



СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
„СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ”

СТОПАНСКИ ФАКУЛТЕТ
КАТЕДРА „СТОПАНСКО УПРАВЛЕНИЕ”
СПЕЦИАЛНОСТ УПРАВЛЕНСКИ ИНФОРМАЦИОННИ СИСТЕМИ



СУ „Св. Климент Охридски”
КУРСОВ ПРОЕКТ
Ступански факултет
Студентски разработки
на тема:

**Li-Fi: нова концепция за обмен на
информация по безжичен път**

ИЗГОТВИЛ:

Стела Стоилова
факултетен № 11028

ПРОВЕРИЛ:

Ас. Албена Антонова

СЪДЪРЖАНИЕ

I. УВОД.....	3
II. ИЗЛОЖЕНИЕ.....	5
1. Теоретичен обзор върху темата:	5
1.1. Инфрачервени лъчи	6
1.2. SIM OFDM.....	6
1.3. Light Fideliti (LiFi) vs VLC	7
1.4. Предпоставка за комерсиализация на технологията.....	9
2. Стартъп Velmenni	11
3. Други потенциални приложения:.....	12
4. Обобщени предимства и недостатъци на технологията Li-Fi.....	13
5. Как Li-Fi би променил нашия ден?	14
III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ	15
IV. Използвани източници:.....	16

СУ "Св. Климент Охридски"
Стопански Факултет
Студентски разработки

I. УВОД

Интернет на нещата (IoT)¹ – единната мрежа, която свързва хиляди обекти от реалния свят с виртуалния свят, предопределя нашето ежедневие, мени навиците ни, създава нов пласт на комуникация между хора и устройства, е широко дискутирано явление, което има своите поддръжници и опоненти. Безспорната му полза е, че може да освободи човека от редица рутинни дейности, да му помогне да ги свърши навреме и от разстояние. Концепцията за Интернет на нещата се разработва активно от 2010 г. насам. Интернет отдавна се превърна в комунална необходимост по подобен начин на електричеството и водата. Най-популярната технология за пренос на данни в момента е безжичната радио-технология WI-Fi. В глобален мащаб тази технология коства на човечеството над 1.4 милиона радио антени и над 5 милиарда мобилни телефони - с тях се трансферират 600 терабайта (6 с 14 нули) данни всеки месец. Преносът на радио вълни има своите ограничения - първо, те са в определен спектър: от 100 км до десети от милиметъра. За да се генерират е нужен проводник, по който протича променлив ток с висока честота. За да се излъчат е нужна антена, а за да се приемат - съответната приемна антена. При експоненциално растящите месечни трансфери спектърът и скоростта за предаване на информация чрез тази технология се изчерпват. Второ: Радио-вълните не са достатъчно ефективни. Предаването им е свързано с енергия, по-голяма част от която отива за охлаждане на базовите станции, които ги произвеждат и транслират. Изчислено е, че близо 95% от енергията се консумира именно за охлаждане. Това прави приложението им скъпо. Трето: Радио-вълните интерферират. Събрани в близък периметър много от масовите устройства предизвикват взаимни смущения – всеки се е сблъсквал с необходимостта да изключи мобилното устройство по време на полет, или при пребиваване в медицинска лаборатория. Четвърто: Радио вълните не са достатъчно сигурни - те преодоляват физически прегради, проникват през стените на сградите, те могат да бъдат прихванати и употребени за непочтени намерения, или просто, за да се възползват от услуга, която вие заплащате.

Основната цел на настоящата курсова работа е да илюстрира нова, революционна технология за пренос на данни с помощта на светлината, наречена LI-FI.

¹ https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_Things

Поставените задачи са: Да се въведат причините за заместване на сега съществуващите безжични технологии. Да се представят съществуващи прототипи на стартап фирмата Velmenni².

Използвани методи за изясняване на изследвания случай са: преглед на научна документация, анализ на теоретични и лабораторни изследвания, наблюдения и др.



