



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - СОФИЯ

Факултет по Телекомуникации

Катедра Радиокомуникации и видеотехнологии

маг. инж. Марин Светославов Алдимиров

**ПРЕДАВАНЕ И ОБРАБОТКА НА ИНФОРМАЦИЯТА ПРИ
ПРОСЛЕДЯВАНЕ НА ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА И
ИЗВЕСТИЯВАНЕ ПО СТАНДАРТА ЗА “eCall”**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертация за получаване на научната и образователна степен
„ДОКТОР”

Професионално направление:

5.3 „Комуникационна и компютърна техника“

Научна специалност:

***„Автоматизирани системи за обработка на информацията и
управление (в комуникациите)“***

Научен ръководител:

проф. д-р инж. Румен Иванов Арнаудов

Рецензенти:

проф. д-р инж. Илия Георгиев Илиев

проф. д-р Васил Г. Ангелов

София 2017

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 20.11.2017 г.

Публичната защита на дисертационния труд ще се състои на 20.03.2018 г. от 13:00 часа в Конферентната зала на БИЦ на Технически университет – София на открито заседание на научното жури, определено със заповед ОЖ - 355 от 05.12.2017г. на Ректора на ТУ-София в състав:

1. проф. д-р инж. Румен Арnaudов – председател
2. проф. д-р инж. Илия Илиев – научен секретар
3. проф. д-тн Васил Ангелов
4. проф. д-р инж. Добри Добрев
5. доц. д-р инж. Емил Йончев

Рецензенти:

1. проф. д-р инж. Илия Илиев
2. проф. д-тн Васил Ангелов

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в канцеларията на Факултет по Телекомуникации на ТУ-София, блок №1, кабинет №1254.

Дисертантът е редовен докторант към катедра „Радиокомуникации и видеотехнологии“ на Факултет по Телекомуникации. Изследванията по дисертационната разработка са направени от автора, като някои от тях са подкрепени от научно-изследователски проекти.

Автор: маг. инж. Марин Светославов Алдимиров

Заглавие: *Предаване и обработка на информацията при проследяване на транспортни средства и известяване по стандарта за „eCall“*

Тираж: 30 бр.

Отпечатано в ИПК на Технически университет – София

I. ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Актуалност на проблема

Развитието на транспортната индустрия през последните десетилетия е съпътствано от все по-голямото навлизане на контролно-измервателни и телекомуникационни средства в автомобилите. Интеграцията на цифровата електроника, поевтиняването и смалването на вградените устройства позволяват разработването и вграждането на интелигентни системи от сензори, приемопредаватели и управляващи микрокомпютри в превозните средства. На тяхна база са изградени цели системи за следене на транспортни средства, анализ на поведението на водачите, детектиране и сигнализация на важни събития и такива за отдалечен контрол. Фокусът на настоящия дисертационен труд е насочен към автомобилния транспорт, затова в него са разгледани само системи за проследяване на автомобили и известяване на събития, свързани с движението по пътищата.

Съществуват много системи за проследяване на автомобили и известяване на пътни събития. Те изпълняват широк набор от функции, като измерване чрез сензори на параметри и величини, свързани с автомобила, шофьора и околната среда, записване и съхранение на тези данни, предаването им през мобилен канал, обработка и анализ, вземане на решения в реално време и др. Системите за предаване и обработка на информация за автомобили могат да бъдат от полза както за индивидуални собственици на автомобили или големи компании с автопаркове, така и на държавни институции, застрахователи и т.н.

Цел на дисертационния труд, основни задачи и методи за изследване

Целта на дисертационния труд е да се изследват и анализират методите, алгоритмите и системите за предаване и обработка на информацията при проследяване на транспортни средства и известяване по стандартите за eCall, въз основа на което да се синтезират нови методи и алгоритми, подобряващи анализираните недостатъци и методики за тяхното изследване, както и да се направят разработки за внедряването им в системи с практическо приложение.

За постигане на така дефинираната цел са поставени следните задачи:

1. Изготвяне на критичен анализ на съществуващите методи, алгоритми и системи за предаване и обработка на информацията, свързана с проследяването на автомобили и известяването на събития на пътя по стандартите за “eCall”.
2. Синтезиране на опростен алгоритъм за кодиране на MSD съобщението, изпращано по време на “eCall” сесия и на алгоритъм за изследване на “eCall” системата в

България. Провеждане на тестове на системата „eCall“ в България, използвайки синтезираните алгоритми. Анализ на резултатите от тестовете и извеждане на изводи.

3. Разработване на система за управление на автопарк, използваща IVS като автомобилно устройство и синтезиране на необходимите алгоритми, обезпечаващи правилната ѝ работа. Провеждане на тестове за работоспособност на разработената система за управление на автопарк. Анализ на резултатите от тестовете и извеждане на изводи.

4. Синтезиране на метод за автоматизирана реконструкция на катастрофи, базиран на данни от преки измервания. Имплементиране на метода в практическа разработка и провеждане на тестове за изследване на приложимостта му. Анализ на резултатите от тестовете и извеждане на изводи.

За решаване на поставените задачи в дисертационната работа се използват методи за функционален анализ, синтез на методи и алгоритми, методи за инерциална навигация и реконструкция на катастрофи, компютърна симулация и програмиране.

Научна новост

В настоящата дисертация се използва новост при кодирането на MSD съобщението, предавано по време на eCall сесия, при изграждането на интегрирана система за управление на автопарк, както и при реконструирането на автомобилни катастрофи. Иновативността в кодирането на MSD съобщението се изразява в използването на нединамична структура на съобщението, чрез която се постига опростяване на алгоритъма. Иновативността в интегрираната система за управление на автопарк се изразява в използването на IVS автомобилно устройство като обединяващ елемент при интеграцията със системата eCall. Иновацията в реконструкцията на катастрофи се изразява в използването на Калманов филтър и данни от преки измервания, извършени от IVS-EDR устройство, чрез които се постига пълно автоматизиране на реконструкцията.

Практическа приложимост

Резултатите от дисертационния труд имат изключителна значимост за практиката. Това е потвърдено чрез проведените тестове и изследвания на разработките. Всички теоретични разработки от дисертационния труд са реализирани в приложни системи, в рамките на два проекта за внедряване на иновации.

Апробация

Основните резултати от проведените изследвания в дисертацията са докладвани на две национални и една международна конференции: XV International PhD Workshop

OWD 2013, Полша; HeERO Workshop, София 2014; Годишна конференция на АСТЕЛ 2015, София.

Публикации

Основните резултати са публикувани в пет статии и доклади от конференции, научни списания и една заявка за патент.

Структура и обем на дисертационния труд

Дисертационният труд е в обем от 151 страници, като включва увод, 4 глави за решаване на формулираните основни задачи, списък на основните приноси, списък на публикациите по дисертацията и използвана литература. Цитирани са общо 121 литературни източници, като 89 са на латиница и 7 на кирилица, а останалите са интернет адреси. Работата включва общо 53 фигури и 5 таблици. Номерата на фигурите и таблиците в автореферата съответстват на тези в дисертационния труд.

II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

ГЛАВА 1

МЕТОДИ, АЛГОРИТМИ И СИСТЕМИ ЗА ПРЕДАВАНЕ И ОБРАБОТКА НА ИНФОРМАЦИЯТА ПРИ ПРОСЛЕДЯВАНЕ НА ТРАНСПОРТНИ СРЕДСТВА (критичен анализ)

В настоящата глава е направен обзор на системи за предаване и обработка на информацията при проследяване на транспортни средства и известяване по стандартите за “eCall”. Направен е критичен анализ на системата „eCall“, системите за управление на автопаркове и методите и системите за реконструкция на катастрофи. Маркирани са недостатъците им и са дадени конкретни предложения за подобряване на тяхната работа.

В следствие на направения анализ на системата „eCall“, е установено, че тя може да бъде усъвършенствана чрез:

- създаване на алтернативен опростен алгоритъм за кодиране на MSD съобщението, предавано по време на „eCall“ сесия, който да отговаря по сложност на ограничените хардуерни ресурси на автомобилното IVS устройство;
- подобряване на детекцията на катастрофи, чрез взаимстване на методите за инструментална детекция и запис на данни, дефинирани в американския стандарт IEEE1616 и европейския проект Veronica II;

- добавяне на функции за предотвратяване на катастрофи чрез инструментална детекция на рискови ситуации и сигнализиране на шофьорите, намиращи се в близост до настъпила катастрофа.

От направения анализ на възможностите за използване на IVS устройствата от системата „eCall” в системите за управление на автопаркове е установено, че интеграцията на системата eCall със система за управление на автопарк е възможна и лесно реализуема. Необходимостта от модифициране на IVS устройството е минимална, а осъществяването му е незначително, предвид повишената ефективност и рентабилност на интегрираната система. Тази идея е представена в заявката за патент „Метод за превенция на автомобилни произшествия чрез предупреждение на водачите за опасности по пътя и за изпълнение на контролни функции, посредством системата „eCall“, като метод за по-ефективно използване на хардуерните ресурси на IVS устройствата от системата „eCall”.

В рамките на анализа на конвенционалните системи за реконструкция на катастрофи са разгледани задачите и целите на тези системи, използваните инструменти и информационни източници, както и стандартните методи за реконструкция. От направеният анализ е установено, че конвенционалната система за реконструкция разчитат изключително много на човешка намеса във всички етапи на анализа на катастрофата, от измерването до калкулирането на траекторията, ориентацията и скоростта на движение на автомобила. Установено е, че е възможно създаването на метод за напълно автоматизирана софтуерна реконструкция на катастрофи, за целите на която се използват измервания, извършени напълно автоматизирано от автономни електронни устройства, каквито са EDR. За по-лесното внедряване на този метод е възможно използването на IVS устройствата от системата „eCall“, като по този начин може да се реализира цялостна интегрирана система за извършване на „eCall”, управление на автопарк и реконструкция на катастрофи.

