



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ
ФАКУЛТЕТ ПО ТЕЛЕКОМУНИКАЦИИ
Катедра Радиокомуникации и Видеотехнологии

маг. инж. Цветан Иванов Вълковски

ИЗПОЛЗВАНЕ НА ОПТИЧНИ МЕТОДИ ЗА СЪБИРАНЕ И
ПРЕДАВАНЕ НА АУДИО СИГНАЛИ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

на дисертация за придобиване на образователна и научна степен
"ДОКТОР"

Област: 5. Технически науки
Професионално направление: 5.3. Комуникационна и компютърна техника
Научна специалност: Кабелни и оптични комуникационни системи

Научен ръководител: доц. д-р инж. Калин Лъчезаров Димитров

СОФИЯ, 2022 г.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита от Катедрения съвет на катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“ към Факултет по Телекомуникации на ТУ-София на редовно заседание, проведено на 06.06.2022 г. / протокол № 34.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 03.10.2022 г. от 13:00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед № ОЖ-5.3-24 / 05.07.2022 г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. Проф. д-р инж. Снежана Георгиева Плешкова-Бекярска – председател
2. Доц. д-р инж. Росен Георгиев Милетиев – научен секретар
3. Проф. д-р инж. Димитър Ценов Димитров
4. Проф. д-р инж. Тодор Димитров Ганчев
5. Проф. д-р инж. Валентина Илиева Маркова

Рецензенти:

1. Проф. д-р инж. Снежана Георгиева Плешкова-Бекярска
2. Проф. д-р инж. Димитър Ценов Димитров

Материалите по защитата са на разположение на интересувашите се в канцеларията на катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“ към Факултет по Телекомуникации на ТУ-София, блок № 1, кабинет № 1254.

Дисертантът е докторант към катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“ към Факултет по Телекомуникации. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като резултатите от тях са публикувани. Част от изследванията са вследствие на работата по научноизследователски проекти.

Автор: маг. инж. Цветан Иванов Вълковски

Заглавие: Използване на оптични методи за събиране и предаване на аудио сигнали

Тираж: 30 броя

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Събирането и предаването на аудио информация има широко приложение навсякъде в модерният свят. Изследването на източници на шум (като транспортният трафик, индустриални структури, шум от преминаващи тълпи от хора и други) е от голямо значение при изграждането на инфраструктурите на умните градове в наши дни.

Съществуват множество методи за събиране и предаване на аудио информация, като в повечето случаи конвенционалните такива (чрез стандартни динамични, капацитивни, електретни и други широкоизползвани микрофони) са неприложими по ред причини свързани с корозоустойчивост (подложени на атмосферните влияния), невъзможност от събиране на аудио информация от среда с множество странични шумове и смущения, ограничения в честотният диапазон, смущения породени от електромагнитна и радио-честотна интерференция и други.

Поради тази причина се налага използване на неконвенционални методи за събиране и предаване на аудио информация чрез оптични методи. С тези подходи се предотвратяват трудностите от страна на смущения породени от електромагнитна и радио-честотна интерференция от предаването на сигналите по медна кабелна мрежа. Има възможност за събиране на аудио информация от среди с множество странични шумове, като е възможно шумоподтискане и концентриране на регионите на интерес. Има възможност за отчитане на ниски честоти, които са с по-ниски стойности от честотните диапазони на широкоизползваните стандартни микрофони. Благодарение на оптичната среда се постига висока скорост на предаване на информацията, която минимализира закъсненията и увеличава предимствата за следене в реално време. Премахва се възможността от „подслушване“ на канала за връзка поради използването на оптична свързаност.

В последните години се наблюдава силен интерес и все по-голяма приложимост на неконвенционалните методи за събиране и предаване на аудио информация, като първите разработки са от края на миналият век и ежегодно се разработват все по-нови методи, намиращи широка приложимост в инфраструктурите изграждащи умните градове, иновациите в производството, т.нар. Индустрия 4.0, различните интелигентни системи за мониторинг на процесите в устройства, превозни средства и интересът към все по-голяма автономност на различните типове системи заобикалящи съвременният човек.

Целта е да бъде направен подробен анализ на използваните методи и разработки в сферата, техните предимства и недостатъци. Да се обърне внимание върху подобряването на някои техни параметри. Да се разработят оптични методи за събиране и предаване на аудио информация на базата на разработки свързани с оптоакустичните ефекти и безжичните оптични системи за предаване на информация чрез светлинни сигнали, като се обърне внимание на фундаменталните закони на оптиката, акустиката и преходните процеси.

Изграждането на корелационни връзки между различни типове информация е от особено значение при изграждането на многокомпонентни сензорни системи за контрол и мониторинг на процеси. Комбинирането на различни на пръв поглед методи като оптичните методи за събиране на аудио информация и термографските методи за изследване на топлинното излъчване на телата дават предпоставки за бъдещо развитие и подобряване системите за контрол и мониторинг в различни сфери като инфраструктурата в умните градове, иновациите в производството и разработките на системи за контрол и мониторинг в моторните превозни средства. Използвайки различни статистически методи

за обработка на събраната информация е възможно да се представят подробни анализи, предсказване на събития и контрол не само върху външни влияещи процеси, но и взаимоконтрол между различните сензорни мрежи в една система.

С помощта на оптичните методи за събиране и предаване на аудио информация и статистическите методи за корелационни връзки между тях, могат да се осъществят анализи между различни типове събрани данни, могат да бъдат изследвани различни процеси и могат да се подобрят подходите за мониторинг и контрол в различни интелигентни системи в помощ на съвременният човек.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Извършен е преглед и критичен анализ на оптичните методи за събирание и предаване на аудио информация, приложимостта на Li-Fi технологията за предаване на аудио информация и основните принципи за изграждане на инфраструктурите в „умните“ градове и системите в интелигентни устройства, като е дефинирана следната основна цел и са определени следните задачи на настоящия дисертационен труд:

Целта на дисертационния труд е да се разработят и използват практически оптични методи за приемане, събиране и предаване на аудио информация.

За постигане на дефинираните цели на дисертационния труд могат да се определят следните задачи:

1. Да се разработи оптичен метод и система за приемане и събиране на аудио информация.
2. Да се разработи метод и система за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация.
3. Да се проведат експериментални изследвания за използване и практическо приложение в реално действащи интелигентни системи за мониторинг на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация.
4. Чрез експериментално изследване да се извърши сравнителен анализ при използване в системи за контрол и мониторинг в автомобилите на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация със съществуващи термографски методи и системи за контрол и мониторинг в автомобилите.

Поставените задачи в дисертационния труд се решават чрез прилагането на теоретични, аналитични и симулационни методи. Теоретичните и аналитичните методи са използвани за дефиниране на основни подходи при разработването на оптични методи за приемане, събиране и предаване на аудио информация.

Практическа приложимост

Предложените оптични методи за приемане, събиране и предаване на аудио информация са получени след теоретичен и симулационен анализ. В следствие от тях е извършена практическа реализация. Проведени са практически експерименти, с които са потвърдени теоретичните и симулационни данни. Предложена е приложимост на разработените оптични методи за приемане, събиране и предаване на аудио информация.

Публикации

Основните постижения и резултати от дисертационния труд са публикувани в общо девет научни публикации, всички от които са докладвани на международни конференции. Всички публикации са индексирани в Scopus. Общият брой на цитиранията е седем.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от 136 страници, като включва увод, списък на използваните съкращения, четири глави за решаване на формулираните основни задачи, основни насоки за бъдеща дейност в научната област, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 185 литературни източници, като 183 са на латиница и 2 на кирилица. Работата включва общо 60 фигури и 16 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1. Литературен анализ

1.1 Оптични методи за събиране и предаване на информация

В последните години има значителен напредък в приложимостта на използването на неконвенционални методи на основата на оптични, оптоакустични и термографски методи в най-различни сфери изграждащи все по-навлизащите инфраструктури на „умните“ градове и устройства [1].

Основните загуби върху, които се фокусира началното разглеждане на проблемите в дисертационният труд е в прехода влакно-влакно, като целта е да се направи оценка на загубите от аксиално и радиално отместване. При класическите оптични комуникационни системи целта е тези загуби да са минимални, както в разглобяеми, така и в неразглобяеми съединения.

В оптичните методи за събиране и предаване на аудио информация интересът е насочен към кой от двата случая има по-големи загуби при по-малко отклонение, тъй като спрямо тези загуби може да се отчете аудио информация, която има природа на вълна от звуково-въздушно налягане упражняваща определена сила върху повърхнината трептяща система.

Изследването на загубите от аксиално и радиално отместване в оптичното лъчение при преход влакно-влакно представлява интерес от страна на събирането на аудио информация чрез използването на трептяща акустомеханична система и връзката между нея и оптичните влакна [2-4].