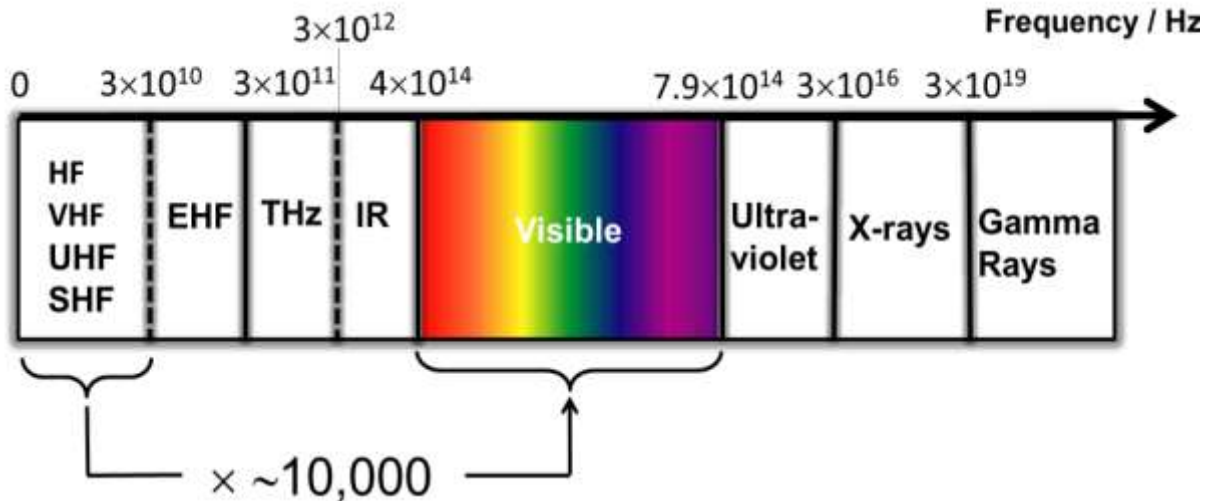
СУ "Св. Климент Охридски"
Стопански Факултет
Студентски разработки

² <http://velmenni.com/>

II. ИЗЛОЖЕНИЕ

1. Теоретичен обзор върху темата:

Светлината ни е създала – нас, живота на нашата планета, поддържала ни е и ни поддържа живи милиони години назад. Анализът на вълновия спектър показва, че диапазона на радио-вълните е 10 000 пъти (10^4) по-тесен от светлинния:



Фиг.1 – Електромагнитен спектър.

Източник: Haas, Li-Fi workshop

Ако се върнем назад и решим да изчислим как трябва да разширим инфраструктурата, обезпечаваща Wi-Fi излъчването, така че да догони капацитета на светлинния спектър, излиза, че е необходимо да се монтират $1,4 \cdot 10^6 \times 10^4$ радио антени! В същото време броя на осветителните тела и монтираните в тях крушки е значително по-голям.

В това именно се състои гениалността на идеята, предложена от проф. Харалд Хаас от Единбургския университет преди четири години. Професорът оглавява катедрата по мобилни комуникации на университета. Той е в основата на идеята да се изобрети прототип на крушка, която да позволи трансфер на данни със светлина – **Li (Light) -Fi (Fidelity)**.

Прилагането на подобна технология ще изиска замяна на крушките с нажежаема жичка (традиционните), флуоресцентните тръби и други класически осветителни елементи, със светодиодни. **Светодиодът** е полупроводник с много подходящи характеристики, защото **неговата интензивност може да бъде модулирана**. Интензивността му може да се манипулира с високи скорости. Може да се изключва при много високи скорости без това

да го повреди. При класическия източник на светлина – крушката с нажежаема жичка - а и при много други електроуреди, които работят с ток за бита, най-рисков е момента на „запалване“ – рязкото подаване на напрежение- това са масовите поводи крушките „да изгарят“.

1.1. Инфрачервени лъчи

Най-близкият спектър до видимия, с който имаме ежедневна работа, е инфрачервения. На него се базира работата на всички дистанционни управления. В тях са монтирани червени светодиоди. Дистанционното управление излъчва **единичен нискочестотен поток от данни**, от 10 000 – 20 000 бита в секунта.

Екипът на проф. Хаас прави опит да замени дистанционното управление със светодиодна крушка. Тя не излъчва единичен поток от данни, а *хиляди паралелни потоци* (светлината ни облива, за разлика от единичния насочен сноп). Друга важна разлика е, че светлината, както ни е известно, се движи с най-високата скорост в познатия ни, релативистичен свят.

