фирмата Pure LiFi е представила системата Li-1st, демонстрираща комуникиране при пълен дуплекс. (фиг. 4).

Li-1st осъществява свързване с Интернет мрежата чрез приемно-предавателно устройство (TRANSCEIVER). Това устройство кодира постъпващите от Интернет мрежата данни, които се предават по канала, чрез модулиране на интензивността на светлината, излъчвана от светодиодна лампа.

Приемникът декодира сигналите чрез монтирани в него детектори за инфрачервена светлина и оптическа система.

Приемо-предавателното устройство (DESKTOP TRANSCEIVER) съдържа процесор с декодер на модулираната видима светлина, постъпваща от светодиодната лампа. Декодиращият бинарен поток постъпва към компютъра или друго крайно устройство, чрез USB интерфейс. DESKTOP TRANSCEIVER приема данни от крайното устройство, кодира ги и ги предава по канала на TRANSCEIVER, използвайки инфрачервен излъчвател.

Системата предлага пълен дуплекс със скорост 5Mbps в двата канала на разстояние до 3 метра. И тук изследванията продължават.

Многopotребителски достъп (Multiple access)

Свързването в мрежа не може да бъде решено и без подходящо групово устройство за многопотребителски достъп, което да позволява на абонатите да споделят групово комуникационните ресурси без взаимно подслушване (cross-talk). За тази цел се използва разширение на OFDM – OFDMA (Orthogonal Frequency-Division Multiple Access) – ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране за споделен (групов) достъп.

В края на 2014 година се очаква компанията PureLiFi да представи на пазара следваща генерация двупосочен, високоскоростен Li-Fi продукт – Li-Flame. Тази технология е развитие на VLC- предаване в напълно безжична мрежа, която свързва светодиодни лампи, окачени на тавана на помещенията, като изгражда множество точки за достъп до Интернет. Тази система позволява свободното движение на потребителите в помещението. Li-Flame технологията осигурява плътност на данните

значително по-голяма от радио технологията – Wi-Fi.

Чрез намаляване на размерите на клетките в безжичните клетъчни радиокомуникации спектралната ефективност се увеличава с два порядъка. Концепция за малки клетки (attocel) се прилага и за Li-Fi.

Тъй като при Li-Fi се работи в спектъра на видимата светлина, оптичните Li-Fi attocel мрежи не взаимодействат с радио мрежите с макро клетки. Оптичната клетка attocell не само подобрява покритието вътре в сградите, но създава възможност и за разширение на капацитета на радио честотните безжични мрежи. Скоростта на предаване на данни в Li-Fi attocell мрежите може да бъде подобрена с три порядъка. Li-Fi attocell могат да бъдат разгърнати като съставна част от хетерогениите VLC-RF мрежи.

Разполагането на множество оптични клетки- Li-Fi attocells, осигурява повсеместно покритие в едно помещение, в допълнение към предоставянето на почти еднаква осветеност. Това означава, че една стая може да съдържа много attocells клетки, които образуват много плътна клетъчна attocell мрежа. Всяка atto-клетка покрива област от 1-10m² и разстояние около 3m.

Намаляването на интерференцията при Li-Fi, води до съществено увеличение на площта на спектралната ефективност (ASE) в bits/s/Hz/m².

Съществена способност в предаването на информация чрез видима светлина, доказана и демонстрирана от проф. Харалд Хаас и неговия екип, е възможността за предаване на данни със скорост до 1,1 Gbps на разстояние 10m с мощност по-малка от 0,5 W. Това е само 5% от мощността на обикновена 10W светодиодна лампа. Тези резултати потвърждават идеята, че обхватът и скоростта

на предаване се запазват и при намаляване на яркостта на светлината почти до състояние „изключено“.

Заклучение

След получените положителни резултати от проведените изследвания и успешните VLC демонстрации на ниво канал, сега фокусът се измества към намиране на стабилно решение за изграждане на цялостна Li-Fi attocell мрежа.

Уникалните физически свойства на светлината предоставят възможност за изграждане на високоскоростни мрежи с голяма плътност и с порядъци повишени скорости на предаването на потребителските данни. Въз основа на тези много обещаващи резултати и задаващата се криза при RF спектъра, Li-Fi технологията бързо се очертава като мощно алтернативно решение за безжични

комуникационни мрежи и благоприятна възможност за бъдещия Internet-of-Everything (Интернет на нещата).

Необходими са обаче още усилия за преодоляване на разгледаните предизвикателствата пред Li-Fi технологията, което означава, че има възможност и е необходимо и в България да се организира, както обучение, така и научно изследователска и развойна дейност (НИРД), за да се подготвят специалисти в това перспективно техническо направление на телекомуникациите, за обслужване на бизнеса и експлоатацията на съответните нови изделия и системи.

От редакцията:

Материалът е по доклад от Конференцията “ТЕЛЕКОМ 2014”, организирана от CEEC, за която съобщихме в предния брой на **ИО**.