Трябва да се разгледат характеристиките на цялостната обстановка по отделно и след това корелационните връзки между отделните системи. Като се има предвид, че има два източника на сигнал – оптичен и аудио сигнал.

1.2 Акустични сигнали, приемане и предаване

Звукът е разпространяващо се във веществена среда изменение на налягането при движение на материалните частици в тази среда. Звук може да се формира само в материална среда. Звук НЕ може да се разпространява и да съществува във вакуум.

1.3 Основни принципи на оптоакустичните микрофони

Човешката реч се състои от звукови вълни, които създават вибрации в близките обекти. Основният принцип на работа при тези устройства е приемане на сигнали от

вибриращи обекти, които вибрации са породени от звукова вълна. Вибриращата повърхност преобразува позицията на отражението на оптичното лъчение, като по този начин позволява на приемника да възпроизведе оптичният сигнал след преобразуване през високоговорители като аудио информация. Така чрез амплитудно-модулиран аудио сигнал е възможно да се предаде оригиналният аудио сигнал, който е предизвикал вибрациите на обекта.

1.4 Предаване на аудио информация чрез Li-Fi технология

При предаването на аудио информация винаги стремежът е бил към това оригиналният запис да бъде предаден на слушателя максимално точно – без допълнителен шум, без „оцветяване” на звуковата картина, точно това, което е записано. В сегашното развитие на технологиите освен тези изисквания се отчита и предаването на информацията без забавяне и с възможно най-високо качество.

1.5 Основни принципи за изграждане на инфраструктурите в „умните“ градове и системите за интелигентни устройства

„Умният“ град се характеризира със своята интелигентна и устойчива инфраструктура чрез интегриране на различни технологични решения. Основната цел на изграждането му е да осигури по-комфортен, ефективен, екологичен живот на неговите жители. В настоящия свят, поради нарастването на населението, наличните ресурси и изменението на климата се превърнаха в големи проблеми, особено в градските райони. Внедряването на модерни технологии осигурява временно решение на тези проблеми, водещо до реализация на концепциите за „умни“ градове [118-120].

Всички оптоакустични сензори дават по-високо съотношение сигнал/шум на единица площ от най-често използваните електродинамични или пиезоелектрични сензори и разполагат с широка честотна лента на приемане на сигнал, която е по-подходяща за приложения в инфраструктурата на „умните“ градове. Оптоакустичното събиране на аудио информация е без загуби от електромагнитни смущения, което го прави подходящо за по-широк спектър от среди за приложение. Ако се използват оптоакустични сензори, чрез отражението върху гладки повърхности би могло да се извлече информация за вибрациите, причинени от звуковите вълни. Могат да се приложат методи за мониторинг чрез използването на оптични микрофони за измерване на нивото на шума на открити пространства като булеварди и улици например с цел да се открият тълпи, шум от превозни средства, шум от машини, нерегламентирани шествия и др [121].

ГЛАВА 2. Разработване на оптичен метод и система за приемане и събиране на аудио информация

2.1 Разработване на оптичен метод за приемане и събиране на аудио информация

Въз основа на разгледаните разработки и методи за приемане и събиране на аудио информация в литературният анализ е стигнато до заключението, че е възможно да се разработи оптичен метод за приемане и събиране на аудио информация чрез отместване на многомодови оптични влакна. Ще бъде обърнато внимание върху изследването на динамичният диапазон на сигнали получени чрез отместване между многомодови оптични влакна.

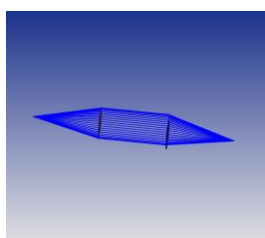
Изследването на динамичният диапазон на сигнали ще се осъществи чрез разглеждане на загубите от аксиално и странично отместване. Оценката на тези два типа отмествания ще се извърши по теоретичен, симулационен и експериментален начин, като се предложи приложимост при различните неконвенционални приложения.

Разработваният метод е базиран на изследване на загубите при разместване на многомодови оптични влакна, като основна задача е да се направи оценка на загубите от аксиално и странично отместване.

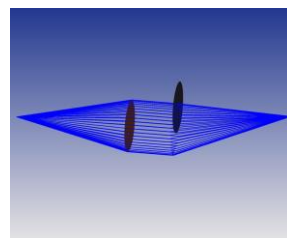
Първоначалният проведен симулационен експеримент е чрез софтуер Zemax. Параметрите на оптичното лъчение и оптичните влакна, с помощта на изчисления чрез формула (2.1) са въведени в софтуера, показан на фиг.2.2. и е осъществен анализ с 1000 излъчени лъча, при който са получени следните симулационни резултати за калибриране на системата:

Efficiency	: 2.368%	X-Direction Centroid:	3.22428E-03
Total Power	: 2.368E+00 Watts	Y-Direction Centroid:	-4.65097E-04
Rays Launched	: 1000	X-Direction RMS	: 4.86298E-02
Rays Through	: 237	Y-Direction RMS	: 4.93218E-02
Radial RMS	: 6.92639E-02		

Основна задача на това симулационно изследване на двата типа отмествания, показани на фиг. 2.3. е оценка на ефективността, която зависи от промяната на фокусното разстояние при отместване. Експериментът е направен на базата на формули (1.18 – 1.21), като за източник на оптично лъчение е използван Гаусов лазерен лъч.



а)



б)

Фиг.2.3. Резултати от симулационен експеримент със софтуер Zemax

а) аксиално изместване б) странично изместване

Табл.2.1. Резултати от експеримент с аксиално изместване в диапазона от 1 до 5 mm на стъпки от 1 mm. Горният ред показва изместването в mm, а долният ред показва ефективността в %

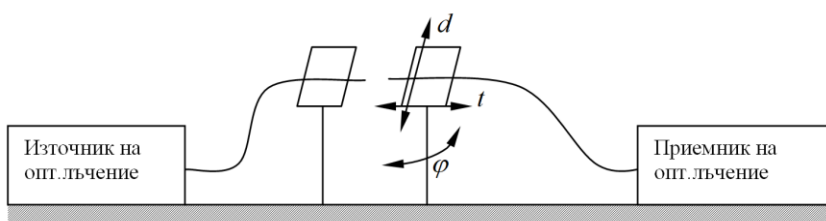
1 mm	2 mm	3 mm	4 mm	5 mm
44.89 %	45.94 %	44.96 %	45.56 %	45.41 %

Табл.2.2. Резултати от експеримент със странично изместване в диапазона от 0 до 1,0 mm на стъпки от 0,2 mm. Горният ред показва изместването в mm, а долният ред показва ефективността в %

0 mm	0,2 mm	0,4 mm	0,6 mm	0,8 mm	1,0 mm
100 %	89,42 %	77,85 %	66,38 %	56,00 %	44,85 %

В случая със странично отместване ефективността намалява линеенно. Освен това с много по-голямо отношение в разликите от първоначален и последен момент на отместването спрямо първата симулация с аксиално отместване.

След провеждането на теоретичните изчисления, симулационният експеримент и на базата на принципната схема от Фиг.2.1 е направен и реален експеримент с помощта на източник и приемник на оптично лъчение и многомодови оптични влакна. На фиг. 2.4. е представена блокова схема на опитна постановка за аксиално и странично отместване на многомодови оптични влакна.



Фиг.2.4. Блокова схема на опитна постановка за аксиално и странично отместване на многомодови оптични влакна

Изградена е експериментална мачта с монтирани калибрирани микрометрични винтове с цел най-точно снемане на отместванията. Възможни отмествания чрез микрометричните винтове са аксиални t , странични d и ъглови φ . Експериментите са проведени при оптично лъчение с дължина на вълната 850 nm и настройка на приемника на оптично лъчение в същият диапазон на дължината на вълната. Снимка от опитната постановка на реалният експеримент са представени на Фиг. 2.5.



Фиг.2.5. Опитна постановка на реален експеримент за аксиално и странично отместване на многомодови оптични влакна

С помощта на горепосочената обстановка са проведени реални експерименти подобни на симулационните като при аксиалното отместване позиционирането на влакната е на разстояние 0.1 mm едно от друго и са отмествани до 28.1 mm със стъпка 0.2mm. Получените реални резултати в dBm от приемника на оптично лъчение са показани на Табл.2.3.

Табл.2.3. Резултати в dBm с аксиално изместване от 0,2 mm в диапазона от 0,1 до 30,1 mm.