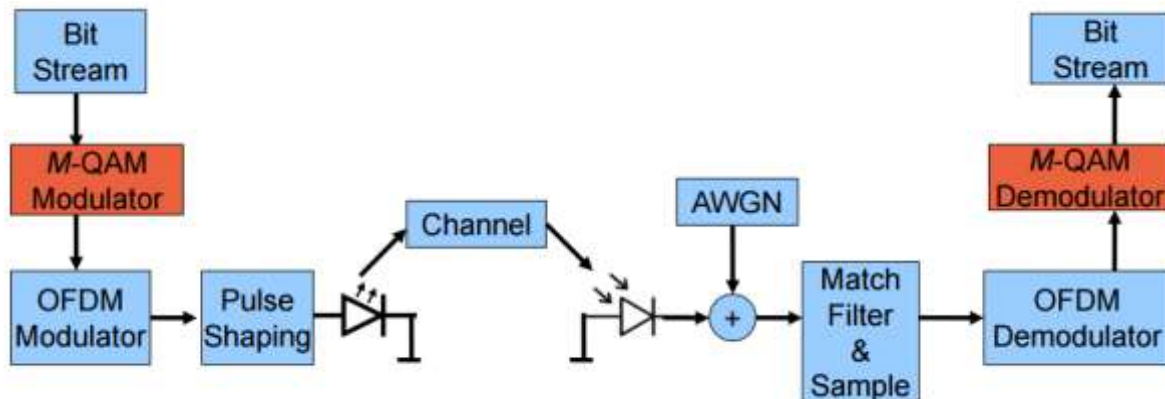


1.2. SIM OFDM

OFDM е абривиатурата на технологията, която позволява в частност и светлината да пренася данни. **Orthogonal Frequency-Division Multiplexing**³ (ортогонално честотно разделяне и мултиплексиране) е метод за кодиране на цифрови данни за множество от носещи честоти. Това е схема за широколентова цифрова комуникация, прилагана в

³ https://en.wikipedia.org/wiki/Orthogonal_frequency-division_multiplexing

цифровата телевизия и аудио-излъчване, 4G мобилните комуникации и др. Основното предимство на тази технология, спрямо старите технологии „с единичен носител“ е способността да се справят с намаляването на високите честоти в дълъг меден проводник, или близкочестотна интерференция и селективно затихване, без да се налага междинно прилагане на еквилайзери (филтри за изравняване) на импулсите.



Фиг.2 – Трансформация на сигнала при OFDM технология.

Източник: Презентация „Pulse Shaping in Unipolar OFDM based Modulation Schemes“⁴

СУ „СРЪНКА“ ИТ ФАКУЛТЕТ
 Стопански Факултет
 СТУДЕНТСКИ РАЗРАБОТКИ

Схематизираният по-горе процес позволява трансформация на прекъснат в непрекъснат сигнал, с цел получаване на аналогов сигнал, подходящ за модулация към устройство (LED крушка).

1.3. Light Fideliti (LiFi) vs VLC

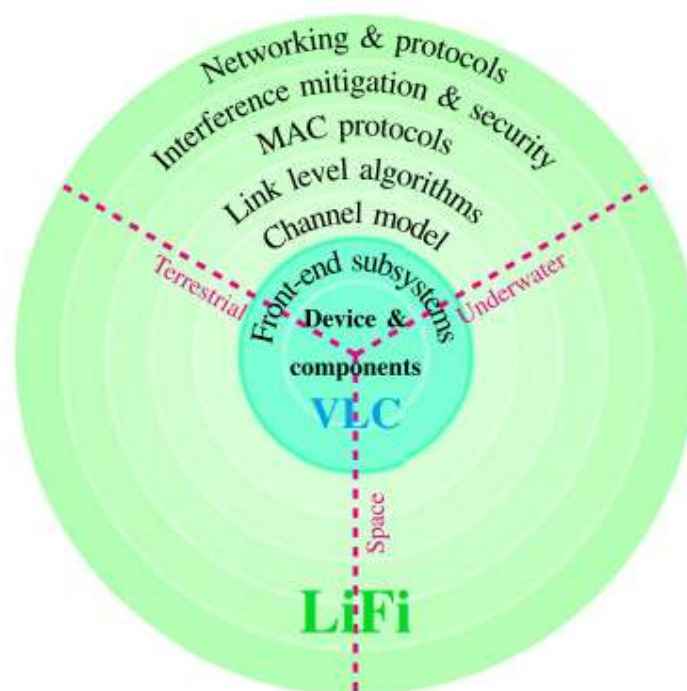
LI-FI е комуникация в спектъра на нано-вълните, произведени от диоди излъчващи светлина (LED). Широкото разпространение на този тип осветление в офиси, по домовете, по улиците, е предварителна „добавена стойност“ към пазарната реализация на тази, за сега, лабораторна технология. Тя често е сравнявана с друга, светлинно базирана технология, каквато е **VLC** (visible light communication). При тази, по-стара по произхода си технология, в приемното устройство сигнала се отчита (регистрира) от фотодиод. Детекцията е директна и основно този тип технология замества употребата на кабел „от точка-до точка“ (point-to-point data communication technique). Технологията VLC е приета и