Приноси към Глава 1

1. Направен е обзор и критичен анализ на системата „eCall” и в частност на алгоритъма за кодиране на MSD съобщението, предавано при „eCall” сесия.
2. Анализирани са възможностите и са дадени конкретни предложения за усъвършенстване на системата „eCall” чрез подобряване на автоматичната детекция на катастрофи и добавяне на функции за превенция на катастрофи.
3. Анализирани са системите за управление на автопаркове и възможностите за използване на IVS устройствата в тях, с цел по-ефективно използване на хардуерните им ресурси.
4. Направен е критичен анализ на методите и системите за реконструкция на катастрофи. Посочени са техните недостатъци и са представени условия за създаване на метод, който ги елиминира.

Публикации към Глава 1

A1. Арnaudов Р., Стоянов Н., Алдимиров М., Станчев Г., Георгиев Г., Ботушаров В., „Метод за превенция на автомобилни произшествия чрез предупреждение на водачите за опасности по пътя и за изпълнение на контролни функции, посредством системата “eCall”, Заявка за патент №111512, Българско патентно ведомство, Юни 2013 г., София.

A2. Алдимиров М., Станчев Г. „Анализ и предложения за усъвършенстване на функционалните възможности на устройствата по стандарта IEEE1616 и системата “eCall”“, Българско списание за инженерно проектиране, Брой 25, Януари 2015, стр. 91-97, Машиностроителен факултет, Технически университет София, ISSN 1313-7530.

ГЛАВА 2

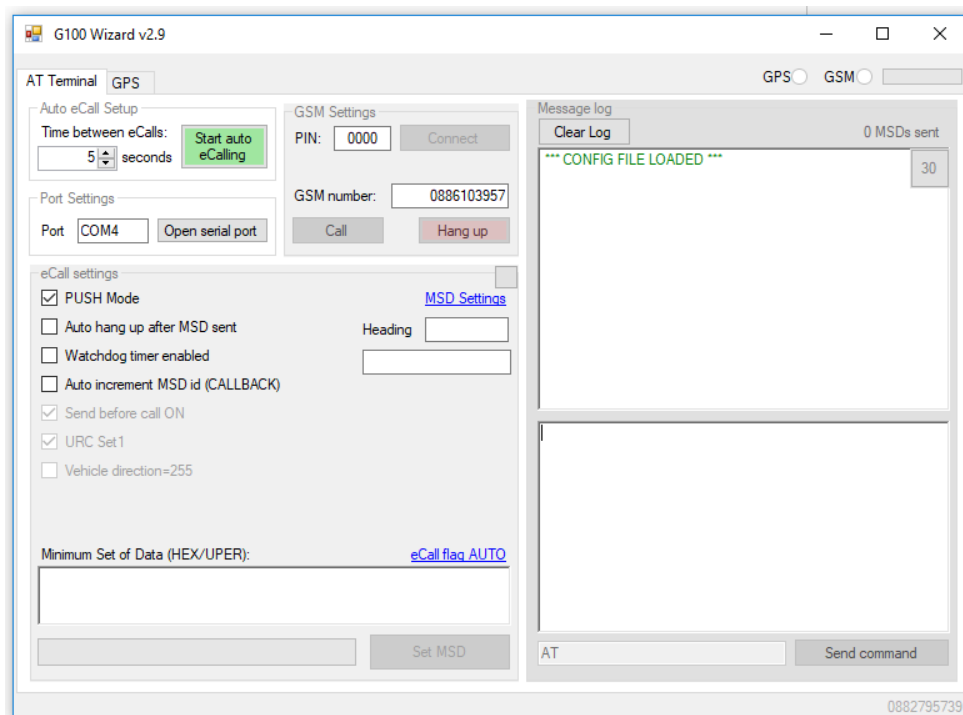
РАЗРАБОТВАНЕ НА АЛГОРИТМИ И СОФТУЕР ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА IVS И ПРОВЕЖДАНЕ НА ТЕСТОВЕ НА СИСТЕМАТА “eCall” В БЪЛГАРИЯ

2.1.2. Разработване на софтуер за управление на IVS

За по-лесното поетапно разработване и тестване на IVS устройството е разработен специализиран софтуер, наречен G100 Wizard. Създаването на софтуера е продиктувано от съображението, че реализирането на тези функции на език за програмиране от високо ниво позволява по-лесна диагностика на цикъла и впоследствие имплементирането му на езика C за вграждения в IVS микроконтролер. На фиг. 2.2 е показан изглед от G100 Wizard.

Разработените функции на G100 Wizard включват:

- Инициализиране на връзката с IVS устройството с възможност за задаване на параметрите на серийния порт;
- Отключване на SIM картата чрез въвеждане на ПИН код;
- Набиране на избран телефонен номер, включително номерът за спешни повиквания 112;
- Настройване на параметрите на “eCall” връзката.



Фигура 2.2. Главният прозорец на софтуера G100 Wizard

2.2.1. Разработване на алтернативен опростен алгоритъм за кодиране

В отговор на недостатъците на стандартния алгоритъм за кодиране на MSD е разработен алтернативен опростен алгоритъм за кодиране. При него стъпката компилиране е пропусната, с цел оптимизиране на процеса. За да се реализира това, е дефинирана статична структура на данните. Изходящата двоична поредица от стандартния и алтернативния алгоритми е идентична. По този начин се гарантира съвместимост с декодиращия механизъм на PSAP централата. Таблица 2.1 показва дефинираната статична структурата на MSD съобщението, включваща в себе си данни и флагови битове. Част от данните е задължително да присъстват в изходната поредица. Другата част са данни, които условно могат да бъдат пропуснати. Това е реализирано като за всяко незадължително информационно поле съществува флагов бит. Ако стойността на даден флагов бит е $0_{(2)}$, то съответните данни, не присъстват в изходящата двоична поредица на MSD.

Таблица 2.1
Статична структура на MSD съобщението

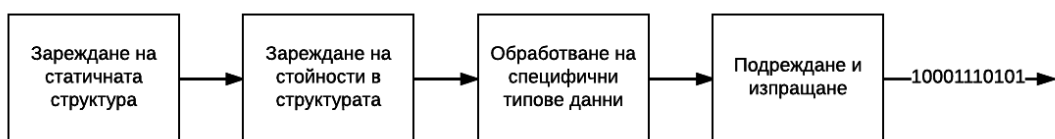
№	Данни	Брой битове	Вид на данните	Условия за кодиране
1	Id	8	integer	Версия на формата на MSD. Има статична стойност $1_{(2)}$

2	paddingBits	3	boolean[3]	Флагови битове със статична стойност 010 ₍₂₎
3	recentVehicleLocation1	1	boolean	1 ₍₂₎ ако е налична последната позиция на автомобила преди катастрофата
4	recentVehicleLocation2	1	boolean	1 ₍₂₎ ако е налична предпоследната позиция на автомобила преди катастрофата
5	numberOfPassengers	1	boolean	1 ₍₂₎ ако е наличен броя на пътниците в автомобила
6	messageIdentifier	8	integer	Пореден номер на съобщението в рамките на една "eCall" сесия, започвайки от 1. При всяко следващо изпращане на MSD при поискване от страна на PSAP тази стойност се увеличава с 1.
7	automaticActivation	1	boolean	1 ₍₂₎ ако "eCall" сесията е иниципирана автоматично чрез инструментална детекция на катастрофа
8	testCall	1	boolean	1 ₍₂₎ ако текущото съобщение е тестово
9	positionCanBeTrusted	1	boolean	1 ₍₂₎ ако GPS позицията е в рамките на допустима точност
10	vehicleType	5	integer	Представява клас на превозното средство, по класификацията дефинирана в EN15722, от ClassM1 = 0 до ClassL7e = 12
11	isowmi	18	printableString[3]	Типът printableString представлява битова поредица кодираща следните букви и цифри "A".."H" "J".."N" "P" "R".."Z" "0".."9" в минимален размер, където
12	isovds	36	printableString[6]	
13	isovisModelyear	6	printableString	
14	isovisSeqPlant	42	printableString[7]	

				'A' = 001010 ₍₂₎ , 'Z' = 100000 ₍₂₎ , '0' = 000000 ₍₂₎ , '9' = 001001 ₍₂₎
15	paddingBits	7	boolean [7]	Флагови битове със статична стойност 01111111 ₍₂₎
16	gasolineTankPresent	1	boolean	1 ₍₂₎ ако автомобила е бензинов
17	dieselTankPresent	1	boolean	1 ₍₂₎ ако автомобила е дизелов
18	compressedNaturalGas	1	boolean	1 ₍₂₎ ако автомобила е с метанова уредба
19	liquidPropaneGas	1	boolean	1 ₍₂₎ ако автомобила е с газова уредба
20	electricEnergyStorage	1	boolean	1 ₍₂₎ ако автомобила е електрически или хибриден
21	hydrogenStorage	1	boolean	1 ₍₂₎ ако автомобила е водороден
22	timestamp	32	integer	Под формата на брой секунди изминати от 01.01.1970 UTC
23	positionLatitude	32	integer	Под формата на милиарксекунди с гранични стойности за Latitude от -324000000 до 324000000 и за Longitude от -648000000 до 648000000
24	positionLongitude	32	integer	
25	vehicleDirection	8	integer	Посока на движение разделена на стъпки от по 2 градуса с гранични стойности от 0 до 179.
26	latitudeDelta1	10	integer	Последните позиции на автомобила преди катастрофата, представени като отклонение от позицията на катастрофата, където 1 единица представлява 100 милиарксекунди
27	longitudeDelta1	10	integer	
28	latitudeDelta2	10	integer	
29	longitudeDelta2	10	integer	

30	numberOfPassengers	8	integer	Брой пътници, ако в автомобила има такива сензори, вградени в седалките
----	--------------------	---	---------	---

Блок-схема на алгоритъма е показана на фиг. 2.4. Начинът на кодиране на полетата според техния тип е идентичен с този описан в дефиницията на UPER схемата на кодиране от стандарта ASN.1. Затова по своята същност стъпките „*обработване на специфични типове данни*“ и „*подреждане и изпращане*“ са идентични на UPER частта на стандартната реализация.

