



БЪЛГАРСКА АКАДЕМИЯ НА НАУКИТЕ
ИНСТИТУТ ПО ИНФОРМАЦИОННИ И КОМУНИКАЦИОННИ
ТЕХНОЛОГИИ

Панайот Пламенов Даскалов

МЕТОДИ, АЛГОРИТМИ И ИЗЧИСЛИТЕЛНИ АРХИТЕКТУРИ
ЗА ОТКРИВАНЕ НА ДВИЖЕЩИ СЕ ЦЕЛИ
В РАДИОИЗОБРАЖЕНИЯ

ДИСЕРТАЦИЯ

за придобиване на образователната и научна степен „доктор“

по докторска програма „Информатика“

професионално направление 4.6. “Информатика и компютърни науки“

Конкурс на МОН за 2007г. „Стипендии за млади учени, които подготвят докторантски труд в национална фирмена структура“, ДОГОВОР № МУ-ФС-05/17.12.2007

Научни ръководители:
проф. д.н. Христо Кабакчиев
проф. д.н. Иван Гарванов

София, 2018 г.

СЪДЪРЖАНИЕ

Списък на използвани съкращения и означения

Увод

Актуалност на темата

Обзор на основните резултати в областта

Цели и задачи на дисертацията

Методология на изследването

Структура на съдържанието

ГЛАВА I. Проектиране и реализиране на система за навигация и контрол

- 1.1. Компютърни системи за управление на флот от превозни средства
- 1.2. Технологии за позициониране
 - 1.2.1. Глобална позиционна система (Global Positioning System - GPS)
 - 1.2.2. Позициониране чрез клетъчната мрежа (Network ID based positioning)
- 1.3. Методи за обмен на данни в мобилна мрежа
 - 1.3.1. Кратки текстови съобщения (Short Message Service - SMS)
 - 1.3.2. General Packet Radio Service (GPRS)
 - 1.3.3. Circuit Switched Data (CSD)
 - 1.3.4. Обобщение
- 1.4. Цели и задачи на изследването
 - 1.4.1. Задачи
 - 1.4.2. Изисквания към сложността на използване
 - 1.4.3. Изисквания към надеждността
 - 1.4.4. Изисквания към сигурността
 - 1.4.5. Изисквания към производителността
 - 1.4.6. Изисквания към хардуера и софтуера
 - 1.4.7. Изисквания към програмните интерфейси
 - 1.4.8. Изисквания към съхранението на данните
- 1.5. “Мениджър на устройства” за контрол и управление на навигационните устройства вградени в автомобилите

- 1.5.1. Създаване на “мениджър на устройства” като приложение от няколко компонента
 - 1.5.2. Създаване на сървърния компонент като приложение от тип windows услуга
 - 1.5.3. Създаване на интерфейския компонент като приложение от тип web услуга
 - 1.5.4. Създаване на отделни класове, имплементиращи функционалността на компонентите
 - 1.5.5. Създаване на модел за комуникация между компонентите на МУ
 - 1.5.6. Създаване на MySQL база данни
 - 1.5.7. Изводи
- 1.6. Структурно описание на приложението „Мениджър на устройства“
- 1.6.1. Избор на среда за разработка
 - 1.6.2. Проектиране на сървърния компонент
 - 1.6.2.1. Обект “сървър”
 - 1.6.2.2. Обект “устройство”
 - 1.6.2.3. Обект “интерпретатор”
 - 1.6.2.4. Обект “интерфейс към база данни”
 - 1.6.2.5. Приложението windows услуга
 - 1.6.3. Проектиране на интерфейския компонент
 - 1.6.4. Проектиране на базата данни
 - 1.6.5. Проектиране на инфраструктурата
 - 1.6.6. Разработки на МПС на навигационни цифрови системи за управление на коли
- 1.7. Изводи по глава 1

ГЛАВА II. Методи и алгоритми за откриване на цели, използвайки сенките на целите облъчени от GPS сигнали

- 2.1. Основни принципи на работа на GPS приемник
 - 2.1.1 GPS Сигнали на система NAVSTAR
 - 2.1.2. Антенна система
 - 2.1.3. Приемна система
 - 2.1.4. Резултати от софтуерният приемник

2.2. Откриване на подвижни и неподвижни цели с помощта на софтуерен GPS приемник, използвайки принципите на радарите с пряко разпространение на сигнали

2.2.1 Експериментални резултати получени от подвижен GPS приемник и неподвижни обекти (сгради и мостове):

2.2.2. Експериментални резултати получени от неподвижен GPS приемник и подвижни наземни цели (автобуси, бусове, коли и хора):

