

# CAPABILITIES FOR HIGH-SPEED DATA TRANSMISSION THROUGH THE USE OF VISIBLE LIGHT

**Ekaterina M. Konstantinova, Tsvetoslav S. Tsankov**

<sup>1</sup> Faculty of Technical Sciences at Konstantin Preslavsky – University of Shumen, Bulgaria, Student,  
katminkova2@gmail.com

<sup>2</sup> Faculty of Technical Sciences at Konstantin Preslavsky – University of Shumen, Bulgaria, Assoc. prof.  
Eng., PhD, c.cankov@shu.bg

**Abstract:** LiFi or Light Fidelity is a relatively new technology that refers to a Visible light communication (VLC) that uses light as a path to transmit data at high speeds. Due to the properties of light, this method offers a wide range of frequencies and wavelengths. This technology can be compared to that of Wi-Fi, but has a much wider range, increased efficiency and security, and much higher speeds. The purpose of this publication is to promote the technology and showcase some of the more appealing applications of the cutting-edge automation.

**Keywords:** Colour shift keying, LiFi, MCM, SCM, Visible light communication

## ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРЕДАВАНЕ НА ДАННИ С ВИСОКА СКОРОСТ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕТО НА ВИДИМАТА СВЕТЛИНА

**ЕКАТЕРИНА М. КОНСТАНТИНОВА, ЦВЕТОСЛАВ С. ЦАНКОВ**

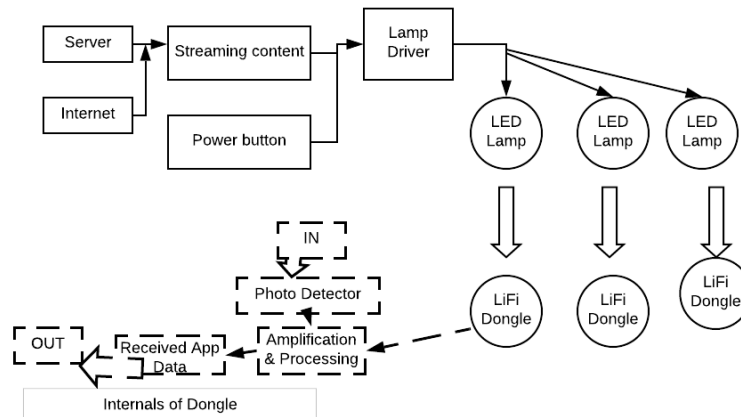
### Въведение

LiFi или Light Fidelity е сравнително нова технология, която се отнася до Система за комуникация с видима светлина Visible light communication (VLC), която използва светлината като път за пренос на данни при високи скорости. Поради свойствата на светлина, този метод предлага широка гама от честоти и дължина на вълната. Тази технология може да се сравни с тази на Wi-Fi, но има доста по-широк обхват, увеличена ефективност и сигурност, както и много по-висока скорост.

При VLC, ако светодиода свети, се предават цифрови данни – 1. В противен случай, цифровите данни са 0 и няма прехвърляне на данни. Светодиодите могат да се включват и изключват много бързо, което може да се използва за предаване на двоични данни. Следователно, ако във веригите на светодиода се въведе технология за обработка на сигнала, данни, вградени в LED лъчите, могат да се предават с много висока скорост на приемниците. Поредиците от единици и нули носят информация, която може да бъде лесно декодирана.

Осигуряването на предаваната информация между хостовете с конфигуриран сървър в локалната мрежа е много важна задача към всеки мрежов системен администратор, специалист по сигурността, мрежов архитект и специалист [1], [2], [3].

Сигналят на предавателя ще съдържа трептене на светлината (която простото око няма да може да забележи), което може да се преобразува в електрически сигнал от приемника. След това полученият сигнал може да бъде преобразуван обратно в неговия еквивалент от двоични данни. Състоянието на LiFi технологията и работата, извършена в предаване на данни с помощта на LiFi чрез серийна комуникация от LED предавател към приемник на фотодиод, са показани на фиг. 1.