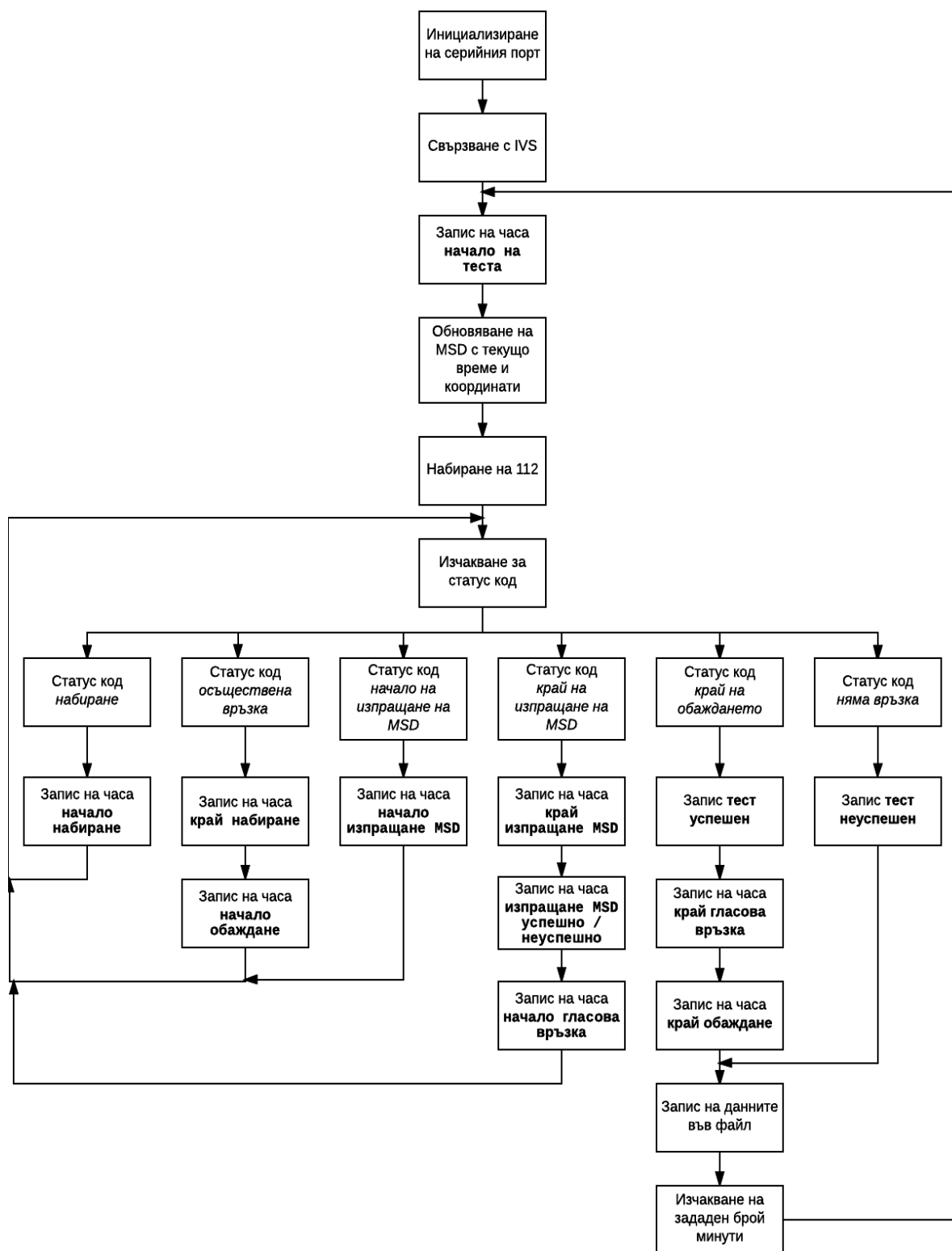


Фигура 2.4. Алтернативен опростен алгоритъм за кодиране на MSD

2.3.1. Разработване на алгоритъм и провеждане на тестове за изследване на бързодействието и надеждността на системата “eCall”

Алгоритъм за провеждане на тестовите

За автоматизиране на тестовите за оценка на KPI параметрите на системата “eCall” е разработен алгоритъм, който не изисква намеса от оператор. Той е имплементиран в софтуера G100 Wizard. Блок-схема на алгоритъма е показана на фиг. 2.9.



Фигура 2.9. Алгоритъм за провеждане на автоматични “eCall” обаждания и запис на параметри

Резултати от проведените тестове

В таблица 2.2 са представени резултатите от проведените чрез алгоритъма тестове след извършване на анализ и статистическа обработка на лог-файловете. В оранжево са отбелязани KPI параметрите с висок приоритет.

Таблица 2.2

Тестове за оценка на бързодействието и надеждността на българския “eCall” пилот

	Оригинално наименование на KPI	Описание	
KPI_001a	Number of automatically initiated “eCall”s	Брой обаждания, маркирани като автоматични	1609
KPI_001b	Number of manually initiated “eCall”s	Брой обаждания, маркирани като ръчни	1074
KPI_002a	Success rate of completed “eCall”s using 112	Успеваемост на завършените “eCall” сесии, използвайки номер 112	92.77%
KPI_003	Success rate of received MSDs	Успеваемост за получаване на MSD	92.77%
KPI_004	Success rate of correct MSDs	Успеваемост за правилно кодиране/декодиране на MSD	100%
KPI_005	Duration until MSD is presented in PSAP	Време от началото на обаждането до визуализация на MSD в централата	16 секунди
KPI_006	Success rate of established voice transmissions	Успеваемост на гласовите връзки след приемане на MSD	98.06%
KPI_007a	Duration of voice channel blocking	Време, за което гласовият канал е блокиран, докато се изпраща MSD по него	5 секунди
KPI_008	Time for call establishment	Време за осъществяване на връзка със 112	8 секунди
KPI_009	Accuracy of position	Точност на позицията (приемлива, неприемлива)	Приемлива
KPI_010	Number of usable satellites	Брой използвани сателити	10.4968319

KPI_011	Geometric dilution of precision	Параметър на GPS системата, характеризиращ точността на позицията	1.374433577
KPI_012	Time between successful positioning fixes	Време между две успешни засичания на позицията	1

2.3.2. Тестове за съвместимост на IVS на ТУ-София с PSAP центри на други държави

С устройството на ТУ-София са проведени тестове с централите на Гърция, Хърватска и Румъния. В таблица 2.3 са показани постигнатите резултати. Тестовите са проведени ръчно, използвайки функциите на софтуера G100 Wizard. В рамките на всеки тест е установена гласова връзка между оператора на IVS и на PSAP за потвърждаване на успешно свързване, получаване и декодиране на MSD.

Таблица 2.3

Резултати от интернационалните тестове с IVS устройството на ТУ-София

	Наименование на KPI	Тест с PSAP Гърция	Тест с PSAP Хърватска	Тест с PSAP Румъния
KPI_001a	Number of automatically initiated "eCall"s	6		
KPI_001b	Number of manually initiated "eCall"s	4	3	5
KPI_002b	Success rate of completed "eCall"s using long number	100%	100%	100%
KPI_003	Success rate of received MSDs	100%	100%	100%
KPI_004	Success rate of correct MSDs	100%	100%	100%
KPI_006	Success rate of established voice transmissions	100%	100%	100%
KPI_007a	Duration of voice channel blocking	11 секунди	7 секунди	8 секунди

Приноси към Глава 2

1. Разработен е алтернативен алгоритъм за кодиране на MSD съобщението, изпращано по време на "eCall" сесия, отличаващ се с опростена структура и високо бързодействие.

2. Разработен е алгоритъм за провеждане на автоматизирани тестове на системата “eCall” в България, извършвани чрез IVS устройството на ТУ-София.

3. Разработен е специализиран софтуер G100 Wizard, имплементиращ разработените алгоритми и изпълняващ допълнителни функции за управление на IVS устройството на ТУ-София.

4. Изследвана е приложимостта на разработения алтернативен алгоритъм за кодиране на MSD чрез провеждане на лабораторни тестове с инструментите на OSS Nokalva и практически тестове с PSAP централата на Телефон 112.

5. Изследвани са бързодействието и надежността на българската система “eCall”, чрез провеждане на автоматизирани тестове в Западна България и Тракия, използвайки разработените алгоритми.

6. Изследвана е съвместимостта на IVS устройството на ТУ-София с PSAP централите на Гърция, Хърватска и Румъния.

Публикации към Глава 2

A3. Aldimirov M., “*Proposal for alternative approach to encoding the MSD message sent during “eCall” sessions*”, XV International PhD Workshop OWD, Conference Archives PTETIS, Vol. 33, 2013, pp. 284-286, Poland, ISBN 978-83-935427-2-7.