Горният ред показва изместването в mm, а долният ред нивото на сигнала в dBm

0,1 mm	2,1 mm	4,1 mm	6,1 mm	8,1 mm
-29,44 dBm	-30,72 dBm	-33,61 dBm	-36,22 dBm	-38,28 dBm

10,1 mm	12,1 mm	14,1 mm	16,1 mm	18,1 mm
-39,89 dBm	-41,36 dBm	-42,53 dBm	-43,61 dBm	-44,53 dBm

20,1 mm	22,1 mm	24,1 mm	26,1 mm	28,1 mm
-45,42 dBm	-46,16 dBm	-46,86 dBm	-47,48 dBm	-48,18 dBm

Аналогично на експеримента с аксиално отместване е проведен и такъв със странично отместване, като е съобразен диаметъра на оптичното влакно. В случая отместванията са със стъпка 10 микрометра и са проведени 6 отмествания, като още след третото се вижда голямо повишаване на затихването в dBm и съответно излишъка от последващи отмествания. Получените резултати са представени на Табл.2.4.

Табл.2.4. Резултати в dBm със странично изместване от 10 микрометра в диапазона от 10 до 60 микрометра. Горният ред показва изместването в mm, а долният ред нивото на сигнала в dBm

10 μm	20 μm	30 μm	40 μm	50 μm	60 μm
-26,54 dBm	-28,35 dBm	-41,67 dBm	-51,46 dBm	-52,92 dBm	-54,64 dBm

От проведените теоретични, симулационни и реални експерименти се стига до извода, че при странично отместване има най-голяма разлика и при ефективността, съответно и при затихването на нивото на сигнала, от което значи, че метода със странично отместване би могъл да се използва при изграждане оптична безжична система отчитаща дори минимални отклонения, породени от сигнали с малък динамичен диапазон, докато при аксиалното отместване измененията се проявяват при доста по-големи отмествания.

Чрез метода с аксиално отместване поради по-ниската чувствителност и нуждата от по-голямо физическо отместване би могло да се намери приложение при изследване на високо ниво на звуково налягане. Докато чрез метода със странично отместване би могло да се отчита и ниско ниво на звуковото налягане, поради високата чувствителност породена от нужното минимално странично отместване.

От гореописаните стъпки обобщено базовият оптичен метод и система за приемане и събиране на аудио информация чрез отместване на многомодови оптични влакна се състои от пет основни стъпки:

1. Избор на оптични влакна за приемане и събиране на аудио информация.
2. Честотна настройка на оптичния сигнал спрямо желания честотен диапазон на събираната аудио информация.
3. Настройка на фокусните разстояния между предаващото и приемащото оптично влакно.
4. Настройка на източника и приемника на оптично лъчение.
5. Преобразуване на пристият оптичен сигнал, изчистване на излишните съставки и визуализация на полезната аудио информация.

Тези методи биха могли да намерят приложения при проектиране на измервателни микрофони на оптоакустичен принцип в широки приложения от измерване на нискочестотни вибрации в сгради, до откриване на високочестотни звуци с ниско ниво на звуково налягане.

2.2 Проектиране на система за приемане и събиране на аудио информация

На базата на разгледаната в литературният анализ формула (1.1) става ясно, че за да има възможност за приемане на звукови вълни в чуваемият честотен диапазон от 35 до 17 000 Hz е нужно оптичен сигнал да бъде с честота поне 34 kHz.

От формули (1.4) и (1.5) , Фиг.1.2. и представените симулационни и експериментални резултати в т.2.1 се вижда, че най-ефективен метод за събиране на аудио сигнали би могъл да бъде чрез странично отместване между оптичните влакна.



а)

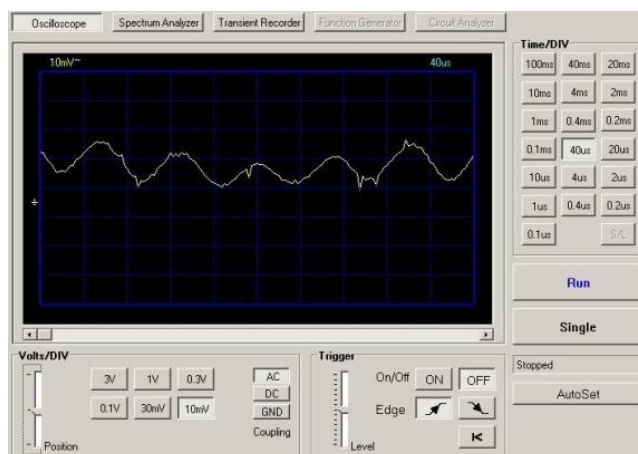


б)

Фиг.2.7. Опитна постановка за приемане на аудио информация чрез оптични влакна

а) с аксиално отместване б) със странично отместване

На Фиг.2.7. а) е представена прототип на опитна постановка за приемане на аудио информация чрез оптични влакна с настройка за снемане на резултати от аксиално отместване между оптичните влакна, докато на Фиг.2.7. б) е представена прототип на опитна постановка за приемане на аудио информация чрез оптични влакна с добавена втора третпяща система с възможност за снемане на резултати със странично отместване между оптичните влакна.



Фиг.2.10. Представяне на оптичният сигнал с изменения в амплитудата породени от полезният аудио сигнал

След като е извършена и тази настройка на системата вече е възможно приемане и събиране на аудио информация в говорния спектър, като полезната такава представлява

изменения в синусоидата на оптичният сигнал. Тези изменения могат да се видят на Фиг.2.10., която представя синусоида на оптичният сигнал с изменения, които се явяват случайни говорни сигнали приети и събрани при провеждане на експеримента.

В последствие тази аудио информация би могло да се възпроизведе, като се използва автокорелационна функция на първоначалният оптичен сигнал, приложи се бързо Фурие преобразуване и така финално се получи един двумерен сигнал, който представлява приетият говорен аудио сигнал.

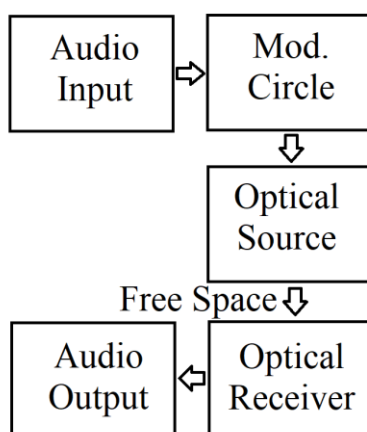
ГЛАВА 3. Разработване на метод и система за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация

В тази част на дисертационният труд ще се разгледат оптичните методи за предаване на аудио информация, техните възможности и предимства спрямо конвенционалните методи. Ще се обърне внимание на модела на Li-Fi системите за предаване на аудио информация и изграждането на прототип на система с използването на минимален брой електрически елементи.

3.1 Разработване на метод за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация

Експерименталната част включва практическа реализация на направеното проучване в литературният анализ свързано с Li-Fi технологиите в т.1.4, разглеждане на разработките в последните години, проучването на отделните компоненти, необходими за изграждането на системата.

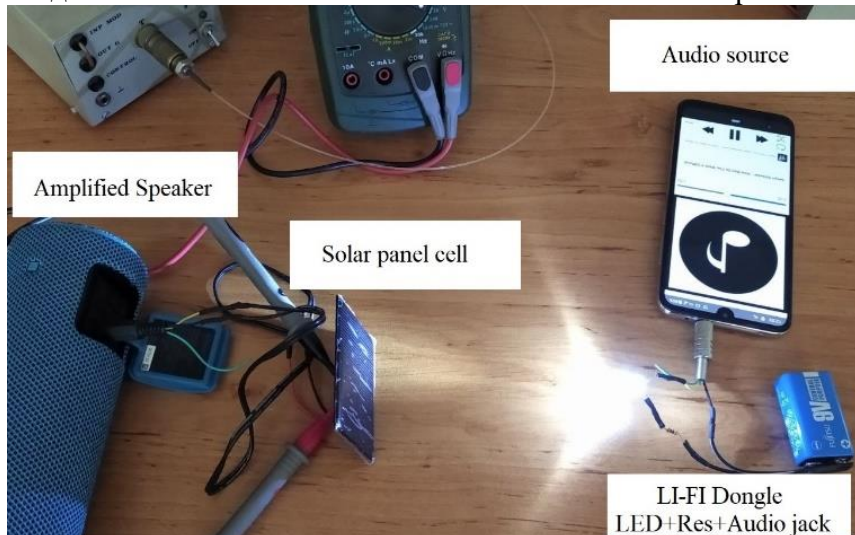
Базова блок схема на експерименталната обстановка е показана на Фиг. 3.1.



Фиг.3.1. Базова блок схема на Li-Fi система

3.2 Проектиране на система за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация

След като са разгледани отделните блокове изграждащи тази система е проведен анализ и оразмеряване на нужните елементи, като за реализацията на прототипната система основен задача е минималното количество използвани електрически елементи.