⁴ http://www.bu.edu/smartlighting/files/2012/10/Hass_Pulse_Shaping_Presentation.pdf

инкорпорирана в стандарта IEEE 802.15.7. Това са групата утвърдени стандарти за локални LAN и MAN мрежи, поддържани по безжичен път.⁵

Предстои към този стандарт да се добави и LI-Fi.

За разлика от point-to-point VLC технологията, LiFi предлага изграждане на пълноценна безжична мрежова инфраструктура, двупосочна point-to-multipoint или multipoint-to-point комуникация.



Фиг.3 Основните гравидни елементи на LiFi технологията, необходими за създаване на оптична мрежа от attocells и областите на нейното приложение.

Източник: Journal of LightWare Technology

Реализацията и е възможна с така наречените „attocells“ – клетъчни елементи, които са по-малки от типичните радио-честотни елементи. Така може да се формира нов слой в съществуващата хетерогенна безжична среда.

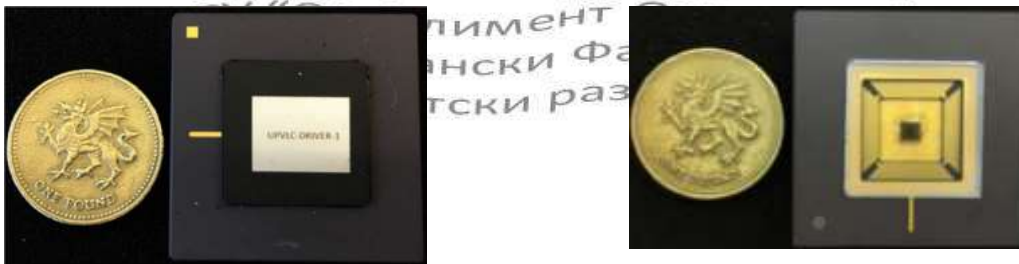
В ядрото на схемата (Фиг 3.) са нови устройства като Галиев Нитрид (GaN), микросветодиоди и еднофотонни лавинни диоди. Те се вграждат в челните части на адаптивната оптика и в аналоговите вериги, за да управляват LED и да оформят сигнала, получен от фотодиода на приемника. Следва слой, в който се анализира спектралния състав

⁵ https://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15

и кохерентността на използваната светлина. След него се разполага слой на т.н. Linklevel algorithms, със задача да се оформят сигналите така, че да пропускат максимален пакет данни. Следва MAC слоя (medium access protocol), който обезпечава многопотребителски достъп. Над него е слоя, съдържащ необходимите техники за намаляване на смущенията и гарантиране нивата на добрата средна пропускателна способност. Най-накрая, във външния слой, оптичната attocell мрежа трябва да бъде интегрирана в софтуерно-дефинирани мрежи, управлявани при съответните нива на контрол.

1.4. Предпоставка за комерсиализация на технологията

Залог за възприемането на описаната технология в IoT или 5G (пето поколение клетъчни системи) е да се проектира евтин и с ниска консумация приемник и предавател, поместен в ергономичен дизайн.