Фиг. 1: Схема на LiFi верига

## Сравнение на безжичните комуникационни технологии

В табл. 1 е направено сравнение между безжичните протоколи на LiFi, WiFi, Bluetooth и Zigbee.

Таблица 1: Сравнение на безжичните комуникационни технологии

Особеност	WiFi	LiFi	Bluetooth	ZigBee
Режим на дейност	Радио вълни	Светлинни вълни	Къси радио вълни	Радио вълни
Обхват	32 m	10 m	10 m, 100 m, според случая	10 – 100 m
Честота на действие	2,4 GHz, 4,9 GHz и 5 GHz	10 000 пъти тази на радио вълните	2,4 – 2,485 GHz	2,4 GHz
Скорост на предаване	150 Mbps	1 Gbps	25 Mbps	250 kbit/s

## Архитектура на LiFi

Архитектурата на LiFi е категоризирана въз основа на слоеве (фиг. 2). LiFi се състои от три слоя, т.е. Приложен слой, MAC слой и Физически слой. Протоколът IEEE 802.15.7 дефинира само два слоя, Физическият слой и MAC слоя [4], [6].

### А. Протокол IEEE 802.15.7

В този стандарт са разгледани РНУ (Физически 1, 2 и 3) и MAC (Medium Access Controller) слоеве за късовълнова комуникация с видима светлина в оптично прозрачна среда. Спектърът на дължината на вълната на видимата светлина се простира от 380 nm до 780 nm. Това е в състояние да предоставя данни достатъчно високо, за да поддържа аудио и видео мултимедийни съобщения като също така взема предвид мобилността, съвместимостта с инфраструктурата и интерференцията от околната фонова светлина.

### Б. Физически слой на LiFi

Физическият слой или PHY слой е отговорен за много неща. Той обработва предаването и приемането на данни. Има три ясно обособени слоя във Физическия LiFi слой както е описано подробно в табл. 2.

**Таблица 2:** Физически слоеве на LiFi

	Режим на работа	Приложение	Скорост на данни
1	PHY I слой	На открито	11,67 до 267,6 kbit/s
2	PHY II слой	На закрито	1,25 до 96 Mbit/s
3	PHY III слой	Colour Shift Keying (CSK)	12 до 96 Mbit/s

### *В. LiFi MAC слой*

Има три MAC слоя:

1. Peer-to-peer: Комуникация между две устройства, при която едно от тях действа като координатор;
2. Звездна комуникация: Комуникация между няколко устройства. Тук един от тях действа като координатор и това устройство се използва като осветителна инфраструктура;
3. Първо излъчване: В това съобщение координаторът изпраща данни на множество устройства. Този тип комуникация е еднопосочна.

## **Модулационни техники**

Модулационните сигнали се използват за контрол на трептенето на светодиода с различни честоти, които съдържат данните, които трябва да бъдат предавани. За осъществяване на комуникацията са необходими техники за модулация, дори ако интензитетът на светлината или осветяването на светлината не са налични. Интензитетът на светлината на светодиода и честотата на трептенето на светодиода зависи от информацията, пренасяна в сигнала на съобщението [2], [5]. Трите типа модулация при LiFi са: модулация с единична носеща – Subcarrier Multiplexing (SCM), модулация с множество носещи – Multi-Carrier Modulation (MCM) и модулация чрез промяна на цвета – Colour Shift Keying (CSK).

### *А. Модулация с единичен носител (SCM)*

SCM е по-подходяща за приложение с ниска до умерена скорост на предаване на данни. SCM е модулационна техника, при която може да се приема произволен брой сигнали, но всички те се модулират индивидуално на различни честоти. Модулационните техники в SCM са ON-OFF Keying (OOK), импулсно-амплитудна модулация (PAM) и импулсно позициониране (PPM):

1. OOK (ON-OFF): При ON-OFF модулацията данните се представят с включен и изключен светодиод. LED ON означава логика „1“, а LED OFF означава логика „0“. И така данните се предават под формата на единици и нули чрез трептенето на светодиода;
2. Импулсно-амплитудна модулация (PAM): При тази форма на модулация съобщението, пренасящо информацията, е кодирано в амплитудата на непрекъснатата серия от импулси на сигнала;
3. Модулация чрез импулсно позициониране: Тази форма на модулация осигурява ефикасна и затъмняваща поддръжка при променлива импулсна позиция модулация (VPPM).

