

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Коммуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извънреден брой 110 от 24.12.2021 г.

## Технологията LiFi - възможности и предизвикателства

Венета Алексиева



**CSE** Съвременна и Ефективна Система

В.Алексиева, valeksieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Уважаемо научно жури,  
Избрах да представя пред Вас моя научен поглед за технологията LiFi.

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Коммуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извънреден брой 110 от 24.12.2021 г.

## Биографични данни

- Образование и квалификация**
  - 1993 - Магистър Инженер по електроника и автоматика, Технически университет - Варна
  - 2006 – асистент в катедра КНТ към ТУ-Варна
  - 2012 - Доктор (по шифър 02.21.07 Автоматизирани системи за обработка на информация и управление), Технически университет – Варна
  - 2016 – Доцент, направление 5.3.ККТ, научна специалност КСКМ, Технически университет – Варна
  - 2002 - Инструктор Cisco академия при Технически университет- Варна
  - 2008 - Придобита Пълна професионална правоспособност по част Автоматизация и КИП
  - 2010 - Придобита Пълна професионална правоспособност по част Електрическа
- Организационни / управленски умения**
  - Ръководител на 5 научни проекта по НИР в периода 2018-2021
  - Заместник-председател на секция ЕАСТ към КИИП- Варна от 2019г. до сега
- Научна дейност**
  - 115 публикации на научни форуми и в списания у нас и в чужбина, 39 от тях индексирани в Scopus
  - 55 цитирания в Scopus h=4 (h=3 без самоцитирания), 108 цитирания Google Scholar (h=7)
  - Участие в 20 научни проекта – 1 международен, 2 национални и 17 по НИР
  - Експерт в оценяване на проекти-предложения към ЕК в 12 оценявания от 2013г. до сега
  - 7 участия в научни и организационни комитети на научни форуми
  - 11 участия в научни журита за заемане на академични длъжности и звания
- Преподавателска дейност**
  - Издадени 13 учебни пособия
  - Разработени 31 учебни програми от 2016г. до сега
  - Водени 2130 часа за последните 3 години, от които 270ч. на английски език
  - 2 защитили докторанти, 1 докторант със стартирана процедура по защита
  - Над 50 дипломи за последните 3 години, над 40 рецензии на дипломни работи
  - Над 10 мобилности по Еразъм като преподавател



**CSE** Съвременна и Ефективна Система

В.Алексиева, valeksieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Познаваме се отдавна, но в този слайд представям накратко фактите от моята кариера, за които прочетохте в предоставените Ви материали и които стъпка по стъпка ме преведоха през годините, за да застана днес тук пред Вас като кандидат за професор и да представя как превърнах една идея за 5 години в реалност.

Не се интересувах от компютърни мрежи, докато не завърших курса на Cisco за инструктор CCNA през 2001 година и не създадохме с колежката ми локална академия в 1 ЕГ от нищото и с почти нищо. До тогава мрежите за мен бяха средство, но не и цел. Започнах да се питам много „защо“ и „как“, което ме насочи да стана асистент през 2006г. в катедра КНТ. От там нататък събитията следваха своя логичен ход.

Избрах за тема на дисертацията си „Методи за възстановяване на път в MPLS мрежи“. И това постави началото на научните ми интереси за изследване качество на услугите в различни мрежови технологии. Последните ми изследвания са насочени към безжични мрежи за IoT. Това разбира се не са единствените ми интереси. Сигурността в мрежите, облачните технологии и виртуализациите са средствата, на които се доверяваме в ежедневната си работа, а новата ми страст в последните 3 години са решения със смарт контракти върху блокчейни. За предоставените ми 20 минути избрах да представя изследванията ми в една от технологиите, представени на слайда – предаване с видима с

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Коммуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извънреден брой 110 от 24.12.2021 г.

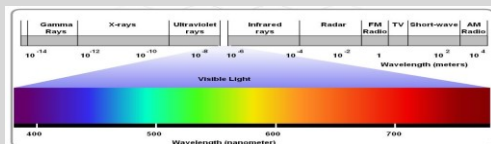
## Научни интереси

- Изследвания в областта на методите и средствата за повишаване на Quality of Services (QoS) в съвременни компютърни мрежи – MPLS, PON, WiMAX, LTE, LiFi, 6LoWPAN, ZigBee, BLE, LoRaWAN.
- Изследвания в областта на облачни услуги – наблюдение и управление на виртуални инфраструктури, SDN, AD - directory-as-a-service, cloud решения.
- Изследвания в областта на сигурността на съвременни компютърни мрежи – IDS за botnet и DoS атаки, генератор на DoS атаки.
- Изследвания в областта на приложение на блокчейн технологии в бизнеса Smart contracts върху Ethereum и HyperLedger за целите на застраховане, IoT, медицина.
- Изследвания в областта на компютърните системи и технологии.