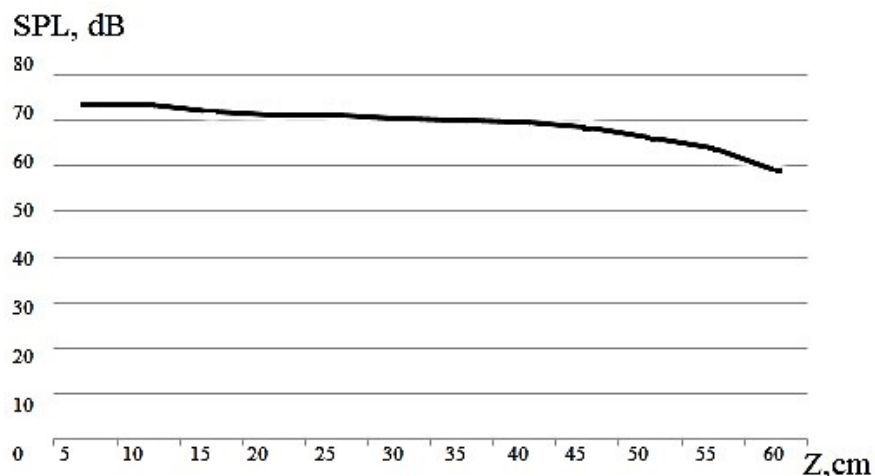
Фиг.3.3. Прототип на система за безжично предаване на аудио сигнали, чрез Li-Fi технология

След конструираният прототип на система са проведени поредица от експерименти със случайни сигнали носещи аудио информация, така и генерирани такива от честотен генератор.

3.3 Изследване и анализ на параметрите на предложената и проектирана система за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация

На Табл.3.1. и Фиг.3.4. са представени резултатите от първоначален експеримент със синусоидален сигнал с честота 1 kHz. Най-дългото разстояние за предаване при измерванията е 1 метър, като при него звуковото налягане спада с над 37 dB. Поради това е прието експериментът да се проведе до спад на звуковото налягане с 30 dB.

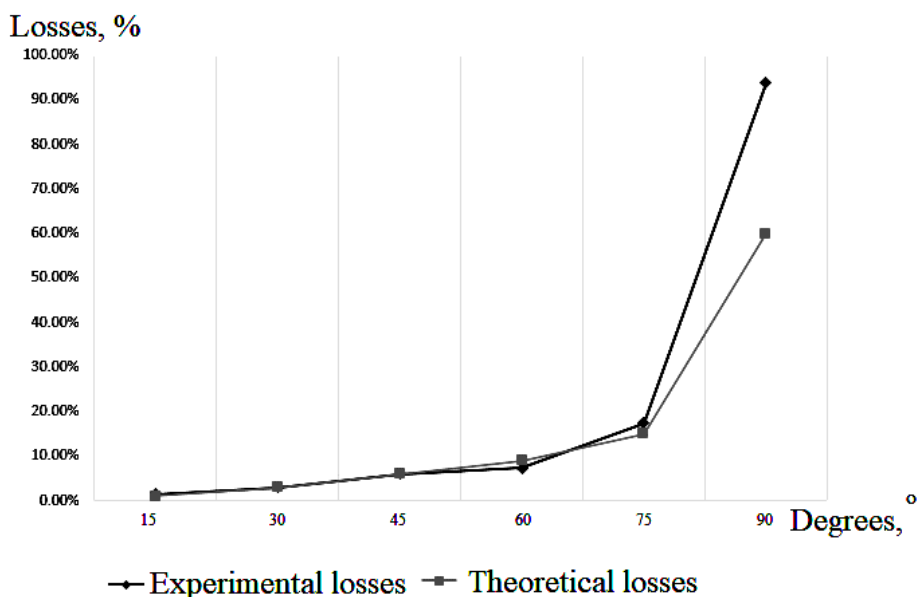
Експрементът е проведен при еднаква мощност на оптичния сигнал и единствената променлива е на разстоянието между източника и приемника. Измерването на звуковото налягане е извършено с измервателе микрофон SPLLab USB Noise Meter Pro Edition и софтуер SPLLab Measuring Center.



Фиг.3.4. Графично представяне на резултатите от експеримента с промяна на разстоянието между източника и приемника

От експерименталните данни може да се види, че нивото на звуковото налягане намалява с около 10 dB на разстояние половин метър, което за размера на светодиода и фотоприемника е голямо разстояние, особено когато се предава видима светлина и се имат предвид явленията дисперсия и поляризация.

За да се получи по-ясна представа за реалните загуби при затихването на сигнала би могло да се приложи нормализация на получените данни и представяне в %, като тогава може да се каже, че промяната в нивото на сигнала от 0° до 75° е спад от 17,46% спрямо първоначалното ниво на сигнала. На Фиг.3.10. е направена визуална презентация на процентните загуби на нивото на сигнала при промяна на ъгъла на соларният панел.

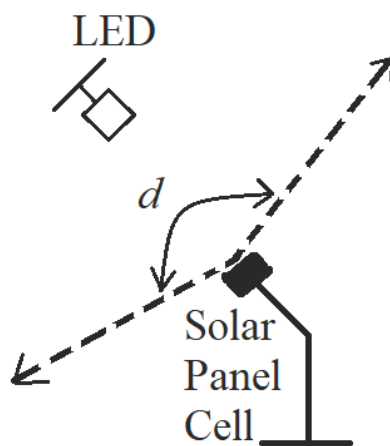


Фиг.3.10. Графично представяне на сравнение между теоретичните и експерименталните резултати за ъглови загуби

След проведените експерименти, статистическа обработка и сравнение с теоретичните данни се вижда, че експерименталните данни са достатъчно близки до теоретичните и може да се каже, че ъгловите загуби в Li-Fi системата ще имат ефект след 80° .

Проучванията по разработки в последните години, както и експериментално получените резултати показват, че до 30° при високо ниво на приемане на сигнал се надлюдават до 5% загуби и то в двете посоки. Това прави 60° градуса отклонение от централната позиция. В сравнение с други методи за получаване на сигнали чрез безжични оптични системи в свободното пространство, този метод има висок толеранс, което благоприятства приемане на високо ниво на сигнала и лесна настройка на системата.

Като се има предвид разстоянието между светодиода и фотодетектора (соларен панел) и изместването наляво и надясно, това прави 160° ъгъл на "видимост" (d), т.е. ъгълът, от който би могъл да бъде получен сигналът. Това е широк ъгъл, който позволява лесно да се настрой системата, да се предават сигнали от относително голямо разстояние и придава устойчивост на системата към промени в околната среда от външни влияещи фактори. Фиг.3.11. показва примерна схема на ъгъла на "видимост" (d) на Li-Fi система.



Фиг.3.11. Принципна блок схема на ъгъл на „видимост“ на Li-Fi система

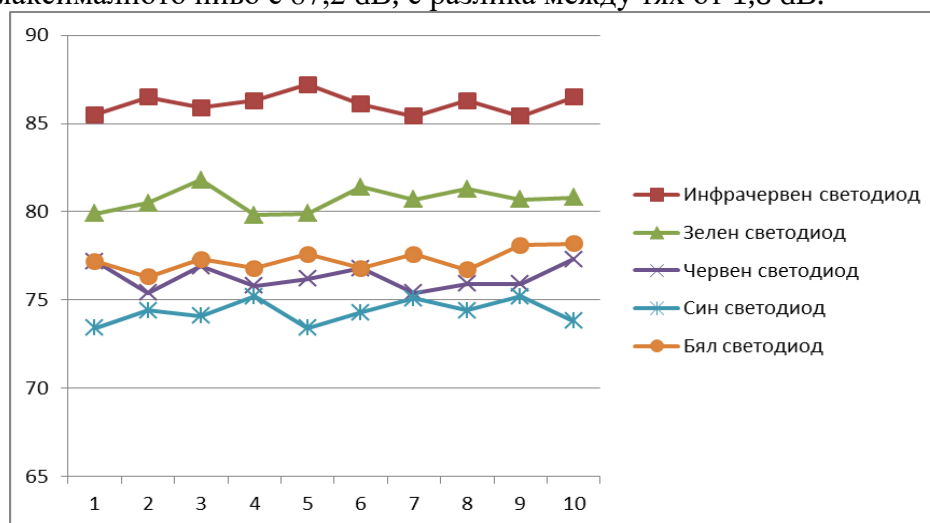
След разглеждане на различните варианти на отмествания и ъглови загуби е проведен и експеримент с различни източници на оптичен сигнал. За този експеримент е използван синусоиден сигнал с честота 1 kHz и фиксирано разстояние между източника и приемника от 20 см. Измерването на звуковото налягане се извършва чрез калибриран измервателен шумомер. За експеримента са използвани 5 различни светодиода: инфрачервен, зелен, червен, син и бял. Единствената променлива в експеримента е промяната на светодиодите, като всеки от тях се изследва в 10 различни дни, с цел

избягване на случайни външни влияния. Експерименталната постановка е представена на Фиг.3.12.



Фиг.3.12. Експериментална опитна постановка за изследване на различни светодиоди при разстояние 20 см между източник и предавател и честота 1 kHz

На фиг.3.13 би могло да се видят: минималното ниво за инфрачервеният диод са 85,4 dB, а максималното ниво е 87,2 dB, с разлика между тях от 1,8 dB.