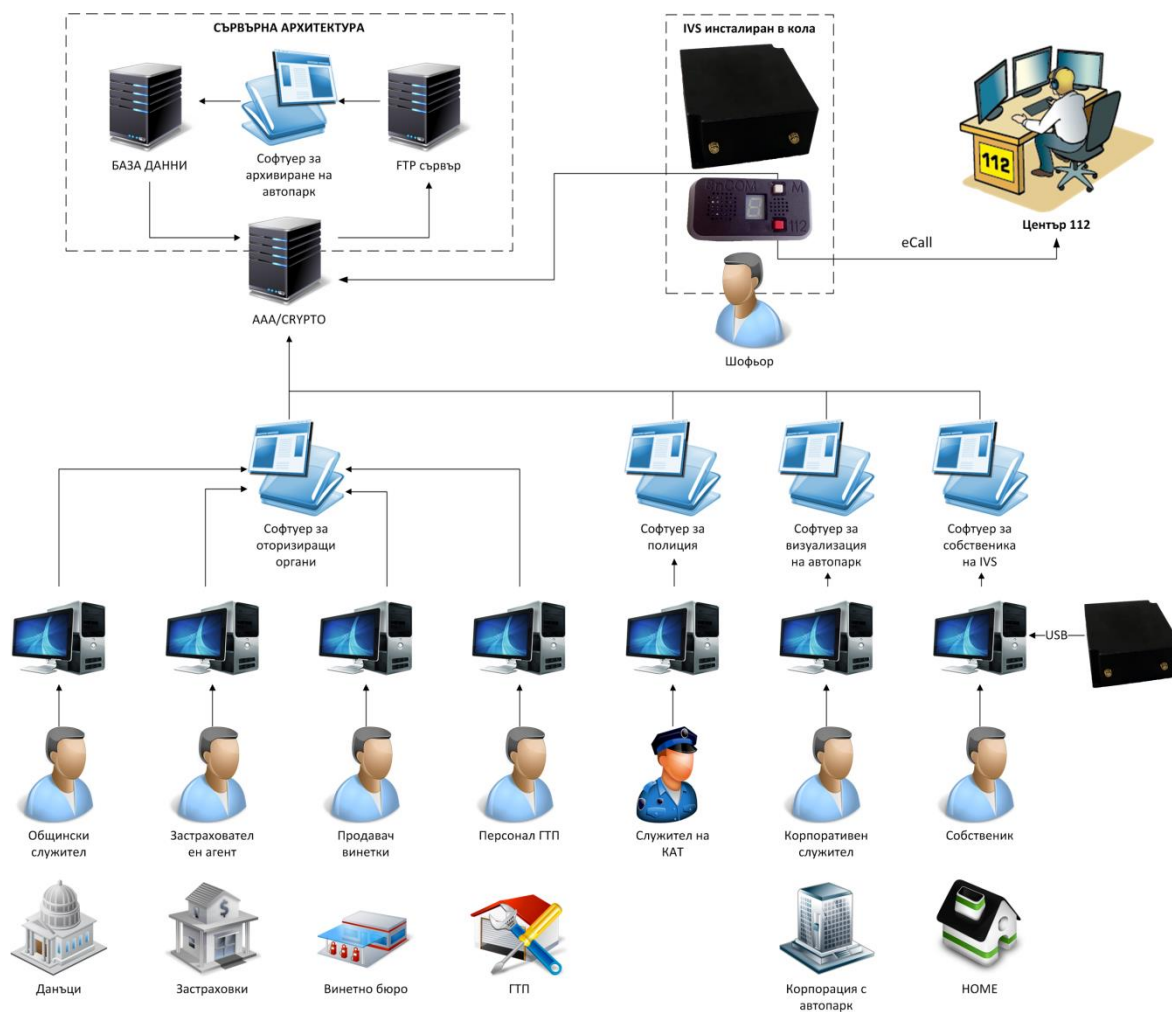
A4. Aldimirov M., Stanchev G., Arnaudov R., “*Testing of an IVS prototype for the “eCall” system under the European HeERO2 project and analysis of the results from the jointly tests with the 112 emergency call center*”, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), pp. 8-12, Volume 4 Issue 10, April 2015, ISSN: 2277-3754, India.

ГЛАВА 3

РАЗРАБОТВАНЕ НА СИСТЕМА И АЛГОРИТМИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА АВТОМОБИЛНИ ДАННИ ЧРЕЗ ИЗПОЛЗВАНЕ НА IVS УСТРОЙСТВО

3.1. Описание на разработената система

На фиг. 3.1 е показана схема на разработената интегрирана система за управление на автопарк и извършване на eCall, наречена Smart Car Call (SCC). Тя е разделена на три части – автомобилни устройства, сървърна част и клиентски софтуери.