**CSE** Съвременна и Ефективна Система

В.Алексиева, valeksieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

## Защо LiFi



Видимата светлина може да бъде използвана за предаване на данни с много по-голям капацитет в сравнение с традиционните радио вълни.

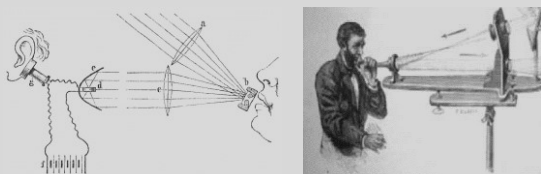
~400nm (750THz) до ~700nm (428THz)



В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Безжичните оптични комуникации са алтернатива на радиокомуникацията и включват: предаване на данни чрез инфрачервени лъчи, чрез ултравиолетови лъчи и посредством видима светлина. Теоретично заради честотния си обхват видимата светлина може да бъде използвана за предаване на данни с много по-голям капацитет в сравнение с традиционните радио вълни. На практика обаче постигнатите скорости на предаване са все още далеч под очакваните.

## Аналогов сигнал с видима светлина



- На 3 юни 1880 година асистентът на Александър Бел – Чарлз Тејнър предава речеви сигнал чрез слънчев лъч от покрива на Franklin School към прозореца на Bell's laboratory, на разстояние 213 метра. Изобретението е наречено Фотофон.
- Развитието на измервателната техника е позволило възвръщането на photoacoustic ефект през 1970г.



В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Идеята за предаване с видима светлина е още от 1880г. с появата на фотофона. Той показва, че фотоакустичният ефект (а от там и силата на звуковия сигнал) в твърдите частици зависи колко добре светлината се абсорбира от материала им. Затова експериментите се прекратяват, но идеята не отмира, защото предаването с видима светлина има много предимства. Така през 2011г. се появява LiFi.

## Предпоставки за поява на LiFi

- Радиокомуникацията предизвиква в организмите разстройство на имунната система, неврологични и други странични ефекти.
- Когато интензивността на инфрачервената светлина надхвърли определени нива, тя уврежда очите.
- Безопасните нива на интензивността на видимата светлина са по-високи от тези на радиочестотните лъчения.
- Сигналите за оптична безжична комуникация не интерферират един с друг въпреки широкия си диапазон от дължини на вълните (380 nm - 780 nm).
- Видимата светлина предлага много по-широк спектър честоти в сравнение с радиочестотите.
- Светлината не преминава през солидни прегради.
- При видимата светлина липсва проникване между съседните комуникационни канали и съответно шум от тях, но околната светлина въвежда шум в системата.



В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Li-Fi е сравнително нова, скъпа и все още не много широко използвана съвременна технология. Тя позволява изграждане на сигурна локална безжична мрежа, т.к. светлината не преминава през плътни стени. Не уврежда здравето на хората, не вреди на околната среда, може да се предава под вода, без да може комуникацията да бъде засечена с радиолокаторни системи. Предлага много по-големи скорости и липса на интерференция между предавания с различни дължини на вълната. Подходяща е за работа на закрито и за създаване на мрежи за IoT, т.к. сегашната светодиодна технология предлага ефективност, сигурност и висока скорост на управление на устройствата на относително ниска цена.

## Началото

- През 2008г. започва работа Task Group 7 (TG7) по IEEE 802.15 WPAN™ Visible Light Communication.
- Тя се състои от: Samsung, ETRI, VLCC, Университета в Оксфорд
- През 2011г. се появява стандартът IEEE802.15.7 за безжична оптична комуникация посредством видима светлина. Той определя и физическия слой (PHY) и MAC слоя.

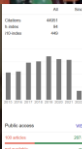
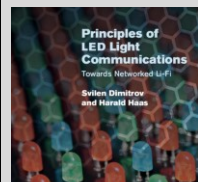


В.Алексиева, v.aleksieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Началото е поставено през 2008г. от 3 екипа, обединени в работна група от IEEE за създаване на стандарт за предаване с видима светлина. Преди създаването на стандарта през 2011г. също има патенти за предаване с видима светлина, като първенството се държи от Сименс.