2.2.3. Експериментални резултати получени от неподвижен GPS приемник и подвижни въздушни цели (самолети):

2.3. Изводи по глава 2

ГЛАВА III. Алгоритмите за откриване на подвижни цели в радиоизображения от доплеров радар с непрекъснато излъчване

3.1 Наземен радар HP-100M

3.2 Основни технически данни и характеристики

3.3 Принцип на действие на наземен радар HP-100M

3.3.1 Описание на записите от доплеровия радар HP-100M

3.3.2 Описание на файла на записа

3.4 Възстановяване на истинските стойности на сигнала в радиоизображенията

3.4.1 Описание на алгоритъма за възстановяване на реалното цифрово изображение на радара предложен от колектива на фирма „Черно море“.

3.4.2 Получени резултати от възстановяването на изображенията с предложения алгоритъм

3.5. Избор и настройка на алгоритмите за обработка на изображения в доплеров радар

3.5.1. Устройства за автоматично откриване на радарни сигнали поддържащи постоянна честота на лъжлива тревога.

3.5.2 Избор на размерността на ФФТ алгоритъма

3.5.3. Визуализиране на сигналната доплерова матрица на запис на вървящ човек

3.5.4. Настройка на вероятността на лъжлива тревога в избрания ПЧЛТ доплеров откривател върху запис на вървящ човек

3.6. Автоматично откриване на движещи се цели с доплеров радар НР-100М на фона на естествени смущения

3.6.1. Автоматично откриване на движещ се човек

3.6.2. Автоматично откриване на движещ се човек в гора, при наличие на вятър

3.6.3. Откриване на бързо движеща се цел автобус

3.7. Изводи по глава 3

Заклучение

Списък на публикациите по дисертацията

Апробация на резултатите

Основни изводи от дисертационния труд

Основни научни и научно-приложни приноси

Декларация за оригиналност

Благодарности

Литература

Списък на използвани съкращения и означения

АЦП - Аналогово-цифров преобразувател
ЦАП - Цифрово-аналогов преобразувател
ПЧЛТ – постоянна честота на лъжлива тревога
КУПС - контрол и управление на превозни средства

APN - Access Point Name
ASIC - Application-specific integrated circuit
CDMA -Code Division Multiple Access
CSD - Circuit Switched Data
CGI - Cell Global Identity
DCOM - Distributed Component Object Model
FFT – Fast Fourier Transform
FLL - Frequency Lock Loop
FSR – Forward Scattering Radar
FS- Forward Scattering
GPS – Global Positioning System
GLONASS – Global Navigation Satellite System
GSM - Global System for Mobile Communications
GPRS - General Packet Radio Service
HLR - Home Location Register
NMEA - National Marine Electronics Association
PLL - Phase Lock Loop
SCM - Service Control Manager
SOAP - Simple Object Access Protocol
SMS - Short Message Service
SNR – signal to noise ratio
STAP - Space Time Adaptive Processing
TDMA - Time Division Multiple Access
UDDI - Universal Description, Discovery and Intergation

VLR - Visitor Location Register

WCDMA - Wideband CDMA

WSDL - Web Service Description Language

Увод

Приложението на навигационните системи в последните години придобива все по-голямо значение за ежедневието ни. Сигналите от различните сателитни навигационни системи са навсякъде около нас и те покриват по-голямата част от земното кълбо. GPS, първоначално и основно е проектирана за решаване на навигационната задача и определяне на нашето местоположение, но през последните години GPS сигнали се използват за създаване на различни приложения и за решаване на голям кръг от научно приложни задачи. В дисертационния труд са предложени различни решения и вторични приложения на GPS сигналите.

Актуалността на темата

Решаването на тези задачи е продиктувано от необходимостта на бизнеса в България за справяне с някои реални проблеми от ежедневието ни. Проектирането на автоматична система за навигация на автомобилите е по съвместен проект на фирма Мултипроцесорни Системи ООД през периода 2005 г. – 2010 г. и Института по информационни технологии на БАН.

Докторантурата е разработена по проекта МУ-ФС-05/2007 в конкурса “Стипендии за млади учени, които подготвят докторантски труд в национална фирмена структура” с темата на проекта: *„Разработка на GPS системи от второ поколение – избор, паралелизация и изпълнение в съвременни високо производителни изчислителни архитектури на алгоритми, предназначени за пространствено временно адаптивно (STAP) откриване и съпровождане на GPS сигнали от различни спътници при условията на интензивни градски смущения или в закрити помещения”*, с продължителност четири години с МПС и ИИТ-БАН.