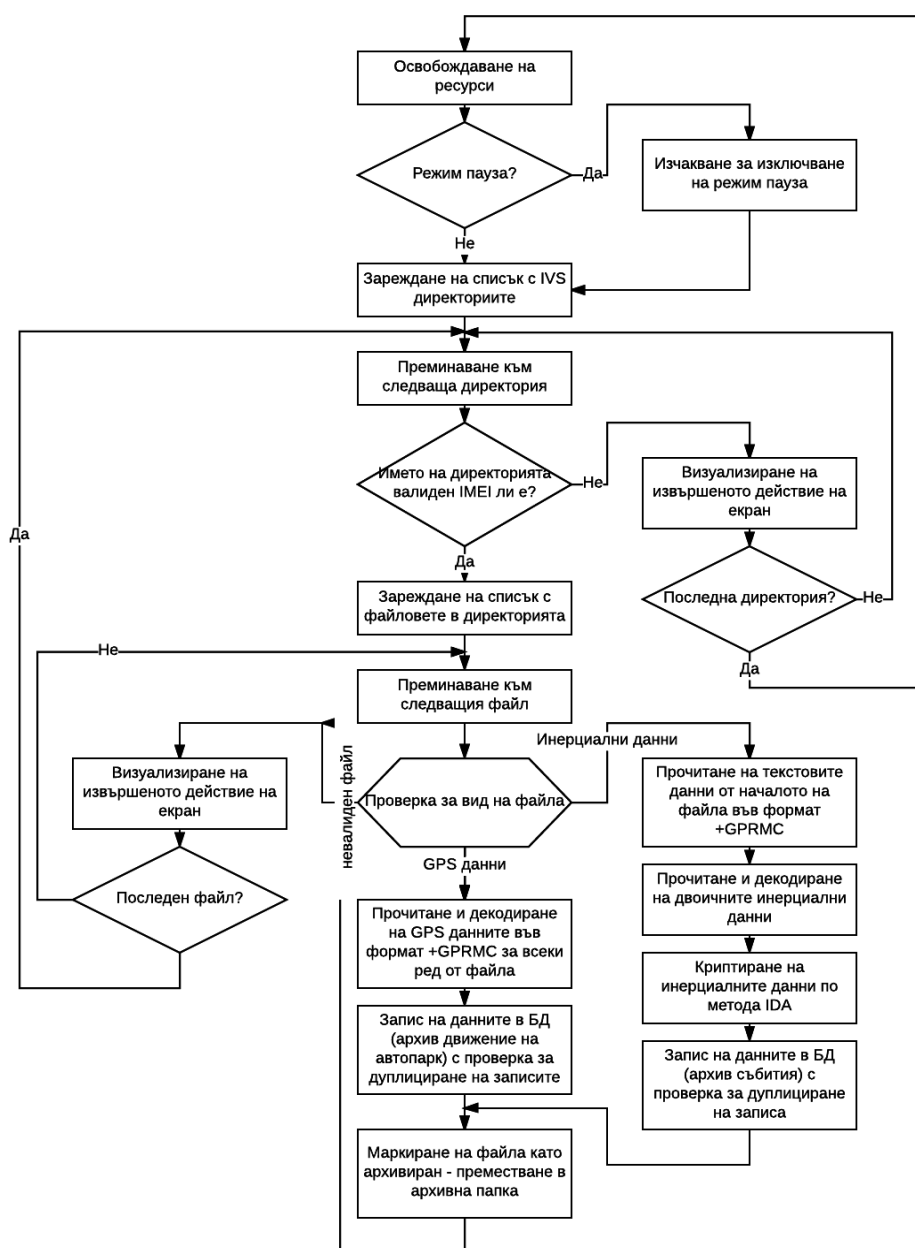


Фигура 3.1. Блок-схема на разработената Smart Car Call система

3.4. Разработване на алгоритми за комуникация с IVS-EDR и софтуер за архивиране

3.4.1. Разработване на алгоритъм за архивиране

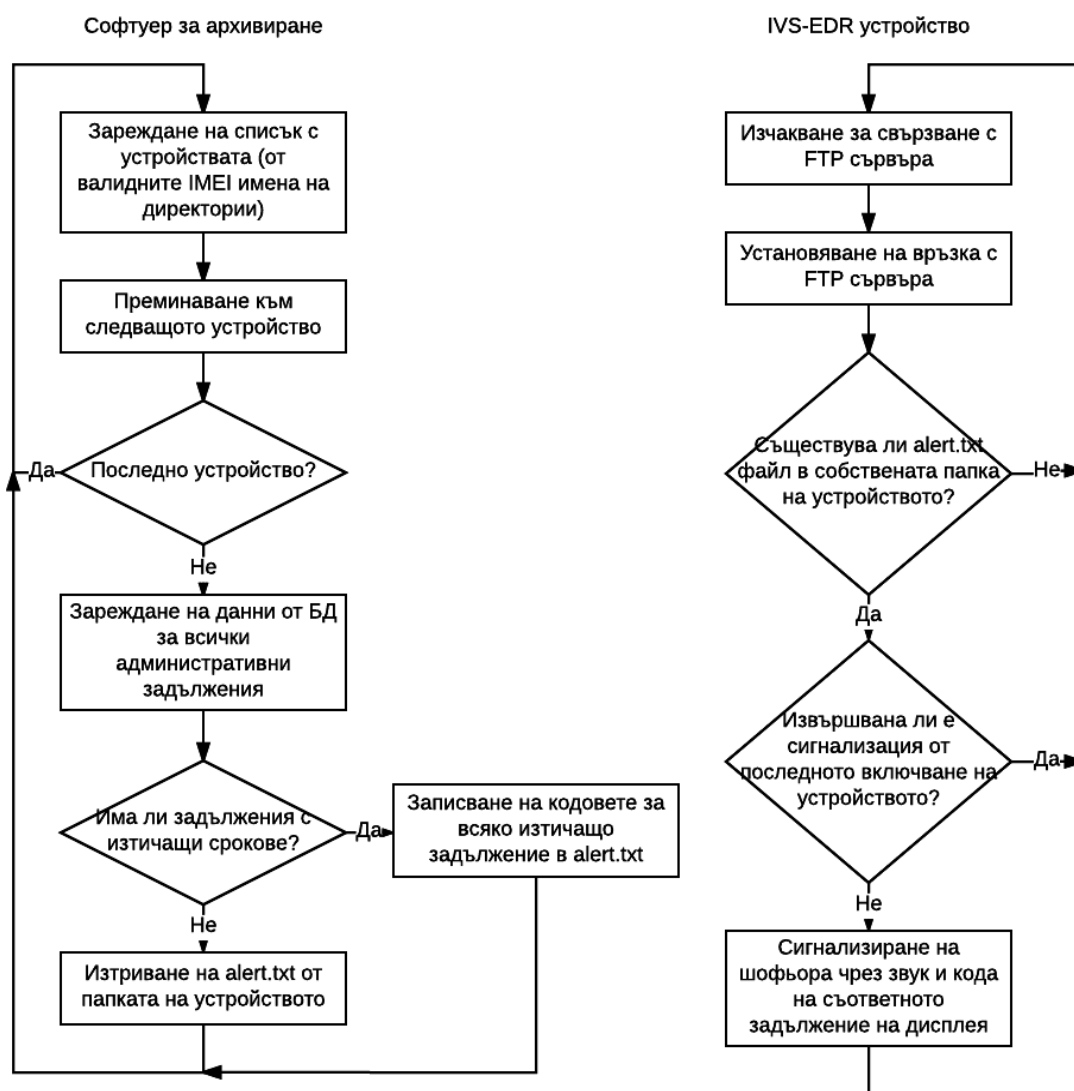
Реализираният протокол на комуникация в IVS-EDR устройството е FTP. Предвид това е разработен алгоритъм за архивиране на данни, показан на фиг. 3.4, при който информацията се обменя между устройството и сървъра под формата на прости текстови и двоични файлове.



Фигура 3.4. Алгоритъм за архивиране на данните от IVS-EDR в базата данни

3.4.3. Разработване на алгоритъм за сигнализиране на шофьора за приближаващи срокове за плащане на административни такси

Една от функциите на IVS-EDR устройството е да сигнализира на шофьора ако има приближаващи срокове за плащане на административни такси. За целта е разработен алгоритъм за сигнализация, базиран на флагов текстов файл, наречен alert.txt. Алгоритъмът е показан на фиг. 3.6.



Фигура 3.6. Алгоритъм за сигнализация на изтичащи административни задължения (такси)

Алгоритъмът за сигнализация е разделен на две части предвид това, че действията, описани в него се извършват поотделно от софтуера за архивиране в сървър и от IVS-EDR устройството. Алгоритъмът е асинхронен и универсален. Той позволява добавянето или премахването на условия за сигнализиране чрез модифициране на съдържанието на alert.txt файла.

3.6. Разработване на методика и провеждане на тестове за работоспособност на системата

За целите на оценяване на работоспособността на разработените алгоритми, както и на цялостната работа на системата и готовността ѝ за комерсиално приложение е разработена методика и са проведени серия от тестове.

3.6.1.4. Методика на провеждане на тестовете

Разработени са тестове, които се извършват ръчно по предварително подготвени сценарии. Те имитират ежедневните дейности, които клиентите на системата биха извършвали в рамките на нормалното ѝ ползване. Всеки сценарий е представен като поредица от стъпки. След изпълнението на стъпките се проверява по предварително зададени условия дали тестът е бил успешен или не. Приема се, че ако съответният тест бъде преминал успешно, всички функции, от които зависи провеждането на теста работят коректно.

3.6.2.7. Изводи

Тестовите сценарии са разделени по модулите, изграждащи системата SCC. Всички извършени тестове са успешни. За всеки тест е изготвен протокол, който е попълнен от операторите, извършили теста и е заверен от представител на ЕКГ.

Като допълнение към тестовата методика са разработени упътвания за инсталация и работа със софтуерите за потребители и администратори. Упътванията са оформени като част от официалната документация по проекта и са с общ размер 51 страници.

Приноси към Глава 3

1. Разработен е алгоритъм за архивиране на данните от IVS чрез обмен на текстови и двоични файлове, базиран на FTP протокол за комуникация.
2. Разработен е алгоритъм за сигнализация на изтекли административни задължения, базиран на прост текстови флагов файл.
3. Разработена е специализирана база данни и софтуер за архивиране, който имплементира разработените алгоритми.
4. Разработен е пакет от четири клиентски софтуера, чрез които разработената система за управление на автопарк с използването на IVS устройство е завършена до готовност за комерсиална употреба.
5. Разработена е методика и са проведени тестове за работоспособност на системата и готовност за комерсиално приложение.

Публикации към Глава 3

А1. Арнаудов Р., Стоянов Н., Алдимиров М., Станчев Г., Георгиев Г., Ботушаров В., „Метод за превенция на автомобилни произшествия чрез предупреждение на водачите за опасности по пътя и за изпълнение на контролни функции, посредством системата “eCall”, Заявка за патент №111512, Българско патентно ведомство, Юни 2013 г., София.

A5. Aldimirov M., Stanchev G., Arnaudov R., “*Integrated system for car park management and “eCall” road accident signalization*”, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), pp. 74-78, Volume 4 Issue 10, April 2015, ISSN: 2277-3754, India.

П2. Участие и работа по проект „Внедряване на иновации в Ентърпрайз Комюникейшънс Груп ООД“ по процедура BG161PO003-1.1.07: “Внедряване на иновации в предприятията“, съфинансиран по Програма „Иновации и конкурентноспособност“, 2014 г., София.

ГЛАВА 4

МЕТОД ЗА АВТОМАТИЗИРАНО РЕКОНСТРУИРАНЕ НА КАТАСТРОФИ ПО ДАННИ ОТ ПРЕКИ ИЗМЕРВАНИЯ

4.1. Дефиниция и обосновка на метода за автоматизирано реконструиране на катастрофа по данни от преки измервания

Предвид направения в Глава 1 анализ на недостатъците на съществуващите методи за реконструкция на катастрофи, *е синтезиран метод за автоматизирана реконструкция на катастрофи*, базиран на данни от преки измервания. Методът се състои в използването на инерциални и GPS данни, записвани от автомобилно EDR устройство в интервала около настъпването на катастрофа, използването на тези данни в софтуер за реконструкция и визуализирането на изходните данни от КФ под формата на 3D анимация, като софтуерът за реконструкция извършва предварителна обработка на данните и чрез Калманов филтър (КФ), сходен с филтрите за инерциална навигация, реконструира траекторията, ориентацията и скоростта на автомобила по време на катастрофата.

Обосновка на синтезирания метод

Автомобилните EDR устройства са удачни за използване в метода за автоматизирана реконструкция при условие, че записват инерциални и GPS данни. Извършваните от тях измервания са преки по време на катастрофата, а широкото им разпространение в съвременните автомобили е предпоставка за широко комерсиално приложение на метода.

Реконструирането на траекторията на движение и ориентацията на обект по инерциални и GPS данни е една от основните задачи на инерциалната навигация. За извършване на тази задача, най-често се използва КФ, което прави удачно използването му и в метода за реконструкция, след модификация на конфигурацията на филтъра по начин, който отразява спецификата на данните, записвани от EDR устройствата.

Една от крайните цели на всеки експертен анализ е визуализацията на развитието на катастрофата. Когато реконструкцията се извършва автоматизирано от софтуер,

технически е възможно този софтуер автоматично да подаде данните за траекторията и ориентацията към визуализиращ софтуер, който да генерира 3D анимация на катастрофата. По този начин се постига пълна автоматизация на процеса от записа на данните до визуализацията на реконструкцията.

4.2.1. Особености на данните, записвани от EDR и влиянието им върху КФ

Направеният анализ е валиден за всички стандартизирани EDR, както и за представените в Глава 3 IVS-EDR устройства.

4.2.1.1. Особености на данните, записвани от EDR

Спецификата на данните, записвани от EDR най-вече се свежда до времевата им ограниченост. Може да се очаква, че началото на тези данни е по време на движение с голяма динамика. От друга страна статистиката показва, че в 93% от инцидентите, автомобилите спират на място в рамките на 3 секунди от първоначалния сблъсък. От това може да очакваме, че в края на записа на EDR ще има данни, записани в състояние на покой.

4.2.1.2. Влияние върху инициализацията и математическия модел на КФ

Спецификата на данните, записвани от EDR устройствата указва влияние върху подхода за инициализация на КФ и по-конкретно за изследването на шумовите параметри на сензорите, чрез които се инициализират корелационните матрици на шума. За текущата реализация, шумът на сензорите може да бъде изведен от края на записаните от EDR данни, използвайки статистическото очакване, че автомобилът е спрял на място.

За краткото време на запис на EDR по време на катастрофа, може да се приеме, че бавнопроменящите се шумови параметри на сензорите са константни, с което се опростява основният цикъл на КФ.