## И появата на LiFi

- През 2011г. проф. Харалд Хаас предлага технологията Li-Fi (Light Fidelity) за безжично предаване на информация на базата на видимата светлина (VLC)
  - Той въвежда термина Li-Fi (Light Fidelity) по аналогия с Wi-Fi (Wireless Fidelity).
- проф. Харалд Хаас:
- Преподава в Единбургския университет
  - 2012г. създава с Мустафа Афгани към Единбургския университет компанията **pureLiFi**
  - Публикувал е единствено тази съавторска книга през 2015г.



Но...има много съавторски публикации в областта, защото...



В.Алексиева, v.aleksieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Името на технологията LiFi е дадено от проф. Харалд Хаас. Неговият екип създава и първата комерсиална реализация. LiFi се развива на базата на микро светодиоди.

Използва се възможността на светодиодите да се включват и изключват при много високи скорости и невъзможността на човешкото око да възприема бързите промени в интензивността на светлината. Невъоръженото човешко око не може да реагира на повече от 15 трептения на светлината в секунда. 2012 г. е демонстрирана Li-Fi с OFDM модулация. През август 2013 г. е реализирана мрежа с едноцветен LED със скорост от над 1,6 Gb, с двупосочна комуникация.

През 2014 г. проф. Хаас е избран за един от десетте RISE (Признати вдъхновяващи учени и инженери) в Обединеното кралство. Възхищението ми от неговата работа се превърна във възмущение, когато през 2017г. се свързах с pureLiFi, за да закупя за упражненията си по „безжични комуникации“ LiFi комплект за демонстрация. След предварителен договор за конфиденциалност на цената, подписан и от нашия Ректор и с клауза за разрешение за публикуване и съавторство с проф. Хаас във всички публикации, които ще се направят с техните устройства, предложиха един предавател и 2 приемника на безумната цена от 8000 паунда.

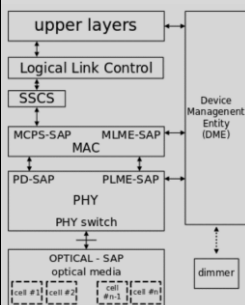
## Новостите



- На 10.09.2013г. pureLi-Fi демонстрира, че Li-Fi не изисква връзка с пряка видимост между предавателя и приемника, дълго време смятано за Ахилесовата пета на Li-Fi технологията.
- Li-Fi може да работи, използвайки разсеяна светлина (включително отражения).
- Демонстрирано е, че с отразените лъчи е възможно да се достигнат същите скорости на предаване както при пряка видимост.
- На 20 март 2014 година pure Li-Fi анонсира, че предава чрез налични на пазара ('off-the-shelf') LED лампи, при намалена интензивност на светлината до нива, близки до изключено състояние.
- От 26.11.2018г. - нови LED осветителни тела, произведени от Lucibel с LiFi от 2-ро поколение pureLiFi
- Jugu LED крушка на фирмата **Velmenni** пренася данни (засега) със скорост 224 Gbps

Именно този факт даде старта на проучванията ми в тази насока - какво толкова ще бъде трудното да се направи прототипна LiFi мрежа – от 2014г. се продават LED осветители с вграден VLC контролер. Стандартът от 2011г. описва функциите на физическия слой, препоръчваните модулационни схеми и обменните съобщения, както и формата на фреймовете. Остава да се анализират предлаганите алгоритми за разпределяне на ресурса и да се помисли за реализация на хендовера.

## Стандарт 802.15.7



- Определя няколко слоя и под-слоеве, за да опрости стандарта и да предложи услуги и логически връзки от по-ниски слоеве към по-високите.
- В WPAN всяко устройство се дава кратък 16-bit адрес или разширен 64-bit адрес.

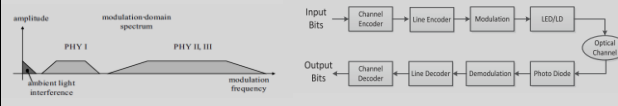
Стандартът определя и физическия слой, и MAC слоя. Той е проектиран предимно за предаване на мултимедийни данни, но може да се ползва и за предаване на други услуги.

Стандартът отчита фактори за предаване с видима светлина като: затъмняване, видимост, цвят за функционалност, стабилизация.