В последствие поради различни административни неуредици между МОН и ФНИ се наложи продължаване на срока на докторантурата. Успешно бяха отчетени първите два етапа на проекта, но средства за следващите два етапа не бяха преведени. Това наложи, част от изследванията да бъдат проведени при изпълнението на други два научни проекта към ФНИ-МОН и СУ, в периода 2010 -2017 г. и един проект с фирма „Черно море“ АД през 2008 г.

- 2008 г., Проекта с фирма „Черно море“ АД беше да се автоматизира целия процес по откриване и идентифициране на целите в произведения от тях по руския лиценз доплеров радар HP-100M. Те предоставиха любезно записи на сигнали от различни обекти и ситуации на доплеровия радар HP-100M.
- 2010 – 2014 г., проект № DVU_10_0243 2010 г., „Стимулиране на научните изследвания в държавните висши училища” – 2010 г., с вх., с НФ на МОН и СУ "Св. Кл.Охридски" „Разработка на програмна система за изследване и проектиране на радио мрежи базирани на радио техники за разпространение на сигнали “напред” за лоциране на движещи се обекти на фона на море и електронни смущения с цел защита на морски зони и граници”;
- 2014 -2017 г., ДФНИ T02/14, Конкурс за финансиране на научните изследвания в приоритетни области, 2014г., с ФНИ на МОН и СУ "Св. Кл.Охридски” и УниБИТ “Откриване и класификация на обекти в градски условия от техните радиосенки от GPS сигнали”.

Обзор на основните резултати в областта

Дисертационният труд разглежда научните проблеми свързани с нови приложения на GPS системата и тестване на алгоритми за откриване на подвижни и неподвижни обекти. Тематиката на дисертацията е ново за България, тя обединява две тематични направления: обработка на GPS сигнали и обработка на радарни FS сигнали. В областта на обработката на FS сигнали, в България работят учени от Бургаски Свободен Университет, Институт по Електроника на БАН и научният колектив в който участва и автора на дисертационният труд, състоящ се от учени от СУ „Св. Климент Охридски“, ИИКТ-БАН, УниБИТ и УНСС. Част от този колектив, съвместно с колектив на Бирмингамския университет е изследвал радиосенки от движещи се морски съдове, на базата на реални записи от бистатичен маломощен високочестотен радар, получени в Исландия и гр. Созопол, България. FS радарът е двупозиционен радар, в който бистатичен ъгъл между направленията "приемник-цел" и "предавател-цел" е около 180° . В областта на обработка на GPS сигнали, ръководителите на докторанта са развили алгоритми за обработка на слаби GPS сигнали в градски условия и наличие на различни смущения, а също и алгоритми за намаляване на

грешката на определяне на координатите на обектите. Тези изследвания са финансирани от проект ДДВУ02/50/2010г. на ФНИ, в който участва и автора на дисертационния труд.

В дисертацията се обединяват две актуални за Европа и България научни области, за разработка на нови приложения на GPS технологията, включващи обработка на радарни FS сигнали и обработка на GPS сигнали. Исторически радарните и комуникационните мрежи са от най-старите мрежи. Те са се развивали независимо, т.е. са решавали различни задачи. Разликата е в това, че радарните мрежи се състоят от разпределени сензори, включващи предавател и приемник в една позиция, в радара. Комуникационните мрежи се изграждат от последователност от отдалечени предаватели и приемници. Този принцип на многопозиционни радари, радари с разнесени приемници и предаватели, стои в основата на така наречени радарни мрежи, използващи *Forward Scattering Radio Techniques*. В момента Русия е най-големия световен производител на радиолокационни FS бариери за въздушното и космическото пространство (Барьер-Е, Делта, Перископ и др.) и двигател на тази научна област. Тези системи са много актуални поради възможността да откриват малки подвижни обекти и цели произведени по Стелт технологията. В момента един от най-известните и цитирани учени, работещ в областта на изследването и разработката на мрежи използващи *Forward Scattering Radio Techniques* за охрана на морски граници и обекти, е проф. Черняков от Бирмингамския Университет, Англия. Съществуващите сателитни радионавигационни системи (GPS, GLONASS, Galileo, Compas) са системи с космическо базиране, функционирането на които не зависи от атмосферните условия. Тези системи за глобална навигация намират широко приложение за оперативна навигация. Те позволяват в глобален мащаб да се определят точните координати и скоростта на подвижните обекти и осъществяват точната координация във времето. Основен проблем при обработката на GPS сигналите е ниското отношение на сигнал шум и наличието на различни видове смущения в градски условия. Защитата на GPS приемника от различни видове смущения в градски условия е актуално научно направление в света. Независимо, че през последните години тази технология навлезе широко в бита и обществения живот на съвременното общество, все още усилено се работи по разработването на нови приложения GPS технологията. Известно е, че наличието на различни обекти на пътя на GPS сигналите водят до загуба на сигнала в GPS приемника, т.е. до появата на радиосянка. Актуалното в дисертационния труд е това, че то предлага да се използва информацията съдържаща се в радиосянката от различни обекти за разработка на нови приложения на GPS технологията.