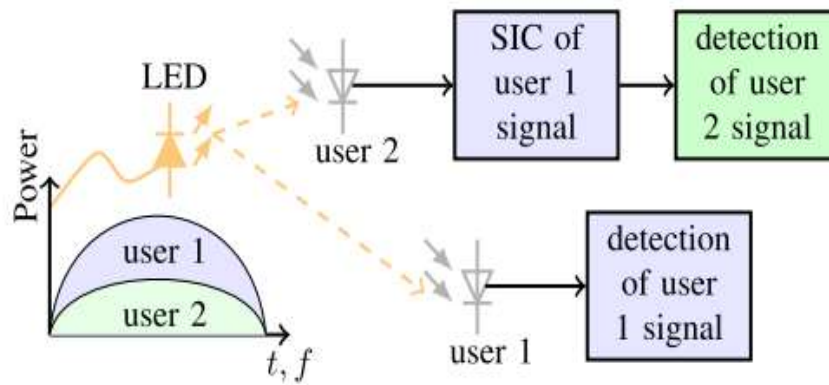


Предавател

Приемник

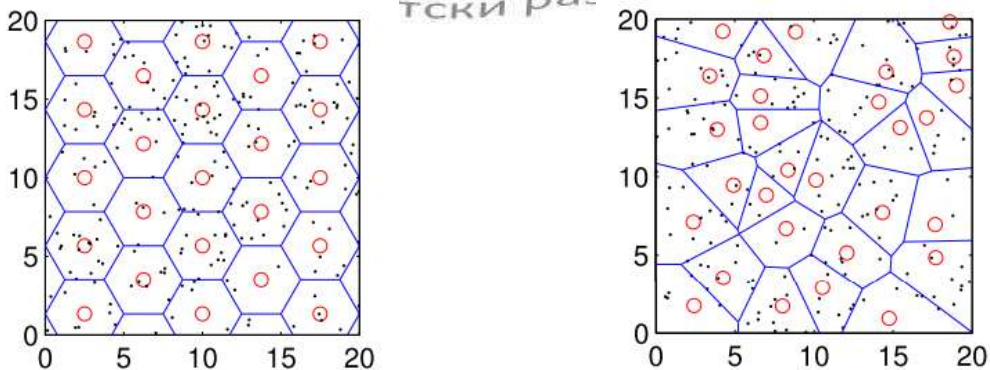
Реализираните дотук прототипи са с 3мм дебелина и площ $3,3 \times 3,3 \text{ cm}^2$

Многопотребителския достъп се управлява с набор от техники: трансмитер с диверсифициращи ъгли на излъчване, алгоритми за групиране по време на потребителите (приемниците), ортогонално-честотно делене на сигнала и др., невидими за човешкото око ефекти.