## Типове физически слоеве

Има 3 разновидности на имплементация на VLC системи данни в стандарта 802.15.7:

- PHY I - 11,67 – 226,6Kbps, използва комплексни кодове и кодовете на Рийд-Соломон, приспособен за употреба навън; използва VPPM (Variable pulse position modulation) модулация с кодиране 4B6B или OOK(ON-OFF key) модулация с Manchester кодиране
- PHY II - 1,25Mbps – 96Mbps, използва комплексни кодове, кодовете на Рийд-Соломон, run length limited кодове; използва VPPM (Variable pulse position modulation) модулация с кодиране 4B6B или OOK(ON-OFF key) модулация с кодиране 8B10B.
- PHY III - 12-96Mbps използва CSK(Color Shifting Keying) и модулация/ кодиране – 4-CSK, 8-CSK, 16-CSK



Физическият слой предоставя физическите спецификации на устройствата и връзката между устройствата и преносната среда. Входният битов поток преминава през кодиращия канал, линейно кодиране, при което се ползват конвенционални кодове за подобряване на производителността във VLC системите, а модулацията е OFDM. Потокът се предава на LED за предаване през оптичния канал. Така задачите на физическия слой са: Активиране и деактивиране на VLC приемо-предавателното устройство, избор на Канал, Предаване и приемане на информация, Корекция на грешки и Синхронизация.

Първият вид се ползва за системи на открито, вторият – на закрито, третият е за системи, базирани на RGB цветово кодиране и употреба на детектори.

## Структура на LiFi PHY кадър

Preamble (see 8.6.1)	PHY header	HCS	Optional fields	PSDU
SHR	PHR			PHY payload

## Структура на LiFi MAC кадър

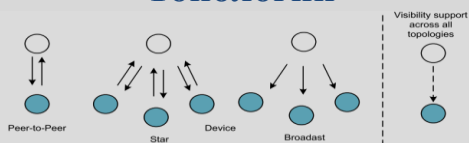
Octets: 2	1	0/2	0/2/8	0/2	0/2/8	0/2/8/16 14	variable	2
Frame Control	Sequence Number	Destina- tion VPAN Identifier	Destination Address	Source VPAN Identifier	Source Address	Auxiliary Security Header	Frame Payload	PCS
Addressing fields							MIDU	MPR

## Класове устройства

- Infrastructure** - статични, роля на координатор, имат "неограничено" снабдяване със захранване
- Mobile** - подвижни, имат умерено захранване, по- ниска мощност за обмен на информация
- Vehicle** - подвижни, много ограничено захранване, по- ниска мощност за обмен на информация

	Infrastructure	Mobile	Vehicle
Fixed coordinator	Yes	No	No
Power supply	Ample	Limited	Moderate
Form factor	Unconstrained	Constrained	Unconstrained
Light source	Intense	Weak	Intense
Physical mobility	No	Yes	Yes
Range	Short/long	Short	Long
Data rates	High/low	High	Low

## Топологии



- В **peer-2-peer** топология две устройства комуникират и едното от двете осигурява поддръжката на комуникацията - то става координатор (Terminal). Данните се предават между устройствата в peer-to-peer връзката.
- В топологията **звезда** всички устройства имат двупосочна комуникация с координатора. Предаването включва данните, изпратени от устройство на координатора и обратно.
- В топологията в **broadcast** излъчване потребителите само получават данни от предавателя. Изпращат се данните от координатора на устройството

Задачите на MAC слоя са: Синхронизация на мрежовите потоци, Цветова функционалност, Поддръжка на видимостта и затъмняването в системата, Поддръжка на визуални индикации за статуса на устройствата и канала за връзка, Сигурността на устройството, Качеството на връзката и Осигуряване на надеждна връзка между двата MAC слоя на отделните пиъри.

Фреймовете на MAC слоя са за предаване на

и  
н  
ф  
о  
р

LiFi предлага изграждане на пълноценна безжична мрежова инфраструктура с двупосочна комуникация - point-to-multipoint или multipoint-to-point. Реализира се с „attocells“ – клетъчни елементи, които са по-малки от типичните радио-честотни елементи. Устройствата се делят в 3 класа според нуждата от захранване, както е представено в слайда.

Възможните топологии са представени на слайда. Повечето демонстрации на VLC технологията са се фокусирали върху увеличаване скоростта на комуникациите point-2-point с еднопосочен канал. За да се реализират предвидените приложения на Li-Fi технологията за изграждане на комуникационни системи, е важно да се осигури обаче възможност за осъществяване на двупосочни (дуплексни) връзки. Това е постигнато за пръв път през 2014г.