Тъй като по време на инцидент колата може да промени своята ориентация без да промени значително посоката си на движение, GPS данните могат да се използват само за корекция на позицията на автомобила и не са от полза при изчисляването на посоката на движение в основния цикъл на КФ. За корекция на ориентацията може да се използват само данните от магнитометъра, в ролята му на цифров компас.

4.2.2.3. Избор на координатни системи

За изчисленията в КФ е избрано да се използват две координатни системи:

- Световна координатна система (СКС) – това е КС, началото на която съвпада с позицията на автомобила в момента $t = 0$. Посоката на оста X съвпада с посоката на движение на автомобила в същия момент. Тази КС се използва за описване на движението на автомобила в пространството по време на катастрофата. Тя е неподвижна по отношение на земната повърхност;
- Инерциална координатна система (ИКС) – тази КС е подвижна спрямо АКС и е свързана с инерциалните сензори на EDR. Тя съвпада напълно с КС на акселерометъра. В конкретния случай на IVS-EDR жирокопа и магнитометъра са монтирани със същата ориентация като акселерометъра и затова ИКС съвпада и с техните КС.

4.2.3. Тестова конфигурация на КФ за изследване на синтезирания метод

Представената тук конфигурация на КФ е използвана за провеждане на представителни тестове за доказване на практическата приложимост на метода за реконструкция.

Векторът на състоянието x_k е показан в (4.3), където $[p_x \ p_y \ p_z]^T$ е векторът на позицията на автомобила в АКС, $[u \ v \ w]^T$ е векторът на скоростта на автомобила в ИКС и $[\varphi \ \theta \ \psi]^T$ са Ойлеровите ъгли [87], представящи ориентацията на автомобила в СКС. Индексът k е времеви параметър, показващ текущата итерация на цикъла на КФ.

$$x_k = [p_x \ p_y \ p_z \ u \ v \ w \ \varphi \ \theta \ \psi]^T \quad (4.3)$$

Векторът на измерването u_k е показан на (4.4), където $[A_x \ A_y \ A_z]^T$ векторът на ускорението, измерен от акселерометъра в ИКС, $[p \ q \ r]^T$ са ъгловите скорости спрямо осите X, Y и Z, измерени от жирокопа в ИКС, а $[g_x \ g_y \ g_z]^T$ е векторът на гравитацията в СКС. Очевидно g_x и g_y винаги са със стойност 0, но представянето на гравитацията като триизмерен вектор позволява използването на същите ротационни матрици, използвани за другите изчисления.

$$u_k = [a_x \ a_y \ a_z \ p \ q \ r \ g_x \ g_y \ g_z]^T \quad (4.4)$$

Векторът на изхода z_k е показан на (4.5), където $[p_{x_{gps}} \ p_{y_{gps}} \ p_{z_{gps}}]^T$ е векторът на позицията на автомобила в СКС, изчислен от GPS данните, а ψ_{mag} е Ойлеровият ъгъл, изчислен от измерванията на магнитометъра.

$$z_k = [p_{x_{gps}} \ p_{y_{gps}} \ p_{z_{gps}} \ \psi_{mag}]^T \quad (4.5)$$

Използвайки тези вектори е изведена системата от линейни уравнения, използвана в КФ. Уравнението на състоянието е показано на (4.6), а уравнението на измерването – на (4.5).

$$x_{k+1} = F_k \cdot x_k + G_k \cdot u_{k+1} + \omega_{k+1} \quad (4.6)$$

$$z_{k+1} = H \cdot x_{k+1} + v_{k+1} \quad (4.7)$$

Използваните означения $I_{3 \times 3}$ и $0_{3 \times 3}$ са съответно за единична и за нулева квадратни матрици от трети ред.

Матриците F и G се преизчисляват на всяка итерация на филтъра, както е показано в (4.8) и (4.9). По този начин се запазва линейната зависимост между състоянията на системата. Динамичната стойност на матриците е показана чрез времевите индекси k .

$$F_k = \begin{bmatrix} I_{3 \times 3} & \Delta t \cdot L_{EB} & 0_{3 \times 3} \\ 0_{3 \times 3} & S_{TR} & 0_{3 \times 3} \\ 0_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} & I_{3 \times 3} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

$$G_k = \begin{bmatrix} \Delta t^2 \cdot L_{EB} & 0_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} \\ \Delta t \cdot I_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} & -\Delta t \cdot L_{BE} \\ 0_{3 \times 3} & \Delta t \cdot T & 0_{3 \times 3} \end{bmatrix} \quad (4.9)$$

- където: Δt е времето между два съседни отчета, измерено в секунди.
- матриците L_{EB} , L_{BE} , дадени в (4.10), са стандартни ротационни матрици от литературата, използвани за преход между координатните системи за линейни параметри, като ускоренията, скоростите и т.н..
- индексите E и B означават съответно СКС (Earth) и ИКС (Body).

Матрицата T , дадена в (4.11), е стандартна ротационна матрица от литературата, използвана за преход между координатните системи за ъглови параметри, като ъгловата скорост.

Матрицата S_{TR} , дадена в (4.12), се използва за компенсиране на влиянието на ъгловите скорости върху линейната скорост [1]. Чрез нея се компенсират ускоренията, породени от центробежните сили.

$$S_{TR} = \begin{bmatrix} 1 & \Delta t \cdot r & -\Delta t \cdot q \\ -\Delta t \cdot r & 1 & \Delta t \cdot p \\ \Delta t \cdot q & -\Delta t \cdot p & 1 \end{bmatrix} \quad (4.12)$$

Тъй като и двата вектора x_t и z_t са в СКС, връзката между тях, изразена чрез матрицата H , е директна – не се налагат трансформации на векторите между координатните системи. Магнитометърът и GPS модулът извършват измервания с честота, различна от тази на акселерометъра и жирокопа. Затова, подобно на F и G , матрицата H се обновява на всяка итерация в зависимост от това дали са налични данни от единия, от другия или и от двата сензора, както е показано на (4.13). Когато са налични данни от съответния сензор H , матриците имат формата, показана на (4.14) и (4.15). Когато за дадена итерация не са налични измервания, се използва нулева матрица, съответно на мястото на H_{gps} или H_{mag} .

$$H = \begin{bmatrix} H_{gps} \\ H_{mag} \end{bmatrix} \quad (4.13)$$

$$H_{gps} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.14)$$

$$H_{mag} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (4.15)$$

Предвид така разработената линейна система, Калмановият филтър е реализиран като цикъл с пет стъпки – стандартна от литературата реализация. За постигане на още по-точен резултат след завършване на основния цикъл на КФ се извършва и изглаждащ цикъл в три стъпки – също стандартна реализация от литературата.

4.2.4. Инициализиране на КФ

Основният период на запис по време на катастрофата, който е стандартизиран по IEEE1616 с продължителност 13 секунди – $t = [-8; +5]$, е увеличен с по 5 секунди в началото и в края. По този начин общото време за запис е 23 секунди – $t = [-13; +10]$, а данните от интервалите $t = [-13; -8]$ и $t = [+5; +10]$ се използват за извеждане на параметрите за инициализацията на КФ. В съответствие със статистиката, представена в стандарта IEEE1616 и в проекта Veronica2, се приема, че в интервала $t = [-13; -8]$ катастрофата все още не е започнала, и автомобилът се движи с ниска динамика по плавна траектория. В интервала $t = [+5; +10]$ се приема, че автомобилът е в покой.

4.2.4.5. Инициализиране на корелационните матрици на шума

Матрицата Q се построява като диагонална, чийто диагонал е съставен от елементите на дисперсията на вектора на състоянието – $Q = \text{diag}(\sigma_{\hat{x}_k}^2)$. От своя страна дисперсията $\sigma_{\hat{x}_k}^2$ се изчислява на всяка итерация чрез (4.25).

$$\sigma_{\hat{x}_k}^2 = \begin{bmatrix} 0_{3 \times 3} & \Delta t \cdot L_{EB} & 0_{3 \times 3} \\ 0_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} \\ 0_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} & 0_{3 \times 3} \end{bmatrix} \sigma_{\hat{x}_{k-1}}^2 + G_k \sigma_{\hat{u}_k}^2 \quad (4.25)$$

Началната стойност на грешката в състоянието се приема за нула – $\sigma_{\hat{x}_0}^2 = [0 \dots 0]^T$, а грешката в измерването е показана в (4.26), където дисперсиите на шума на акселерометъра и жирокопа се снемат от периода $t = [+5; +10]$, в който автомобилът е в покой.

$$\sigma_{\hat{u}_k}^2 = \begin{bmatrix} \sigma_{A_x}^2 \\ \sigma_{A_y}^2 \\ \sigma_{A_z}^2 \\ \sigma_p^2 \\ \sigma_q^2 \\ \sigma_r^2 \end{bmatrix}_{t=[+5; +10]} \quad (4.26)$$

От така показаните зависимости, стойността на P_0^+ се задава като $P_0^+ = Q_0$.

Подобно на матрицата Q, стойността на R се определя чрез $R = \text{diag}(\sigma_{z_k}^2) = \text{diag}([\sigma_{p_{x_{gps}}}^2 \quad \sigma_{p_{y_{gps}}}^2 \quad \sigma_{p_{z_{gps}}}^2 \quad \sigma_{\psi_{mag}}^2])$. В текущата разработка за стойност на дисперсията се използва параметърът Horizontal Dilution of Precision (HDOP), предаван в \$GPGGA изречението. Получената зависимост е показана на (4.27), където отново σ_{B_x} и σ_{B_y} са снети от данните в периода $t = [+5; +10]$.

$$\sigma_{\psi_{mag_k}}^2 = \frac{B_{y_k}^2}{B_{x_k}^2} \left(\frac{\sigma_{B_x}}{B_{x_k}^2} + \frac{\sigma_{B_y}}{B_{y_k}^2} \right) \quad (4.27)$$

При стандартните КФ за инерциална навигация изследването на шумовете на сензорите се извършва при стартиране на устройството, с други думи от „началото“ на данните, използвайки описания подход. *Съществената разлика* в случая е, че при разработения КФ шумовете се снемат от „края“ на данните, когато колата е спряла..