Фиг.3.13. Графично представяне на експерименталните резултати от петте светодиода

ГЛАВА 4. Експериментални резултати от разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация

Събирането и предаването на аудио информация разгледано в предходните глави намира множество приложения в системите за интелигентен мониторинг на процеси. Чрез разработените оптични методи е възможно да се събира аудио информация там, където конвенционалните устройства като електродинамични, кондензаторни, електретни и други широкоизползвани и познати микрофони са неприложими. Оптикоакустичните методи могат да бъдат интегрирани в интелигентни системи за мониторинг на различни процеси.

Един от тези оптоакустични методи е за измервания и следене на състоянието на пътната настилка чрез измерване на шума, следене на нивото на шума в индустриални среди и други.

Възможността за дистанционно събиране на аудио информация чрез оптични методи дава възможност за мониторинг на различни процеси, като събраната информация е възможно да се съпостави с тази от други сензори в интелигентни системи за мониторинг. Този подход за съпоставка между изходните данни от различни сензори е подходящ при оптимално вземане на решения при все повече навлизащите интелигентни системи с адаптивни бази данни и изкуствен интелект.

Събраната аудио информация от оптичните методи, описани в предходните глави, представлява поредица от данни, които могат да се използват за обучение, сравнение и контрол на процесите, протичащи в системи с изкуствен интелект.

Чрез параметрите на аудио информацията като амплитуда и честота е възможно да се проведе освен първоначално „обучение“ на интелигентната система. Но и да се осъществява контрол и извеждане на решения като повтаряемост, отчитане на нетипични промени в аудио информацията, които би могло да са различни проблеми в самата система, инцидентни състояния и други.

Сравнение и извеждане на решения само от един тип данни е възможно да доведе и до некоректни решения, взети от интелигентна система. Това е недостатъчно за правилно отчитане на инцидентни състояния от една интелигентна система за мониторинг. Подходящи подходи в такива случаи са сравнение и „взаимоконтрол“ между параметрите от различни сензори в системата. По този начин се минимизира шансът за грешно отчитане на инцидентни състояния, както и съответно се повишава контролът върху коректната работа на отделните сензори. Така например аудио информацията, събрана от система чрез оптичните методи разгледани, в предходните глави е възможно да се обработи и съпостави с информация от друга сензорна система за контрол на изследваните обекти, като например термографска система за събиране на информация от топлинното излъчване на изследваните обекти.

Такова комбинирано приложение на оптични методи за събиране на аудио информация и термографски методи за събиране информация от топлинното излъчване на изследваните обекти е възможно да се осъществи при системи за контрол на пътната настилка и движението на автомобилите. Основната променяща се величина при движение на автомобилите е триенето с пътната настилка, т. нар. механичното съпротивление между автомобилната гума и пътната настилка, както при ускорение, така и при спиране.

Триенето при търкаляне има отношение към съпротивлението, което среща един кръгъл диск, когато се движи (търкаля) върху гладка равнина (без макро-гравитини). Процесите, които формират това съпротивление, съществено се различават от аналогичните процеси при плъзгането.

При две тела в покой силите, действащи при триене между тях, са силата на тежестта, приложена в масовия център и реакцията на контактната равнина. Реакцията на контактната равнина не е съсредоточена сила, а разпределен по линията товар. Когато телата са в покой, разпределеният товар е симетричен и равнодействащата му съвпада по направление със силата на тежестта. При движение съответно разпределеният товар загубва симетричната си форма и равнодействащата се отмества спрямо направлението на силата на тежестта. Реакцията и силата на тежестта образуват двоица сили, моментът на който се съпротивлява на момента M_b , предизвикващ движението. Този момент е момент на триене при търкаляне $M_{тр}$ или механично съпротивление. При постоянна сила на теглото, големината на този момент зависи от рамото f на двоицата. Това рамо се определя като коефициент на триене при търкаляне. За разлика от коефициента на триене при плъзгане, коефициентът на триене при търкаляне има дименсия - дължина (най-често мм). Големината на този коефициент зависи не само от материала на двете тела, а и от силата на теглото, от диаметъра на диска и от скоростта на търкаляне.

При движение на автомобила механичното съпротивление на автомобилната гума и спирачната система са в постоянна промяна. От една страна чрез оптичните методи за събиране на аудио информация е възможно да се отчита промяната на шума от контакта на автомобилната гума с пътната настилка. Този шум е свързан с промяната на механичното съпротивление – колкото по-ниско е съпротивлението, толкова по-ниско е нивото на шума, създаван от триенето между автомобилната гума и пътната настилка. От друга страна чрез термографските методи за събиране на информация от топлинното излъчване на изследваните обекти е възможно да се следи температурната промяна на автомобилната гума и спирачната система, които са пряко свързани отново с промяната на механичното съпротивление.

Чрез съпоставянето на двата типа събрана информация е възможно да се изгради модел за обучение на интелигентна система за контрол на състоянието на пътната настилка и спирачната система на автомобила. Такъв тип система е от особено значение при натовареният трафик в големите градове, както и развиването на високи скорости по магистрали и аутобани. Предимствата при използване на аудио информация заедно с информация от топлинното излъчване е по-коректно отразяване на промени както между

изследваните обекти, така и от страна на мониторинг на работата на отделните сензорни системи.

С промяната на механичното съпротивление съответно се променя събраната аудио информация от оптичната система. В резултат се променя и температурното извличане на движещото се тяло. Това доказва, че тези процеси имат връзка помежду си. Въз основа на това е възможно да се изведе обобщен анализ от получените данни, който да бъде статистически обработен с цел обучение на невронна мрежа в една интелигентна система за мониторинг и осъществяване на контрол, както върху изследване на обектите на интерес, така и контрол върху коректната работа на отделните сензорни системи.

4.1 Експериментални резултати от практическото прилагане на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация в реално действаща интелигентна система за мониторинг на пътната настилка.

В литературният анализ е обърнато внимание на различните възможности на оптоакустичните методи за интегриране в системи за мониторинг на различни процеси. Един от тези методи е за измервания и следене на състоянието на пътната настилка чрез измерване на аудио информация на шума. Настоящите разработки показват, че конвенционалното измерване на състоянието на пътната настилка в моторните превозни средства е чрез отчитане на външната температура, която е относително неточно, като се вземат предвид влияещи фактори като влажност, сезон и т.н. Чрез измерване на аудио информация от контакта на гумата на автомобила с пътната настилка и анализиране на резултатите може да се създаде система за по-точно записване на състоянието на пътната настилка.

Следенето на състоянието на пътната настилка е особено важно за безопасното пътуване. Ако водачът е наясно с текущото състояние на пътната настилка, той може да оцени и промени стила си на шофиране.

При различни пътни условия сцеплението на гумата се променя. При правилно отчитане на пътната настилка водачът може да коригира скоростта и поведението си на пътя, като предвиждане на по-голямо разстояние, ограничаване на рискови ситуации – изправяне, завиване и т.н.

Използвайки изчисляването на промяната на пътната настилка от акустични сензори чрез приемането и събирането на аудио информация, има предимството, че не се отчита промяната на температурата на въздуха, а реалната промяна на пътната настилка.

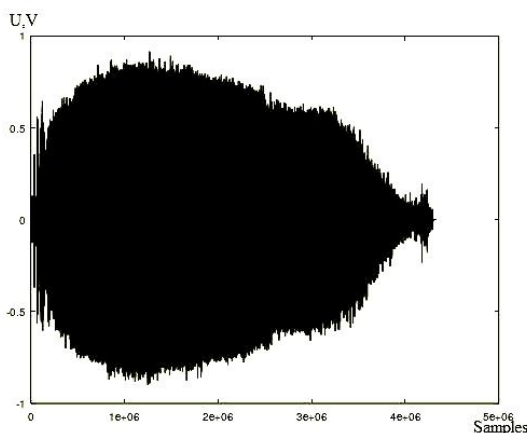
Акустичният сензор за приемане и събиране на аудио информация, използван за експериментите, е Laserliner SoundTest-Master SPL meter, който е стандартен измерител на звуково налягане и може да бъде заменен от друг акустичен сензор, който да бъде вграден в автомобила при създаване на система за интелигентно превозно средство.

За провеждане на експериментите се използва динамометричен стенд, който имитира пътна настилка с коефициент на сцепление, близък до този на идеалния асфалт. В началото на експеримента са направени измервания на звуковото налягане на шума от двигателя на автомобила, за да се види дали те е възможно да повлияят на измерванията и сметените резултатите са – за празен ход на двигателя 68 dB, при 1000 RPM 72 dB, при 2000 RPM 77 dB и при 3300 RPM 84,6 dB. От това може да се заключи, че шумът на двигателя не пречи на експеримента.