### *Б. Модулация с множество носители (MCM)*

Недостатъкът на SCM е, че изисква сложни процеси за обработка на информация при високи скорости на данни. За такива случаи е разработена MCM, която се разделя на два вида – ортогонална честотна модулация (OFDM) и модулация чрез промяна на цветовете (CSK).

1. OFDM – тази модулация се използва главно, когато повече от едно устройство оперира като предавател. Това намалява ефекта на засенчването. Този ефект може да бъде премахнат чрез промяна на честотната лента на системата на по-голяма честота.

2. Модулация чрез смяна на цветовете – модулната схема за промяна на цвета се използва за предаване на данни, като се използват различни цветове светлина с различни дължини на вълната. Светодиоди от червено, синьо и зелено се използват за изпращане на данни, носещи различна информация. Приемникът е програмиран да идентифицира различните дължини на вълната на съобщенията и да ги декодира.

## Предимства на LiFi

Някои от основните предимства на технологията са:

1. Скорост: LiFi може да предава данни със скорост 10 Gbit/s. Това е почти 250 пъти по-бързо от всяка друга високоскоростна широколентова връзка.
2. Покритие с висока плътност: LiFi е по-идеален за покритие с висока плътност. WiFi е по-подходящ за общи цели.
3. Цена: LiFi технологията е безплатна.
4. По-голям спектър: Няма ограничения за капацитета на LiFi. Видимият светлинен спектър е около 10 000 пъти по-голям от радиочестотния спектър [4], [7].

## Предизвикателства към LiFi

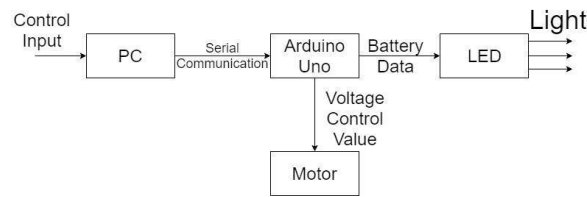
Въпреки че LiFi има много предимства, той също има някои ограничения.

1. Модулацията в LiFi е предизвикателство, когато осветеността на светината е слаба.
2. LiFi не може да осигури интернет връзка, когато няма източник на светлина. Това може да доведе до ограничения за места и ситуации, при които може да е необходим LiFi.
3. Светлината не може да премине през физически бариери. Това може да доведе до определени ограничения.
4. Основният недостатък на LiFi е, че той може да се използва само в малък обхват, тъй като светлината не може да проникне през стени.

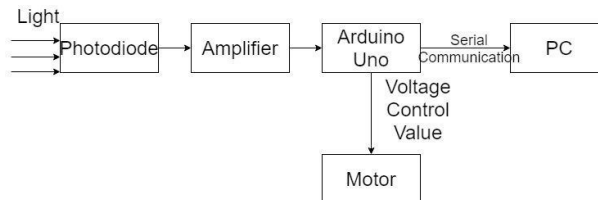
## Приложения на LiFi

Системата LiFi все още е в експериментална фаза що се отнася до бъдещето на самоавтоматизираните автомобили. Теоретично, тези коли могат да използват комуникация между превозни средства и улични лампи. Друго добро приложение е предложението за достъп до високоскоростен интернет, използвайки улични лампи. При изобретяването на ефикасен и сигурен дизайн за комуникация с видима светлина, тази технология може да промени бъдещето на комуникацията. LiFi може да бъде използвано и в областта на здравеопазването, където използването на радиочестотни вълни представлява риск за пациентите.

*Комуникация между превозни средства (V2V).* Основно приложение на LiFi е при комуникация между превозни средства, като се използват техните фарове и за намаляване на произшествия, възникнали по пътищата. Приложен е демо модел, за да се демонстрира VLC в стационарен сценарий. Целта на работата е да контролира скоростта на постояннотоков двигател, който е свързан към приемник (фиг. 4), използвайки скоростта на друг постояннотоков двигател, който е свързан към предавател (фиг. 3). Микроконтролерът Arduino Uno е използван за свързване на всички периферни устройства.