4.3.1. Методология на провеждане на тестовете

За целите на изследването се извършва реконструкция на траекторията на автомобила при движение с голяма динамика по време на аварийно спиране.

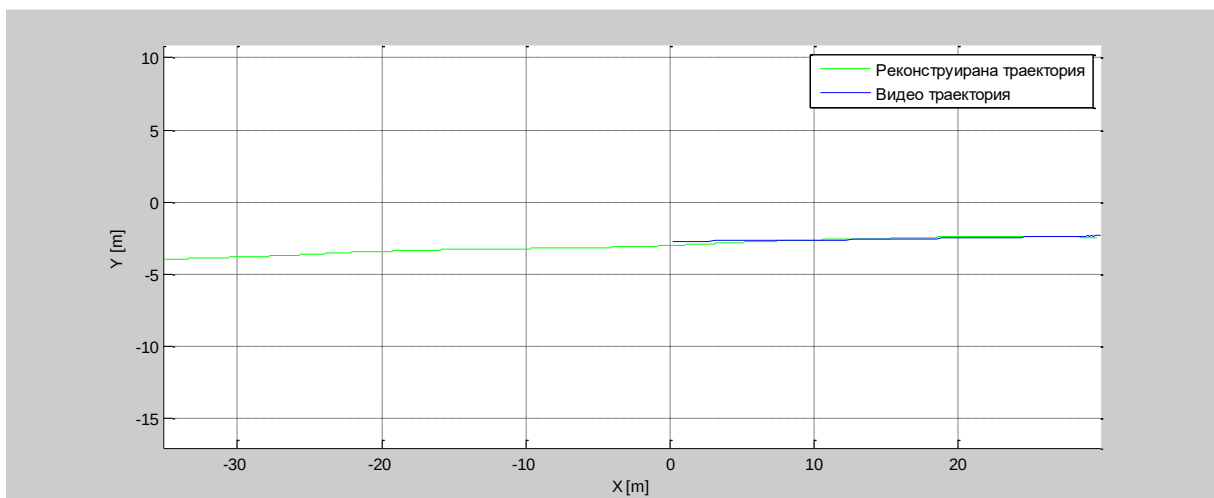
Методологията на провеждане на тестовете се състои в инсталирането на IVS-EDR в лек автомобил, който извършва аварийно спиране по свободна траектория в рамките на предварително обособена тестова площадка. Записаните данни се използват за реконструиране на траекторията на движение чрез разработения КФ и се сравняват с референтна траектория за изчисляване на грешката от реконструкцията и оценка на метода. За генериране на референтна траектория в извънлабораторни условия движението на автомобила се заснема на видеозапис, от който се извлича траекторията със специализиран софтуер, чрез проследяване на предварително поставени маркери върху тавана и предния капак на автомобила.

4.3.4.1. Тест по права траектория

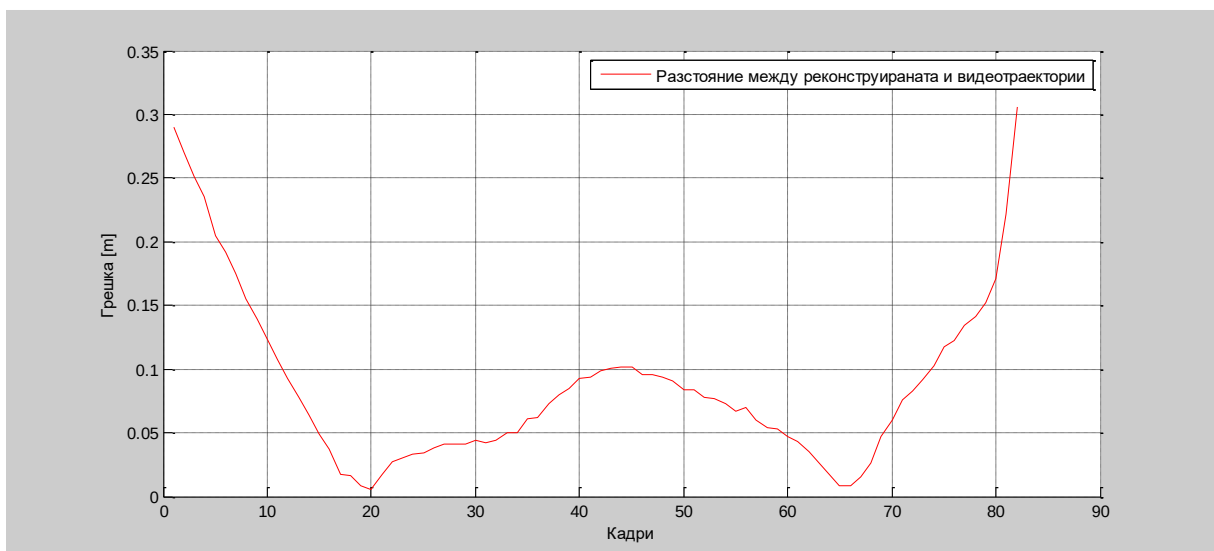
Резултати от теста

На фиг. 4.13 е показан резултатът от проведения тест. В зелено е показана траекторията на движение на автомобила, реконструирана от КФ. В синьо е показана траекторията на движение, извлечена чрез Tracker от обработения видеофайл.

От двете траектории е изчислена грешката в реконструкцията, като е измерено разстоянието между тях за всяка точка на референтната траектория. Резултатът от това измерване е показан на фиг. 4.14.



Фигура 4.13. Сравнение на реконструираната и извлечената от видеозаписа траектории

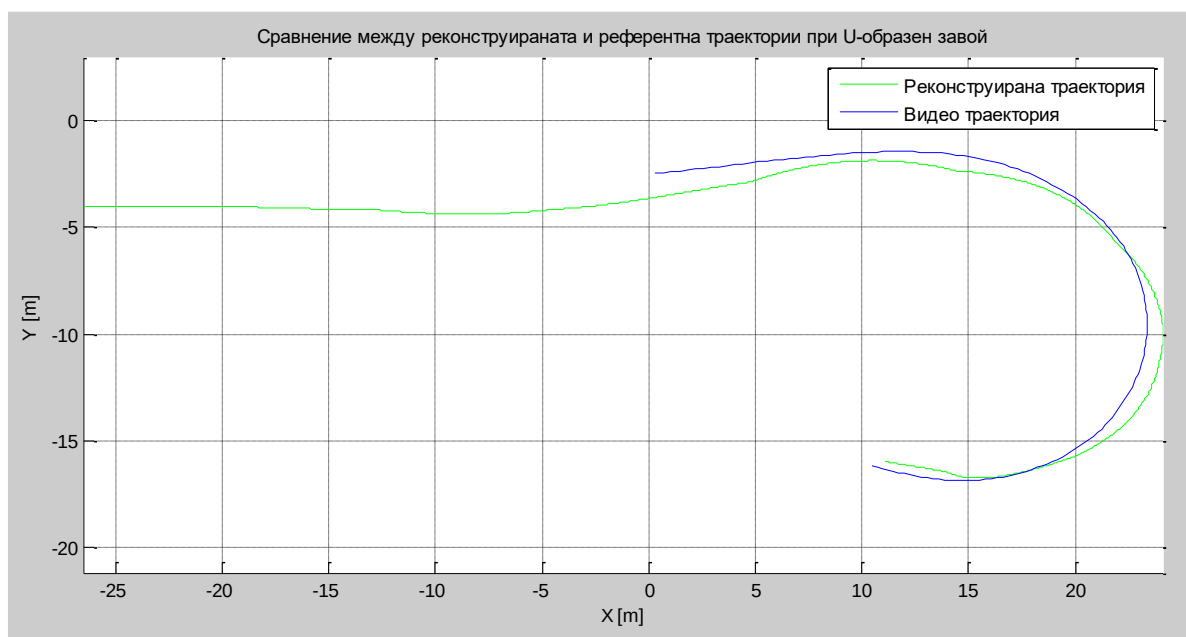


Фигура 4.14. Графично представяне на грешката в реконструираната траектория

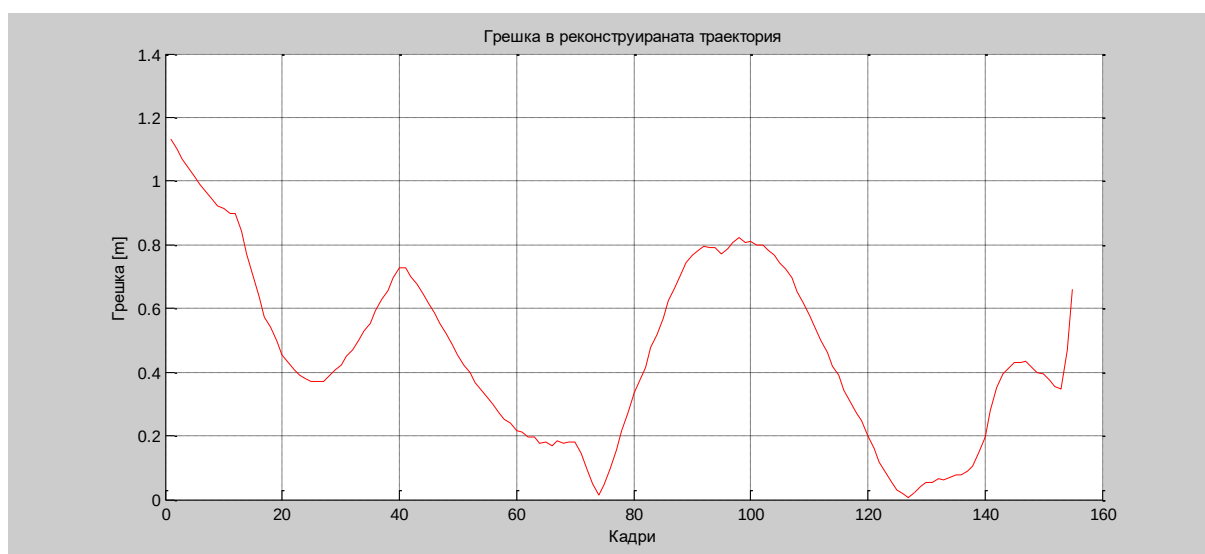
4.3.4.2. Тест по U-образна траектория

Резултати от теста

На фиг. 4.19 е показан резултатът от проведения тест. В зелено е показана траекторията на движение на автомобила, реконструирана от КФ. В синьо е показана траекторията на движение, извлечена чрез Tracker от обработения видеофайл.