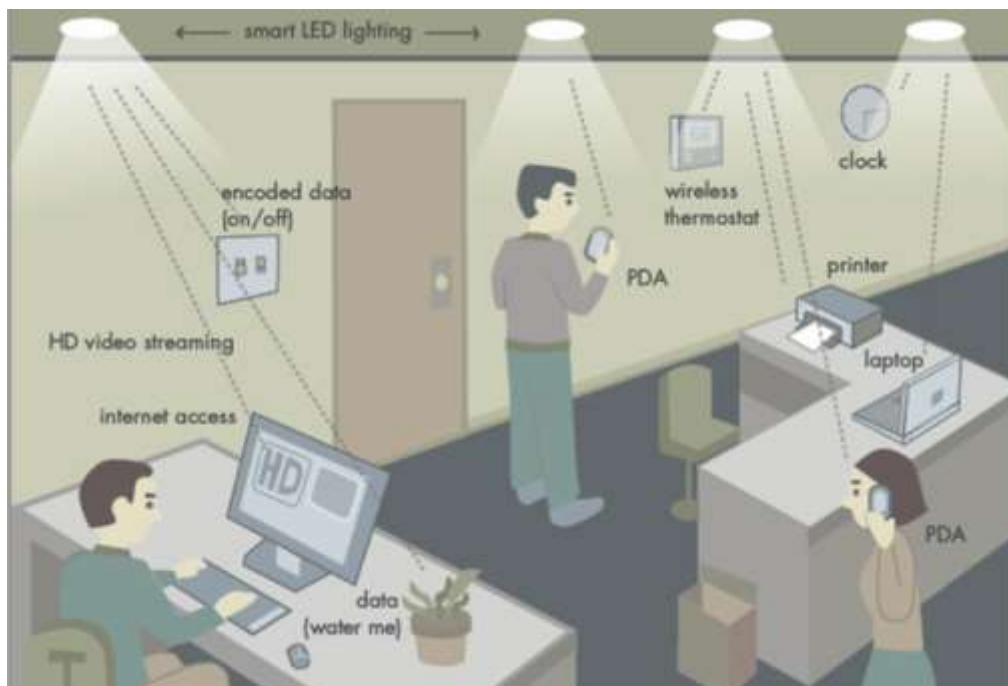


Фиг.4. Поделяне на ресурса в мрежа с двама потребители

Възможното аранжиране на мрежата (Фиг. 5) е възпроизведено в тестови помещения с размер 20 x 20 метра. Червените кръгове индикират позициите на оптичните AccessPoints, които съчетават в себе си функцията и на осветителни тела, а точиците задават възможните местонамираня на терминалите- смартфони и други устройства, консуматори на Internet-of-Things.



Фиг.5. Пример за аранжиране на помещение с Li-Fi точки за достъп



Фиг. 6. Бъдещето на малкия офис може да изглежда така

Източник: Brandsynario⁶

СУ "Св. Климент Охридски"
 Стопански Факултет
 Студентски разработки

2. Стартъп Velmenni

Велмени е естонски стартъп с филиали в Делхи. Преди 3 години те представиха своя демонстратор на видима светлина:

Настолна лампа със светодиодна крушка (носител) на цена \$3-4 е поставена на равна повърхност с отвор. Зад отвора има приемник. Приемникът конвертира малките, едва доловими промени в амплитудата на електрическия сигнал. Бързата манипулация (включване-изключване) на сигнала се трансформира във високоскоростен поток от данни в двоичен код: *включването* на диода е логическа „1“, а *изключването* му- „0“. Демонстрацията показва как, след като светне настолната лампа, на LED екран започва да тече HD видео, прието чрез светлинния лъч от вграден в матрицата на екрана приемник.

- **Jugnu LED bulb**

Директор на стартъпа е мъж с индийски произход. Може би затова иновативната ЛЕД крушка е кръстена jugnu, което на хинди значи светулка. Тя може да пренася данни (засега) със скорост 224 Gbps, т.е. около 2,3 пъти по-бързо от WIFI мрежа.

⁶ <http://www.brandsynario.com/li-fi-technology-proves-to-be-100-times-faster-than-wi-fi/>



Източник: <http://velmenni.com>

Обслужваме целите на осветлението, но също така и предаваме информация, и независимо каква друга светлина има в пространството, приемникът се интересува точно от тези, конкретно доловими промени, които идват от светодиодната „светулка“. Разбира се, за да работи, тя трябва винаги да свети. Преди да се избърза с критиката, нека помислим, че светлината може да бъде затъмнена до ниво, при което изглежда изключена! И въпреки това данните ще продължат да се предават.

3. Други потенциални приложения:

Разгледаните технологии LI-FI могат да намерят приложение на най-невероятни места. В рамките на развитието на Интернет на нещата, както и създаването на различни интелигентни пространства – Smart city, smart building, и тн., все още един от ключовите въпроси остава достъпа до електроенергия и свързаност към интернет.

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. На площадките и в производствените бази светлина има навсякъде.

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. Автомобилите имат вградени светодиоди в сигналните си светлини и фаровете – защо да не могат да комуникират един с друг, или с трафик контрола? Защо, правейки моментална високоскоростна връзка с навигационните и локационни системи, да не предотваряваме инциденти така?

Всяка улична лампа може да стане безплатна точка за достъп до мрежата. През нея можем да навигираме, да слушаме музика, или да изтеглим филм.

Единственото условие, за да се случи това е в светодиодната крушка да се интегрира микрочип, чрез който да се комбинират двете функции – осветление и безжично предаване на данни.