Конкурс за заемане на АД: ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Коммуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Видове мобилност

- Само за Mobile и Vehicle устройства.
- Дели се на:
  - Физическа
  - Логическа

В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Поделение на ресурса между потребители се управлява от невидими за човешкото око ефекти: трансмитер с диверсифициращи ъгли на излъчване, алгоритми за групиране по време на потребителите, ортогонално-честотно делене на сигнала. Разполагането на множество 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.

Конкурс за заемане на АД: ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Коммуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Архитектура на Li-Fi мрежа

В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Опростена архитектура на Li-Fi мрежа е представена на слайда. Състои се от Терминална станция, обслужваща приоритизирането и разпределението на получените заявки. Предавател (в случая LED лампа) със светодиоди, приемници (или Li-Fi донгли) с фотодиоди, чрез които се приема изпратена от предавателя информация към съответното устройство. В приемника е монтиран фотодиод, чрез който се преобразуват светлинните вълни в електрически импулси. В предавателя и приемника на системата има цифрови модули, които кодират и декодират данните. Този сигнал, след декодиране, може да бъде интерпретиран от компютъра като поредица от единици и нули.

Конкурс за заемане на АД: ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Коммуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

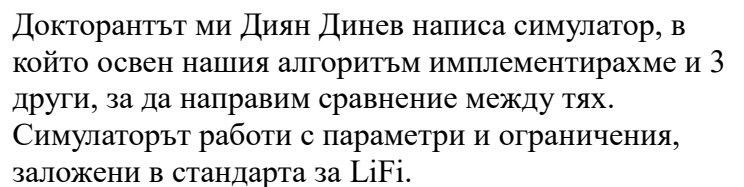
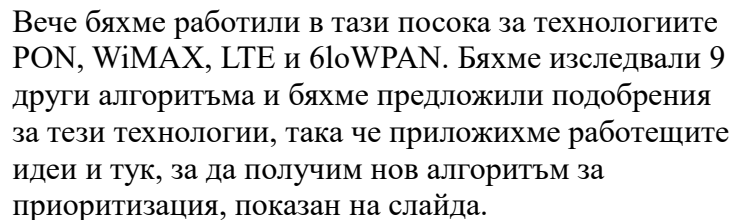
## Алгоритми за приоритизиране на трафика при Li-Fi мрежи

Алгоритъм за приоритизиране на трафика от планировчика на Terminal при Li-Fi безжични мобилни мрежи	Предимства	Недостатъци
Round Robin (RR)	опростена функционалност справедливо разпределение на ресурсите	предоставя по-ниска пропускателна способност не прилага приоритети
First Come First Served (FCFS)	опростена функционалност увеличена пропускателна способност спрямо RR	не прилага приоритети обслужва само 1 устройство в даден момент лесна реализация
Least Number of Sensors First (LNSF)	прилага приоритет; ускорява обслужването на заявки изпикни от малко възли.	използва само един критерий за приоритизиране; не предоставя приоритет на спешен трафик, ако има такъв;
Алгоритъм на Wang	прилага приоритет на база класове услуги справедливо разпределение на ресурсите	използва само един критерий за приоритизиране не взема предвид разстояние до терминала не се проверява дали устройствата са мобилни

В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

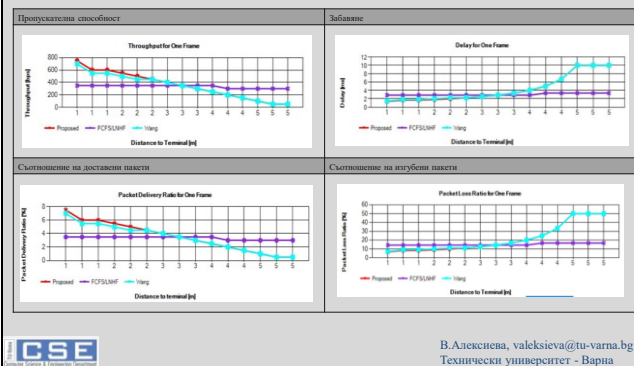
Има патентовани решения, които предлагат различни алгоритми за приоритизация на трафика. Те не са базирани на класическите алгоритми за приоритизация и въпреки, че осигуряват гъвкаво обслужване, предлагат решения за подобряване на QoS само в определени аспекти. От тази гледна точка, голям практически интерес представлява създаването на нови алгоритми за приоритизиране на трафика при използване на Li-Fi технология, съобразени с нарастващите изисквания на потребителите; С цел да се изследва влиянието на алгоритмите за приоритизиране на трафика върху качеството на услугите при Li-Fi мрежите изследвахме 3 стандартни алгоритъма и един предложен от други изследователи. На слайда са представени основните предимства и недостатъци на всеки от изследваните

Вече бяхме работили в тази посока за технологиите PON, WiMAX, LTE и 6LoWPAN. Бяхме изследвали 9 други алгоритъма и бяхме предложили подобрения за тези технологии, така че приложихме работещите идеи и тук, за да получим нов алгоритъм за приоритизация, показан на слайда.



Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Компютърна и комуникационна техника“, УЛ „Компютърна мрежа“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

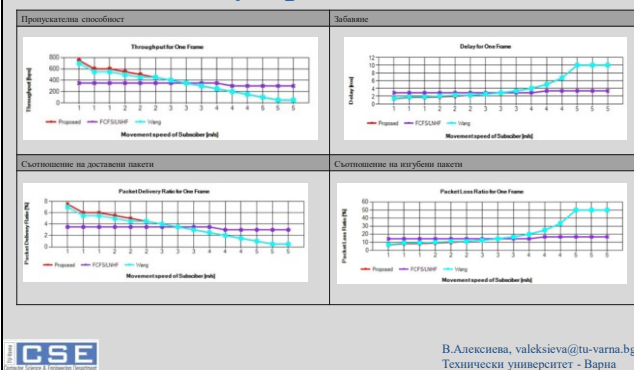
## Резултати за статични Li-Fi устройства



Изследвахме пропускателна способност, забавяне, съотношение на доставени пакети и съотношение на изгубени пакети. Получихме резултати, които показват че при по-малък брой крайни устройства нашият алгоритъм предоставя по-високи стойности за изследваните параметри за устройства разположени в обхват до 5 метра от обслужващата станция. С увеличаване на броя на устройствата обслужването става равномерно, но се предоставят по-добри стойности за най-приоритетните устройства, същото важи и за алгоритъма на Wang докато при останалите алгоритми получените резултати са почти изцяло равномерни.

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Компютърна и комуникационна техника“, УЛ „Компютърна мрежа“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Резултати за мобилни Li-Fi устройства

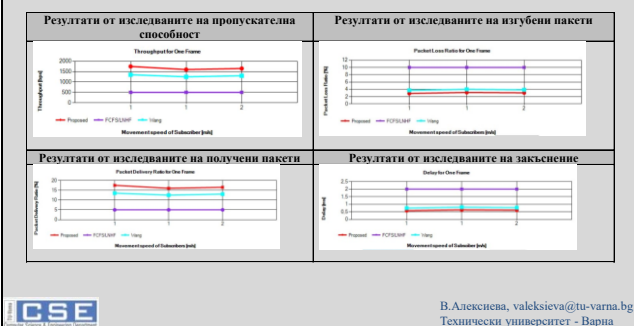


Аналогични изследвания направихме и по отношение на мобилни крайни устройства. Получените резултати показаха, че при по-малък брой устройства нашият алгоритъм предоставя по-високи стойности за изследваните параметри за устройства, движещи се с над 3 км/ч. С увеличаване на броя на устройствата в обхвата на клетката обслужването става равномерно, но се предоставят по-добри стойности за най-приоритетните устройства, докато при останалите алгоритми получените резултати са почти изцяло равномерни.

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Компютърна и комуникационна техника“, УЛ „Компютърна мрежа“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Изследване на прототипната Li-Fi мрежа

- Резултати след извършване на хендовър за мобилни Li-Fi устройства



Нашият алгоритъм за приоритизиране на трафика подобрява качеството на обслужване за по-бавно движещите се потребители след извършване на хендовър.

Забелязва се, че в зависимост от увеличението на скоростта им и по-ниския им приоритет, съответните параметри влошават своите стойности. Резултатите при алгоритъма на Wang са съизмерими. При другите 2 алгоритъма параметрите остават равномерни за всички устройства.



Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Прототипна мрежа за Li-Fi комуникация

В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Следващата стъпка беше да си изградим прототипна Li-Fi мрежа, с която да изследваме приложимостта на нашия алгоритъм. Закупихме 3 LED лампи - предаватели и 3 приемника. LED лампите и Li-Fi Tx/Rx са изработени по наша поръчка от фирмата „Research Design Lab“. Чрез тях се осъществява серийно предаване на текстови данни на разстояние от 2 m между предавателя и приемника. Предаването се извършва при отсъствието на различни смущения в комуникационната среда в стая със средна осветеност 20,6 lx. На слайда е представена реализираната прототипна Li-Fi мрежа за топология

Мрежата е изградена от следните компоненти:

- 2 компютъра, между които се осъществява предаването на информацията;
- Arduino Uno контролери за програмиране на предавателя (Tx) и приемника (Rx);
- LED лампа – осигуряваща комуникацията (точка за достъп);
- Li-Fi предавател (Tx) и Li-Fi приемник (Rx)

Направихме експериментални изследвания за влиянието на различни видове смущения в комуникационната среда. Част от направените експерименти са направени в стая с южно изложение на дневна светлина между 13 и 17 часа следобед, при наличието на директна слънчева светлина, влизаща през прозорците.

Измерва се максималното разстояние между предавателя и приемника, когато комуникацията се осъществи без грешки.

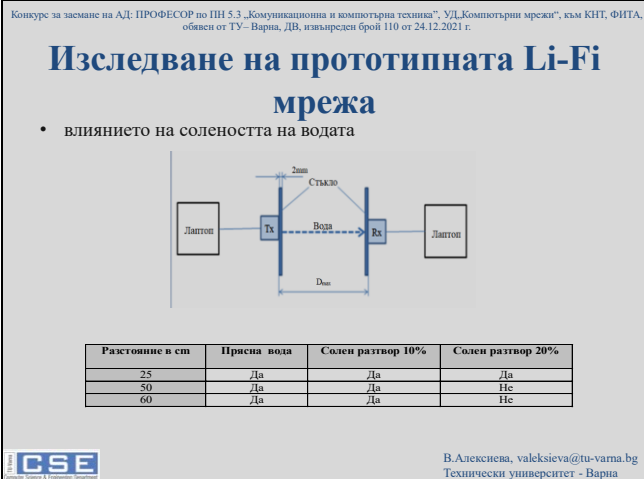
Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Комуникационна и компютърна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Изследване на прототипната Li-Fi мрежа

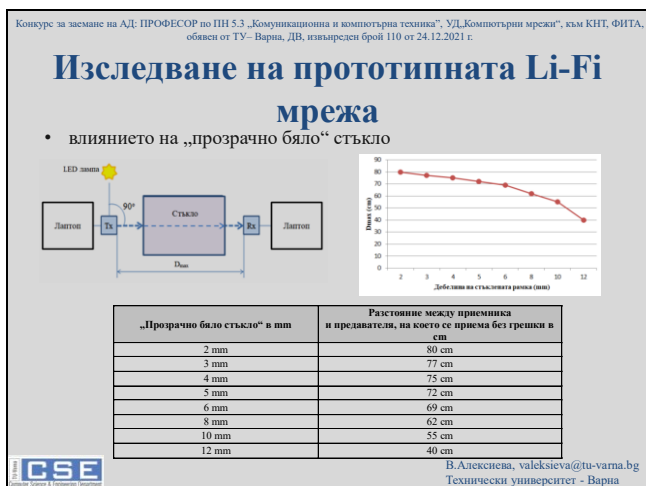
- влиянието на слънчевата светлина

Осветеност (lx)	Максимално разстояние (m)
75.20	0
37.60	0
18.80	0
7.52	10
3.76	20
3.00	30
2.00	40
1.00	50
0.50	60
0.25	70
0.125	80
0.0625	90

В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна



Направихме експерименти за влиянието на прясна и солена вода (10% солен разтвор и 20% солен разтвор). Въздухът като възможна преносна среда не влияе на експеримента, тъй като модулите на предавателя и приемника са залепени за стъклото на аквариума. Целта е да се оцени влиянието на солеността на водата върху успешното предаване на данни. В показаната таблица са показани резултатите от направените изследвания.



Направени са изследвания на разработената прототипна Li-Fi мрежа при наличието на различни дебелини стъкла. На графиката е показано влиянието на дебелината на стъклото върху разстоянието, на което се предава без грешки.



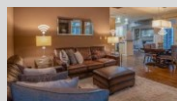
Направени са изследвания на разработената прототипна Li-Fi мрежа за загуба или неправилно получени символи при реализация на хоризонтален хендвер в мрежа с 3 предавателя. За целите на експериментите са използвани файлове от 10 000 и 100 000 символа. Различните скорости на движение на потребителското устройство и различните разстояния между Tx и Rx също се вземат предвид. За прехващане и отчитане на трафика е използван снифера Wireshark.