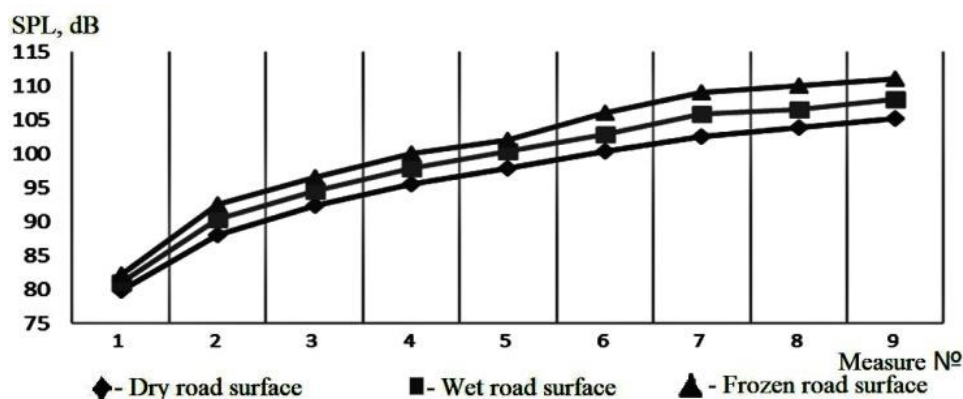
Експерименталните измервания са извършени на суха и мокра настилка, при една и съща скорост на автомобила, като непосредствено до предна лява автомобилна гума е поставен измервателният уред за измерване на звуковото налягане, както е показано на Фиг.4.1.



Фиг.4.1. Експериментална обстановка за измерване на шума при контакта на автомобилна гума с пътната настилка



Фиг.4.5. Времедиаграма на притета аудио информация от акустичният сензор при ускорение от 0 до 100 km/h и намаляване от 100 до 0 km/h на автомобила. Отчетите са във времево деление, където 250 отчета са 1 секунда



Фиг.4.7. Графично представяне на теоретично получените данни за трите настилки при еднакви скорости. Скоростта от 10 до 90 km/h е представена като измервания в поредица от 1 до 9

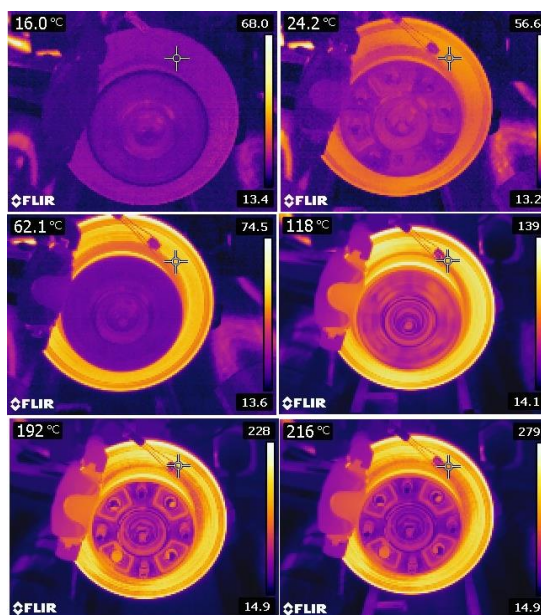
След корелационен анализ, би могло да се даде заключение, че е възможно да се изгради система за превозно средство с адаптивно опресняване на данните, получени от акустичния сензор, след което да се извърши статистическа обработка на данните и в случай на рязка промяна в данните от порядъка на 2,4 dB да се докладва промяна в състоянието на пътната настилка от суха към мокра. При многократна промяна на данните (без намаляване на нивата на шум през това време) с по-високи стойности от 2,3 dB, да се промени състоянието на пътната настилка от мокра към заледена. Има и често срещан случай през зимата: рязка промяна от суха към заледена настилка, която ще бъде отчетена при промяна на данните с 4,6 dB.

4.2 Експериментални резултати от практическото прилагане на термографски методи за приемане, събиране и предаване на информация от топлинното излъчване в реално действаща интелигентна система за мониторинг на спирачните системи на автомобили.

Като следващ етап от дисертационните изследвания е обърнато внимание на експериментите със събиране на информация от термографски изображения. Изборът на точки на изображението се основава на разгледаната методика и анализ в литературният анализ за разпределението на температурата при топлинно излъчване на телата.

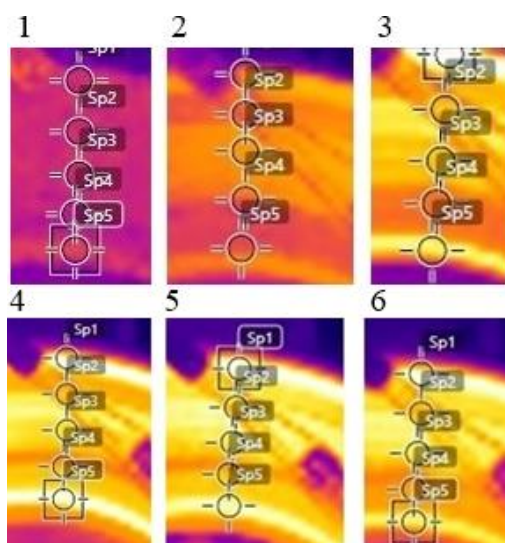
Целта на експериментите ще продължи да бъде насочена към автомобилите. Един от основните и важни етапи при изследването на спирачни системи е термичният анализ, тъй като температурата определя термомеханичното поведение на конструкцията. При спиране на автомобила има много високи термични градиенти и температури. Това причинява напрежение и деформация, от които се появяват пукнатини. Ето защо е важно

точно да се определи разпределението на температурата по повърхнината на спирачния диск.



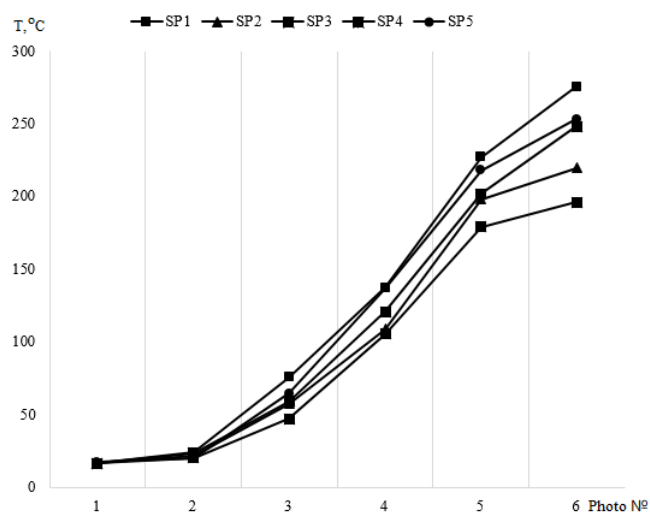
Фиг. 4.8. Вариации на топлинния поток на спирачния диск. Показани са шест снимки по време на спиране на автомобила, подредени отляво надясно и отгоре надолу.

Повишаването на температурата на спирачния диск може да се наблюдава до пълно спиране



Фиг.4.10. Региони от интерес за определяне на разпределението на температурата върху спирачния диск

Фиг.4.11. показва повишаването на температурата на различните снимки в различни точки на интерес. Вижда се, че в различните зони има различна промяна в температурата, което означава, че при смяна на накладката, настройките за налягане и други влияещи фактори, разпределението на температурата върху спирачния диск също ще се промени.

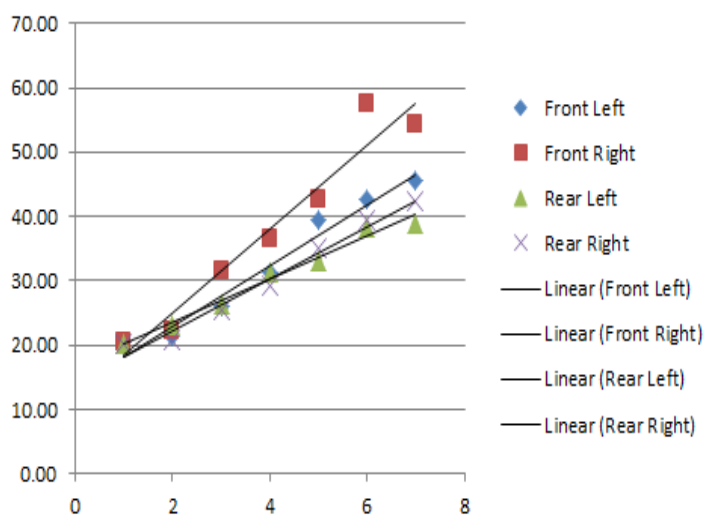


Фиг.4.11. Графичното представяне на показанията за средната температура в избраните области (участъци от интерес за определяне на разпределението на температурата върху спирачния диск). Показаните стойности са в $^{\circ}\text{C}$

За да се сравнят статистически промяната в данните между предните и задните колела е подходящо да се използва корелационна функция. Коефициентът на корелация дава информация за това колко силно са свързани две променливи.