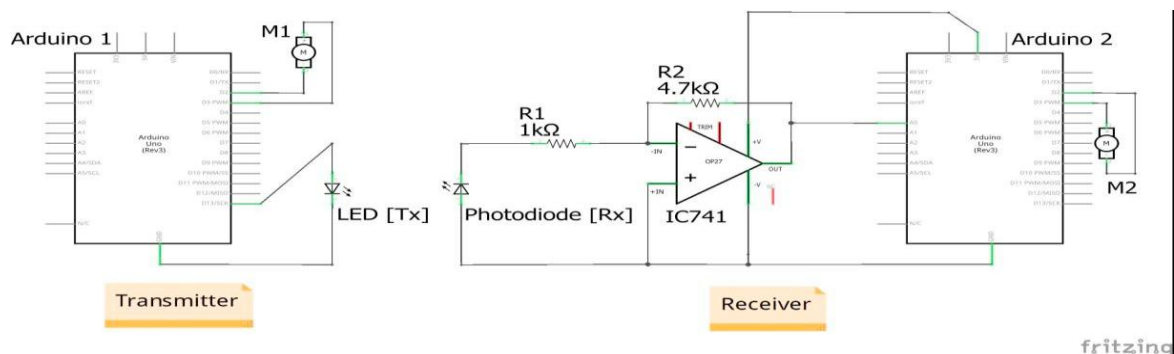


**Фиг. 3:** Блокова диаграма на предавател



**Фиг. 4:** Блокова диаграма на приемник

Фиг. 5 показва пълната схема на проекта, на комуникационна система, а фиг. 6 показва пълната настройка на хардуера [5], [6]. Скоростта на моторите се контролира от Arduino с помощта на аналоговите му щифтове чрез промяна на напрежението през клемите в диапазона (0-5) V. Скоростта на двигателя 1 е с различни стойности и данните за скоростта се предават чрез превключване на червения светодиод, свързан към Arduino 1. Тази светлина се получава от фотодиод, който е свързан с Arduino 2 като данните се извличат и скоростта на двигателя 2 се контролира. Интервалът е дефиниран като 25 000 микросекунди. Timer 0 на Arduino се използва за управление на скоростта на двигателя, Arduino UART е свързан към компютър чрез серийна комуникация. Контролните сигнали се изпращат към Arduino от компютъра, а контролната стойност се изпраща от Arduino и се показва в терминала на компютъра.