4. Анализ и обобщение на предимствата и недостатъците на технологията Li-Fi

- **Капацитет:** 10^4 по-голям спектър и вече изградена инфраструктура.
- **Ефективност:** на първо място имаме устройство за осветление, което си върши работата като такова, т.е. енергийният бюджет, който по принцип ни коства осветлението, прави безплатно предаването на данни. Минимални енергозагуби.
- **Наличност:** Всичко, свързано със зрителните възприятия, изисква светлина. Ползваме я, за да вършим работата си в ежедневието. Смарт телефона има вградена светкавица, тя идва от светодиод - нека да мислим за всичко това, като за потенциален източник за предаване на данни с висока скорост.
- **Сигурност:** Светлината не прониква през прегради, независимо от органично или неорганично естество, те спират пътя и. Ако в едно помещение се предават секретни данни именно по тази безжична технология, няма как в друго помещение, отделено с преграда, те да бъдат прихванати и рзчетени. Данни има само там, където има светлина.

Какъв е потенциала на показаната технология е отвъд границата на моментното ни въображение.

Недостатъци:

- Всяка преграда пред видимата светлина ще прекъсва предаването на данни (сянка).
- Производителите на мобилни устройства и светодиодни лампи трябва да обезпечат приемащата технология – чипове към съществуващи устройства, или нови, съвместими с технологията такива, за да заработи.
- В близките 3-5 г. технологията няма перспективи да се масовизира, поради необходимост от справяне с размера на предавателя и приемника и създаване на множество устройства, което е предизвикателство пред индустриалния дизайн.
- Замяната на една технология с друга неизменно е свързано с генериране на отпадъци и нуждата от интелигентно организиране на тяхното събиране и рециклиране.

- В своя бит хората не биха били склонни да изхвърлят работещите си устройства, преди те да се повредят.

5. Как Li-Fi би променил нашия ден?



Източник: <http://blog.jammer.su/2014/07/li-fi-ili-10-gb-sek-bez-provodov/>

- 1.1. Със събуждането си и включване на осветлението ще получаваме новините на смарт устройствата (таблет, телефон);
- 1.2. Всеки източник на светлина на работната ни маса ще е достатъчен да изпратим кореспонденцията си;
- 1.3. Шофирайки ще можем да подадем автоматичен сигнал за препятствие към навигационната система на стоящия зад нас автомобил;
- 1.4. Светофарната уредба ще може да синхронизира изключване на двигателя, с цел понижаване на разхода и въглеродните емисии, както и да ни уведоми за задръстванията по избрания от нас маршрут.
- 1.5. Комуникацията в офиса е секюритизирана в обема на помещението, където пребиваваме;

1.6. На път обратно за дома преподаватели от витрините на магазините информират за текущи кампании, в ресторанта менюто се листва на смарт устройствата ни, чрез които във всеки момент можем да оставим и обратна връзка за нивото на обслужване;

1.7. В публичните пространства- галерии, концертни зали, осветлението над експонатите предава към смарт-устройствата ни информация за изложените предмети.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В изложението на конкретния казус бяха въведени на популярен език достиженията в разработване на нова технология за безжичен пренос на данни с помощта на светлината.

Мотивирани бяха причините за търсене на алтернативна технология, която да отговори на нарастващите нужди за консумация на интернет в обществото. Илюстриран бе опита на стартъп компанията Velmenni – флагман в адаптиране на лабораторната технология за бизнес и битови нужди. Макар пред технологията да има редица предизвикателства преди да стане достъпна за масова употреба, бъдещето и е доловимо и ясно очертано.

С гордост можем да споменем и „българската връзка“, младите учени, които са част от екипа на проф. Хаас в Единбург. Това са Доброслав Цонев и Стефан Видев – инженери в LiFi Research and development Centre.

Успехът на една промяна на атомарно ниво се свежда до осъществяване на индивидуални преходи и преоценки вътре в хората. Приложимостта на една технология трябва да се съобразява с готовността обществото да я усвои. Очертана бе една съвсем осезаема визия на *чисто, зелено и светло* бъдеще.

IV. Използвани източници:

1. Haas, Harald et al, "What is LiFi", Journal of lightwave technology, vol.33
2. Персонален сайт на проф. Хаас: <http://www.lifi.eng.ed.ac.uk/>
3. <http://velmenni.com/>
4. BBC Knowledge, бр 74, феб.2016, стр. 86
5. <http://fugenx.com/li-fi-that-could-make-internet-100-times-faster-than-wi-fi/>
6. <http://www.theengineer.co.uk/microscopic-leds-could-speed-up-wireless-communication/>
7. Други, изнесени под черта в проекта.



СУ "Св. Климент Охридски"
Стопански Факултет
Студентски разработки