След обработка на резултатите, коефициентът на корелация за предните колела е 0,975, за задните колела е 0,982 и спрямо предните и задните колела е 0,954.

За графично представяне на поведението на отделните колела с повишаване на температурата се използва линейният метод на най-малките квадрати, който показва, че три от колелата имат подобно поведение, докато предното дясно колело има голямо отклонение при последните измервания, показано на Фиг.4.23.



Фиг.4.23. Графично представяне на разпределението на температурите на четирите колела с линеен метод на най-малките квадрати

На термографските изображения се вижда, че нагряването на спирачния диск е почти равномерно навсякъде и спирачната система на автомобила е напълно работеща. Би могло да се даде заключение, че автомобила има добра спирачна система.

След експерименталните измервания, софтуерната обработка на термографските изображения и анализа на данните се установява, че барабанните спирачки, които са на задните колела на автомобила, използван за експеримента, са по-ефективни от предните спирачни дискове. Това всъщност не е така, защото в допълнение към температурата, която се получава от триенето, друг фактор е времето, необходимо за охлаждане на дисковите или барабанните спирачки. Барабанните спирачки се нуждаят от много повече време, за да се охладят, само защото накладките са разположени вътре в барабаните, за разлика от дисковите спирачки – тъй като са непокрити. Това им позволява да се охладят по-бързо и ги прави по-ефективни.

Както се спомена по-рано, благодарение на инфрачервените термографски изображения би могло да се направи заключение, че спирачната система е в добро състояние. Също е би могло да се каже, че такъв тип система за наблюдение би могло да се използва както при производството на спирачни системи за автомобили, така и при проверка на целостта на автомобила, за да се отстранят своевременно проблемите в спирачната система.

Спрямо предложените приложения за методи за следене на пътната настилка посредством акустични и оптоакустични сензори, така и следенето на температурното разпространение в спирачната система, би могло да се осъществи изграждането на система за мониторинг в автомобила, следяща ред параметри пряко свързани с безопасността при шофиране в различни условия.

4.3 Сравнителен анализ със съществуващи термографски методи на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация при системи за контрол и мониторинг в автомобилите.

След разглеждането и анализа на експерименталните резултати от практическото прилагане на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация в реално действаща интелигентна система за мониторинг на пътната настилка и експерименталните резултати от практическото прилагане на термографски методи за приемане, събиране и предаване на информация от топлинното излъчване в реално действаща интелигентна система за мониторинг на спирачните системи на автомобили, ясно се вижда че обекта на интерес и в двата случая е

безопасността и повишаването на контрола върху превозното средство при контакта с пътната настилка и възможностите за оптимален контрол над спирачната система.

Тези два потока от събрана информация са с много различна природа и нямат пряка връзка, но както се знае при промяна на топлинното излъчване на телата се променят и множество други характеристики, като съпротивление при контакта между различните повърхности, плътност на телата и тн. При промяната на тези характеристики неминуемо има и промяна и в аудио информацията приета от акустичните сензори.

Знае се, че при промяна на температурата се променя и състоянието на атмосферната среда, като например плътността и, движението на частиците в нея, състоянието на веществата в атмосферата, което също води до промяна на звуковите вълни преминаващи през тази среда, тяхното разпространение, затихване и тн.

От изброените по-горе твърдения би могло да се стигне до извод, че между приетата и събрана аудио информация от контакта на автомобилната гума с пътната настилка и съответно топлинното излъчване на спирачният диск при използване на спирачната система на автомобила има косвена връзка. Това би могло да се провери като се направи сравнителен анализ между аудио информацията от времедиаграмите от акустичният сензор като се използва метода на наклон на функцията, използван също в т.4.2. След прилагането му на Табл.4.6. и Фиг.4.24 са представени получените резултати при промяна на скоростта от 10 до 90 км/ч и наклон на функцията на приетата и събрана аудио информация от акустичния сензор.

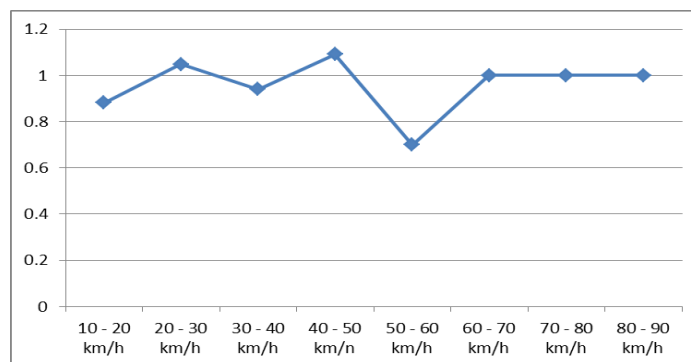
В т.4.2. е направен подобен подход с изчисляване на наклона на стойностите на пространствената температура между снимките и регионите на интерес и обобщените резултати заедно с тези от аудио информацията са представени на Табл.4.7 и Фиг.4.25

От Фиг.4.25. се доказва по-горе описаното твърдение, че при по-високи скорости се създават завихряния с висока стойност на звуковото налягане, които влияят на приетата и събрана аудио информация, но и влияят на топлинното излъчване, тъй като при по-големи завихряния на въздушните маси се наблюдава и по-добро охлаждане на спирачната система.

Табл.4.6. Изчисление на наклона на функцията между суха и мокра настилка на стойностите на приетата аудио информация между скорости 10 и 90 км/ч.

Показаните стойности са абсолютни

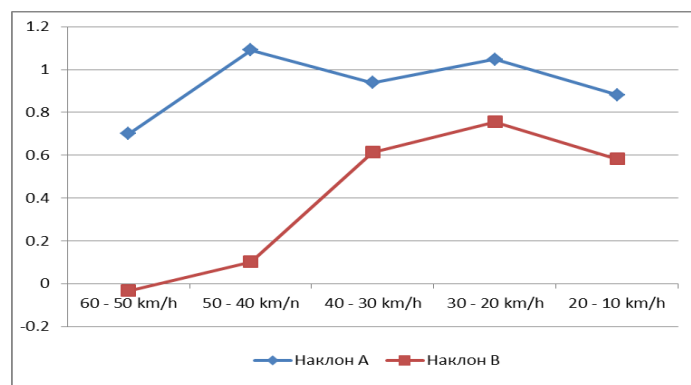
Диапазон между скорости, km/h	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90
Наклон	0,88	1,05	0,94	1,09	0,7	1	1	1



Фиг.4.24. Графично представяне на резултатите при изчисление на наклона на функцията между суха и мокра настилка на стойностите на приетата аудио информация между скорости 10 и 90 км/ч

Табл.4.7. Изчисление на наклоните на функциите на приетата аудио информация (Наклон А) и информацията от топлинно излъчване (Наклон Б) при намаляне на скоростта на автомобиля между скорости от 60 до 10 км/ч. Показаните стойности са абсолютни

Диапазон между скорости, km/h	60-50	50-40	40-30	30-20	20-10
Наклон А	0,7	1,09	0,94	1,05	0,88
Наклон Б	-0,03	0,1	0,61	0,76	0,58



Фиг.4.25. Графично представяне на резултатите при изчисление на наклоните на функциите на приетата аудио информация (Наклон А) и информацията от топлинно излъчване (Наклон Б) при намаляне на скоростта между скорости от 60 до 10 км/ч

В диапазона от 40 до 10 км/ч се забелязва линейно поведение на наклоните на функциите при двата типа приета и събрана информация. Това е основа за твърдение, че е възможно да се осъществи косвена връзка между приетата и събрана аудио информация и информацията от топлинно излъчване на телата. Съответно при калибриране на система за мониторинг и контрол в автомобиля от тези два потока от данни е възможно да се дава коректна информация за състоянието на пътната настилка и спирачната система на автомобиля. Така би могла значително да се повиши безопасността на пътниците в

моторното превозно средство, както и да се осъществи взаимоконтрол между двете отделни сензорни системи. Този взаимоконтрол е възможен при скорости до 40 км/ч , като се вземе под внимание линейното поведение на двата информационни потока при тези скорости.

За потвърждение на твърдението по-горе е звършен корелационен анализ на двата потока от информация за скоростите в диапазона от 40 до 10 км/ч и е получен резултат за коефициента на корелация 0,984256, което потвърждава, че има много висока корелация между приетите и събрани аудио информация и информацията от топлинното излъчване на телата. Докато коефициента на корелация за скоростите в диапазона от 60 до 10 км/ч е 0.404684, сравнително по-нисък спрямо другият в по-ниските скоростни диапазони, но може да се каже също, че има значителна корелация.