От получените резултати се вижда, че при скорост от 1 m/s всички данни, изпратени от предавателя, са получени успешно без загуби и без погрешно получени пакети при преминаване от една точка на достъп до друга. С увеличаването на скоростта се наблюдава увеличение на процента на неправилно получени или неполучени данни.

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Компютърна и комуникационна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Възможни приложения

- Здравеопазване
- Образование
- Търговия на дребно
- Авиация
- Изложбена индустрия
- Добив на нефт и газ
- Умни градове
- Умни домове



В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

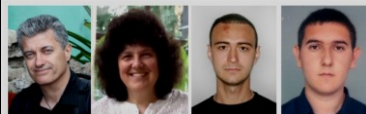
Къде може да намери приложение тази технология е изредено в слайда:

В Smartcity, smartbuilding т.к. решават икономично въпроса с достъпа до Интернет. Всяка улична лампа може да стане безплатна точка за достъп до мрежата. В специфични и опасни производства, където не трябва да има електростатика (възникване на искри). Употребата на радио-честоти може да генерира антенни искри, докато при възможностите на LiFi технологиите такива не са необходими. В болниците - да се произведат „умни“ инструменти за манипулации и smart health приложения, включително миниатюрни и нано-инструменти, за употреба с ръка.

По улиците - за контрол над движението и в светофарните уредби. Ако автомобилите имат вградени светодиоди в сигналните си светлини и фаровете ще могат да комуникират един с друг или със светофарните уредби. Ще осигури връзка на навигационните и локационни системи, за да се предотвратяват инциденти.

Конкурс за заемане на АД, ПРОФЕСОР по ПН 5.3 „Компютърна и комуникационна техника“, УД „Компютърни мрежи“, към КНТ, ФИТА, обявен от ТУ – Варна, ДВ, извършен брой 110 от 24.12.2021 г.

## Екипът ни



MULTI-COMMUNITY AND NON-DISCLOSURE AGREEMENT  
Signed: 27/9/19.  
WITNESSES:  
(1) patrick@tdi.com located in Scotland, UK, (2) ONMART, the registered office of which is at Second Floor, Rosslyn House, 9 Haymarket Terrace, Edinburgh EH12 5SD, and  
(3) Technical University of Varna, Faculty of Computer Science and Automation, Computer Science Department, Department of Varna, 800000000, the registered office is at the office of business of which is at 1, Kabanovskite Str., Varna, 9110, which is entering into this agreement on behalf of itself and its affiliates.  
NOTES:  
The parties have agreed to discuss potential business opportunities and have agreed to discuss information to each other on the terms and conditions set out below.



- Работи по темата от 2017г.
- Финансиран е по два проекта по НИР – ПД6/2019 и НПС/2019
- Защитена е дисертация на ас. Диян Динев по темата QoS в LiFi
- Публикувани са 9 доклада и статии, от които 5 индексирани в Скопус
- Цитирани са 2 пъти в Скопус и 1 път извън Скопус
- Прототипната мрежа е представена на изложение „Хемус 2020- отбрана, антитероризъм, сигурност“ в Пловдив 2020г. като разработка на ТУ-Варна
- Включена е тема в ръководство за лу „Безжични комуникации“ с автори В.Алексиева, Х. Вълчанов, А. Хък, Д. Динев от 2020г. – тема 7 и приложение 4 - прототипната мрежа и симулаторът се ползват в упражнението в дисциплината „Безжични комуникации“ на специалност КМК, ОКС „Магистър“

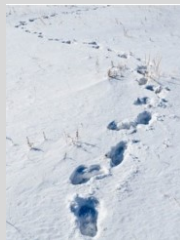


В.Алексиева, valesieva@tu-varna.bg  
Технически университет - Варна

Тръгнах сама по този път, намерих съмишленици и те повярваха в идеите ми и ме подкрепиха. Заедно постигнахме много, както виждате на слайда.

Надявам се да продължаваме да работим заедно и да постигаме повече.

## А сега накъде?



**...по нататък не е утъпкано...**

И ще завърша с цитат от Блага Димитрова: „ Стъпки в снега. Диря остава, когато се върви по неутъпкано. Някой е минал оттук. Стъпки в снега. Трябва и друг да тръгне по тях, за да станат пътека. Стъпки в снега. Водят нагоре в планината. Към връх? Или към пропаст? Стъпки в снега. Карат ни настойчиво да тръгнем по тях, да ги продължим по-нататък. Накъде? По- нататък не е утъпкано.“