Фигура 4.19. Сравнение на реконструираната и извлечената от видеозаписа траектории



Фигура 4.20. Графично представяне на грешката в реконструираната траектория

На фиг. 4.21 е показан и резултатът от реконструкцията на ориентацията на автомобила.

Приноси към Глава 4

1. Синтезиран е метод за автоматизирано реконструиране на катастрофа по данни от преки измервания, отличаващ се с бързодействие, неподправимост на резултата и широко комерсиално приложение.

2. Разработен е Калманов филтър, извършващ реконструкция на траекторията, ориентацията и скоростта на движение на автомобил по време на катастрофа по инерциални и GPS данни от IVS-EDR устройство.

3. Синтезираният метод и разработеният филтър са реализирани в практическа разработка за изследване на тяхната приложимост.

4. Разработена е методика и са проведени тестове с точно изчисляване на грешката в реконструкцията чрез сравнение с референтна траектория, извлечена от видеозапис, направен с радиоуправляем дрон на специално обособена тестова площадка.

5. Направени са изводи на база на резултатите от проведените тестове.

Публикации към Глава 4

A6. Aldimirov M., Arnaudov R., *“Method for automated reconstruction of a car’s path during crash from GPS/INS data using a Kalman filter”*, Advances in Engineering Software, Elsevier, DOI: [10.1016/j.advengsoft.2017.10.009](https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2017.10.009), November 2017.

III. НАУЧНО-ПРИОЛОЖНИ И ПРИЛОЖНИ ПРИНОСИ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Научно-приложни приноси в дисертационния труд

1. Синтезиран е метод за автоматизирано реконструиране на катастрофи по данни от преки измервания чрез Калманов филтър, сходен с филтрите използвани за инерциална навигация. Разработена е конкретна конфигурация на Калманов филтър и са проведени тестове за изследване на практическата приложимост на метода за автоматизирано реконструиране.

2. Разработени са алтернативен алгоритъм за опростено кодиране на MSD съобщения и алгоритъм за провеждане на автоматизирани тестове на системата “eCall” в България, чрез IVS устройството на ТУ-София.

3. Разработени са алгоритми за архивиране на данните от IVS и за сигнализация на изтекли административни задължения чрез обмен на текстови и двоични файлове, базирани на FTP протокол за комуникация.

4. Изследвани са възможностите за усъвършенстване на системата „eCall“ чрез подобряване на автоматичната детекция на катастрофи и е синтезиран метод за превенция на автомобилни произшествия чрез предупреждение на водачите за опасности по пътя и за изпълнение на контролни функции, посредством системата “eCall”.

Приложни приноси

1. Разработен е специализиран софтуер G100 Wizard за управление на IVS устройство, използван за изследване на бързодействието и надеждността на системата „eCall“ в България и съвместимостта на IVS устройството на ТУ-София с PSAP централите на Гърция, Хърватска и Румъния.

2. Разработена е софтуерната част на система за управление на автопарк Smart Car Call, използваща IVS устройство и интегрирана със системата eCall. Софтуерната част на SCC включва база данни, сървърен софтуер и пакет от 4 клиентски софтуера. Разработена е методика и са проведени тестове за изследване на цялостната работоспособност на системата.

3. Разработеният Калманов филтър за реконструкция на катастрофи е реализиран чрез платформата MATLAB и е проведен набор от представителни тестове за изследване на точността на резултата за доказване на практическата приложимост на метода за автоматизирана реконструкция.

IV. Научни публикации на автора по темата на дисертацията

Патент по дисертацията

A1. Арnaudов Р., Стоянов Н., Алдимиров М., Станчев Г., Георгиев Г., Ботушаров В., *„Метод за превенция на автомобилни произшествия чрез предупреждение на водачите за опасности по пътя и за изпълнение на контролни функции, посредством системата “eCall”*, Заявка за патент №111512, Българско патентно ведомство, Юни 2013 г., София.

Научни публикации

A2. Алдимиров М., Станчев Г. *„Анализ и предложения за усъвършенстване на функционалните възможности на устройствата по стандарта IEEE1616 и системата “eCall”*“, Българско списание за инженерно проектиране, Брой 25, Януари 2015, стр. 91-97, Машиностроителен факултет, Технически университет София, ISSN 1313-7530.

A3. Aldimirov M., *“Proposal for alternative approach to encoding the MSD message sent during “eCall” sessions”*, XV International PhD Workshop OWD, Conference Archives PTETIS, Vol. 33, 2013, pp. 284-286, Poland, ISBN 978-83-935427-2-7.

A4. Aldimirov M., Stanchev G., Arnaudov R., *“Testing of an IVS prototype for the “eCall” system under the European HeERO2 project and analysis of the results from the jointly tests with the 112 emergency call center”*, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), pp. 8-12, Volume 4 Issue 10, April 2015, ISSN: 2277-3754, India.

A5. Aldimirov M., Stanchev G., Arnaudov R., *“Integrated system for car park management and “eCall” road accident signalization”*, International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT), pp. 74-78, Volume 4 Issue 10, April 2015, ISSN: 2277-3754, India.

A6. Aldimirov M., Arnaudov R., *“Method for automated reconstruction of a car’s path during crash from GPS/INS data using a Kalman filter”*, Advances in Engineering Software, Elsevier, към датата на предаване на дисертацията статията е приета за публикуване (Приложение A2)

Участие на автора в проекти по темата на дисертацията

П1. Участие и работа по проект HeERO2 на Европейската комисия за пилотна реализация на системата “eCall” в Европа. Авторът е част от екипа на ТУ-София, партньор в българския консорциум, 2013-2014 г.

П2. Участие и работа по проект „Внедряване на иновации в Ентърпрайз Комюникейшънс Груп ООД“ по процедура BG161PO003-1.1.07: “Внедряване на иновации в предприятията“, съфинансиран по Програма „Иновации и конкурентноспособност“, 2014 г., София.

Презентации по дисертацията

Пр1. Алдимиров М., „Challenges and solutions for “eCall” triggering by aftermarket IVS devices“, презентация по време на събитието HeERO Workshop, София, Ноември 2014.

Пр2. Алдимиров М., „Иновативно решение за управление на автопарк“, презентация в панел „Форум - Иновативни решения“, Годишна конференция на АСТЕЛ, Април 2015 г., София.



TECHNICAL UNIVERSITY OF SOFIA

Faculty of Telecommunications

Department of Radio Communications and Video Technology

MARIN SVETOSLAVOV ALDIMIROV, M.Sc.

INFORMATION TRANSMISSION AND PROCESSING FOR VEHICLE TRACKING AND eCall SIGNALIZATION

ABSTRACT OF PhD THESIS

In this dissertation the existing methods, algorithms and systems for information transmission and processing for vehicle tracking and timely road event signalization are examined. A critical analysis is made, based on which the possibilities for synthesizing new methods and algorithms are marked, aimed at overcoming the analyzed drawbacks. Ideas for developing a system, embedding the newly synthesized methods and algorithms and built around the eCall IVS device are presented.

An alternative algorithm for encoding the MSD message, sent during eCall sessions, is developed. The algorithm stands out with simpler structure. An algorithm for performing automated tests of the Bulgarian eCall system is developed. The algorithm is based on the IVS device, developed by TU-Sofia. Both algorithms are implemented in the specialized software G100 Wizard, developed for controlling the IVS. Tests of the eCall system are performed in the area of Western Bulgaria with which the performance and reliability are examined. In addition, tests for the compatibility of TU-Sofia's IVS and foreign PSAP centers are made, specifically, with the PSAP centers of Croatia, Greece and Romania. From the test results it is concluded that the Bulgarian eCall system is ready for commercial application.

Following the idea for more effective use of the hardware resources of the IVS device a fleet management system integrated with the eCall system was developed. Algorithms for two-way communication with the IVS device were developed, based on the FTP transmission protocol. Methodology for testing is developed and is used to perform tests of the modules of the system for examining its readiness for commercial application.

A method for automated car crash reconstruction from direct measurement data is developed. Its based on a Kalman filter, similar to the ones used in inertial navigation, which uses inertial and GPS data, recorded by an IVS-EDR device, to reconstruct the trajectory, attitude and speed of the car during crash. The method is implemented with MATLAB and a series of test are conducted to assess its practicality. Using a radiocontrolled drone videorecordings of the tests are made, from which reference trajectory is extracted. The reference trajectory is used to calculate the error of the reconstruction. The accuracy achieved is enough for practical application of the developed method.