С такъв сравнителен анализ е възможно да се използват преките и косвени връзки между различните информационни потоци приети и събрани от отделните сензорни мрежи в една система за мониторинг и контрол в автомобила. Предимствата на една такава система са верността на изведените резултати към потребителя и взаимоконтрола между отделните сензорни мрежи. Това е една основа за бъдещи разработки в сферата, които биха могли да бъдат полезни и високо ценени във все повече развиващите се интелигентни системи и като цяло в инфраструктурата на „умните“ градове.

НАУЧНО-ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Обобщено научно-приложните приноси в дисертационният труд са:

1. Разработен е оптичен метод за приемане и събиране на аудио информация чрез отместване на многомодови оптични влакна и е осъществен симулационно и практически (т.2.1, т.2.2 от стр.41 до стр. 58).
2. Създадена е методика за измерване и оценка на параметрите на оптическите микрофони с използване на разработената система по метода за приемане и събиране на аудио информация чрез отместване на многомодови оптични влакна (от стр.49 до стр.50).
3. Предложен е метод и система за изграждане на нискобюджетна оптична система за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация (т.3.1 от стр 60 до стр. 62).
4. Проведено е изследване и анализ на параметрите на предложената система за оптично предаване в открити преносни среди и за целта е изведена формула (т.3.3. формула (3.1) стр. 69), като частен случай на опростена формула за изчисление на ъгловите загуби при такъв тип системи.

5. Разработена е реално действаща интелигентна система за мониторинг на пътната настилка, на основата на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация (т.4.1 от стр.82 до стр. 91).
6. Проведен е сравнителен анализ за потвърждаване предимствата на разработените оптични методи и системи за приемане, събиране и предаване на аудио информация и реалната им възможност за съвместна работа със съществуващи термографски методи, с цел по-висока точност, при мониторинг на спирачните системи на автомобили (т.4.1 от стр.82 до стр. 91).

ПРИЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ

Обобщено приложните приноси в дисертационният труд са:

1. Разработен е прототип на оптоакустична система по метода за приемане и събиране на аудио информация чрез отместване на многомодови оптични влакна (т.2.2, фиг.2.4 от стр.49 до стр. 59).
2. Предложено е приложение на оптоакустичните микрофони, както и в бъдещи разработки на прототипа разработен по метода за приемане и събиране на аудио информация чрез отместване на многомодови оптични влакна в изграждането на инфраструктурата на „интелигентните“ градове (т.2.2 от стр.55 до стр. 59).
3. Предложен е метод за оптично предаване в открити преносни среди на приетата чрез събиране аудио информация с широк ъгъл на „видимост“ (т.3.4 от стр.63 до стр. 67). Представено е сравнение чрез експерименти и статистически анализ на получените резултати при различни LED източници на сигнала (т.3.3 от стр.63 до стр. 74).
4. Извършено е сравнение чрез експерименти и статистически анализ на получените резултати при максимален ъгъл на „видимост“ на Li-Fi система (от стр. 70 до стр. 72).
5. Предложена е методика за статистическа обработка на резултатите при контрол чрез разработената интелигентна система на състоянието и мониторинг на пътната настилка (т.4.2, фиг.4.12, фиг.4.13 от стр.91 до стр. 107).
6. Извършен е анализ на данните от термографски изображения за разпространение на температурата при мониторинг на спирачни системи при автомобилите и използването им, с цел сравнение с разработената реално действаща система за приемане, събиране и предаване на аудио информация при мониторинг на спирачните системи на автомобили и по-специално за

сравнение на ефективността на спирачната система при всяко едно колело в автомобила (т.4.2, т.4.3 от стр.91 до стр. 111).

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Към дисертационният труд има публикувани 9 публикации в международни конференции, индексирани в Scopus. Към тези публикации има 7 цитирания.

Списък на публикациите:

1. T. Valkovski and K. Dimitrov, "Optical method for collecting and examining the dynamic range of signals by displacement of MMF", 2022 57th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 2022 – в процес на отпечатване.
2. K. Dimitrov and T. Valkovski, "Using Optical Acoustic Sensors for Smart City Applications," 2019 International Conference on Creative Business for Smart and Sustainable Growth (CREBUS), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/CREBUS.2019.8840100.
3. T. Valkovski and K. Dimitrov, "Low Cost Laboratory Environment for the Use of Optical Methods for Transmission of Audio Signals," 2020 55th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 2020, pp. 65-68, doi: 10.1109/ICEST49890.2020.9232697.
4. T. Valkovski, "Reception of Audio Signals Received from Different Angles by Optical Methods," 2020 55th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 2020, pp. 93-96, doi: 10.1109/ICEST49890.2020.9232807.
5. T. Valkovski and K. Dimitrov, "Reception of audio signals received from different LEDs used in the low cost LI-FI systems," 2021 56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 2021, pp. 201-204, doi: 10.1109/ICEST52640.2021.9483512.
6. T. Valkovski, K. Dimitrov and I. Damyanov, "Surface Noise Monitoring and Analysis During Chassis Dynamometer Test," 2021 IV International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech), 2021, pp. 01-04, doi: 10.1109/HiTech53072.2021.9614205.
7. T. Valkovski, I. Damyanov and K. Dimitrov, "Thermographic Analysis of Disk Brake System During Chassis Dynamometer Test," 2020 III International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech), 2020, pp. 1-4, doi: 10.1109/HiTech51434.2020.9363983.

8. V. Terziev, T. Valkovski, K. Dimitrov and I. Damyanov, "Monitoring of disk brakes vs drum brakes using infrared thermography," 2021 56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 2021, pp. 205-208, doi: 10.1109/ICEST52640.2021.9483495.
9. G. Mladenov, I. Damyanov and T. Valkovski, "Research and selection of parameters determining the efficiency of the braking system of cars to improve traffic safety and environmental performance," 2021 56th International Scientific Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST), 2021, pp. 153-156, doi: 10.1109/ICEST52640.2021.9483507.

Участие в договори:

Договор № 202ПД0014-07: „Използване на оптични методи за събиране и предаване на аудио сигнали”, Финансиран от ТУ-София за подпомагане на докторанти.

Договор №211ПР0006-04 : „Интегрирана система за мониторинг на параметрите определящи ефективността на спирачната уредба на автомобилите с цел подобряване на безопасността на движението и екологичната ефективност”, Финансиран от ТУ-София за подпомагане на перспективни ръководители.

Договор № 221ПР0004-04 : „Комплексна система за определяне въздействието на автомобилите в експлоатационни условия върху околната среда ”, Финансиран от ТУ-София за подпомагане на перспективни ръководители.

Договор №КП-06-Индия-04 : „Съвременни подходи за обработка и анализ на многомерни сигнали в телекомуникациите”, национално финансиране.

Договор №КП-06-М47/2 : „Откриване на геометрични характеристики и класификация на дървесните видове в България с цел опазване на околната среда, част от НАТУРА 2000”, национално финансиране.

Договор №201ПР0008-07 : „Отделяне на геометрични характеристики от растерни изображения с цел разпознаване на дървесните видове в България”, Финансиран от ТУ-София за подпомагане на перспективни ръководители.



TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA
FACULTY OF TELECOMMUNICATIONS
Department of Radio communications and Video technologies

Tsvetan Ivanov Valkovski, M.Sc.

**USE OF OPTICAL METHODS FOR COLLECTION AND
TRANSMISSION OF AUDIO SIGNALS**

Abstract of Ph.D. Thesis

This thesis reviews and critically analyzes the optical methods for collecting and transmitting audio information, the applicability of Li-Fi technology for transmitting audio information, and the basic principles for building infrastructures in smart cities and systems in smart devices.

The analysis shows that despite the many conventional methods of receiving, collecting, and transmitting audio information in many applications, they are not effective enough. Where they cannot find an application, it is necessary to use unconventional optical methods for receiving, collecting, and transmitting audio information.

The proposed optical methods for receiving, collecting, and transmitting audio information are obtained after theoretical and simulation analysis. Subsequently, a practical realization was made of them. Practical experiments were conducted to confirm the theoretical and simulation data. Applicability of the developed optical methods for receiving, collecting, and transmitting audio information is proposed.

Optical methods for collecting and transmitting audio information have been developed, offering many applications not only as sensors suitable for laboratory measurements of sound pressure but also in the development of smart devices, monitoring systems, and in general smart city infrastructures.

This type of sensor offers a huge base of applicability, which in the future has opportunities for many directions of development. From design and engineering development to integration in nanotechnology, improvement, and optimization of parameters of sources, receivers, and modification of the system structure. On the applicability side, it "adapts" the method to a wider range of devices and systems that need to collect and transmit audio signals.

In recent decades, more and more artificial intelligence, neural networks, and autonomous systems are entering, and in future developments, this type of optoacoustic sensors, along with thermographic and other types of sensors may be integrated into a signal monitoring system, but and to offer correlation analysis between data from different sensors to better read and even predict different types of signals and events.