**Фиг. 5:** Схематична диаграма

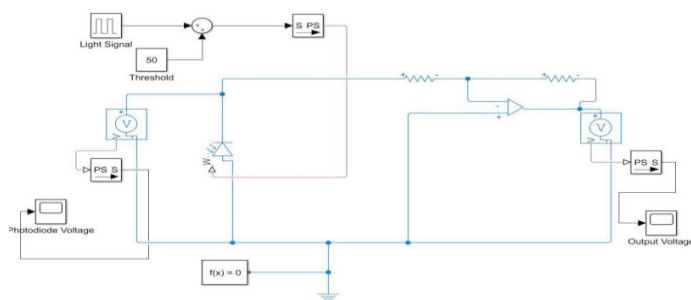


**Фиг. 6:** Настройка на хардуера

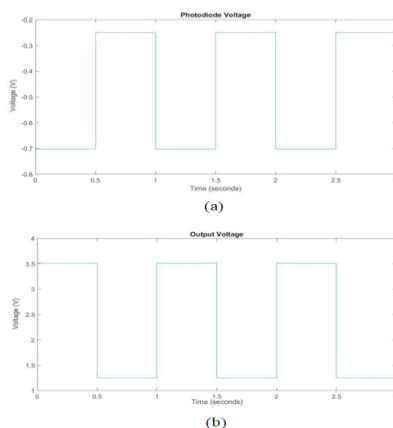


**Фиг. 7:** Комуникация между диодите

Комуникацията в реално време е показана на фиг. 7. В превозните средства такава комуникация може да помогне на автомобилите да обменят информация за скоростта си и други параметри като се предотвратяват инциденти и се намалява трафика. За да проучи и анализира работата на приемната страна на системата, тя е реализирана в Simulink на MATLAB. Моделът е показан на фиг. 8. PWM сигналът, представляващ данните, се подава към фотодиода като светлинен сигнал с прагова стойност, както е показано на фиг. 9 (а). В сигнала има изместване надолу, което се дължи на стойността на прага. Това изходно напрежение се усилва от инвертиращия усилвател и изходната характеристика се наблюдава на фиг. 9 (b). Преместването нагоре във формата на вълната се дължи на стойността на прага, която е  $0,25\text{ V}$  (– е поради инвертиращ усилвател). Тук е зададена същата стойност на интервала, за да го синхронизира с предавателя. Таймерът 0 се стартира и се настройва серийна комуникация с компютъра на края на приемника. Получената стойност се преобразува в десетична като тази стойност се използва за управление на мотора в приемния край. Стойността на прага е напрежението, което се открива на фотодиодния изход, което се дължи на наличието на осветление в средата на мястото, където се осъществява комуникацията. След като тази стойност бъде определена, тя се счита за цифрова НИСКА за предаване на данни и всичко сравнително над тази стойност се счита за цифрова ВИСОКА. Полученият битов поток се съхранява в цял масив и след това се преобразува в десетична стойност.



**Фиг. 8:** Симулация на приемника



**Фиг. 9:** а) Диаграма на фотодиода; б) Диаграма на инвертиращия усилвател

## Заклучение

В тази публикация LiFi се въвежда като комуникационна система със своите модулационни техники и обяснена цялостна архитектура. Предизвикателствата и предимствата на LiFi са очертани с цел да се осигури по-дълбоки познания в новите трендове на комуникационните системи. Внедряването на технологията се въвежда като приложение в V2V комуникация като скоростта на двата мотора се контролира с помощта на LiFi. Данните се предават от един контролен блок към други и това контролира скоростта на двигателя. Показан е и необходимия анализ на системата с блок-схемите. При правилно развитие на проекта това би могло да промени бъдещето на комуникационни мрежи.

## References

1. Boyanov, P., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T. (2017). *Educational simulation the local area network of academic departments with securely configured FTP server*. International Scientific Online Journal, www.sociobrain.com, Publ.: Smart Ideas - Wise Decisions Ltd, ISSN 2367-5721 (online), Issue 31, March 2017, Bulgaria, pp. 146-154.
2. Boyanov, P., Stoyanov St., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T. (2017). *Routing information security in the local area network of academic departments using an enhanced distance vector routing protocol – EIGRP*. A refereed Journal Scientific and Applied Research (Licensed in EBSCO, USA), Konstantin Preslavsky University Press, ISSN 1314-6289, vol. 11, pp. 35-46.
3. Boyanov, P., Stoyanov St., Hristov, Hr., Fetfov, O., Trifonov, T. (2017). *Security routing simulation the local area network of academic departments using a link-state routing protocol – OSPF*. A refereed Journal Scientific and Applied Research (Licensed in EBSCO, USA), Konstantin Preslavsky University Press, ISSN 1314-6289, vol. 11, pp. 47-58.
4. George, R., Vaidyanathan, S., Rajput, A. S., Deepa, K. (2019). *LiFi for Vehicle to Vehicle Communication – A Review*. Procedia Computer Science, Vol. 165, pp. 25-31. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2020.01.066>
5. Harishanker, M., Shanmughasundaram, R. (2014). *Development of a Nonintrusive Driver Drowsiness Monitoring System*. Proceeding of the International Conference on Intelligent Computing, Communication and Devices.
6. Khan, L. U. (2016). *Visible light communication: Applications, architecture, standardization and research challenges*. Digit. Commun. Networks, 3 (2), pp. 78-88.
7. Revathi, S., Aarthi, G. (2015). *Performance analysis of Wavelength Division and Sub Carrier Multiplexing using different modulation techniques*. Int. J. Eng. Res. Appl, 1 (2), pp. 317-320.