В дисертацията са изследвани известни алгоритми за откриване на цели с приложение в GPS-FS радарна система и в доплеров радар.

Цели и задачи на дисертацията

Целта на дисертационния труд е да се направи дизайн за мобилно приложение на база изчислителни архитектури за навигация и да се изследват методи и алгоритми за откриване на сенки формирани от GPS сигнали от неподвижни и движещи се цели, както и откриване на обекти в радиоизображения формирани от сигнал от доплеров радар HP-100M.

За постигане на тази цел в дисертационния труд са формулирани следните задачи:

1. Да се проектира и конструира мениджър на устройства - комплексна система за автоматизиране на комуникацията между централна компютърна система и на практика неограничен брой навигационни устройства за навигация за контрол на пътни превозни средства с помощта на изчислителна архитектура за навигация.

2. Да се изследват методи и алгоритми за откриване на цели върху серия от експериментални записи на GPS сигнали от различни подвижни и неподвижни обекти, в бистатични GPS системи и в системи за пряко разпространение на GPS сигнали.

3. Да се тестват разработените алгоритми за автоматично откриване на движещи се цели върху радиоизображения от доплеров радар HP-100M, произвеждан от фирма „Черно Море“ АД, с цел неговата модернизация.

Методология на изследването

Изследванията в дисертацията включват използването на числен подход. Численият подход е използван при оценка на ефективността на алгоритмите, посредством компютърно изчисляване в средата на MATLAB.

Структура на съдържанието

Дисертацията започва с *Увод*, в който накратко е описано съдържанието на материала, и завършва със *Заклучение*, в което са представени основните изводи от осъщественото изследване, като са изброени научните и научно-приложните приноси на автора. Дисертацията започва със *Съдържание* и *Списък на използваните термини*, а в края завършва с – *Библиография*. Основният текст на дисертацията е структуриран в три глави, както следва:

В *Първа глава* се описват процесите на проектиране и реализация на система за комуникация, контрол и управление на навигационни и проследяващи устройства. Системата обработва и съхранява данните, получени от тях по различни комуникационни канали, като параметрите на тези процеси се определят в интерактивен режим пряко от потребителя в зависимост от конкретните нужди на неговото приложение. Проектира се и реализира мениджър на устройства - комплексна система за автоматизиране на комуникацията между централна компютърна система и неограничен брой навигационни устройства за навигация и контрол на пътни превозни средства с помощта на изчислителна архитектура за навигация. Практически системата е реализирана и се използва в Web базираната услуга, наречена **Follow Me on the Web**, на фирма Мултипроцесорни Системи ООД, България.

Във *Втора глава* се разглеждат процесите на настройка на софтуерен GPS приемник, с цел получаване на навигационни сигнали от GPS сателити извършена във фирма МПС. Тази система ще се използва за провеждане на различни експерименти и събиране на база от записи на GPS сигнали.

Описват се и предлаганите от екипа на Софийския Университет и УниБИТ подходи и алгоритми за автоматично съвместно откриване и оценяване на параметрите на подвижни и неподвижни цели, използвайки GPS сигнали, при бистатична конфигурация на приемника и предавателя в условията на поява на ефекта на разпространение напред.

Изследваните в дисертационния труд алгоритми, за откриване на подвижни наземни и летящи цели, са тествани върху получените реални GPS сигнали проведени в различни ситуации и с различни обекти.

В *Трета глава* се описват, предлаганите от екипа на Софийския Университет и УниБИТ, подходи и алгоритми за автоматично откриване на различни реални радиоизображения, получени от доплеров радар с непрекъснато излъчване. Записите от доплеровия радар HP-100M са предоставени от фирма „Черно море“ АД с цел

модернизация на радара. Описани са функциите и параметрите на записващия доплеров радар HP-100M. Показани са начините за възстановяване на сигнала и настройка на алгоритмите за обработка на радиоизображенията. Извършено е тестване върху получените реални записи на радиоизображения, получени в различни ситуации и с различни обекти, на предлаганите в дисертационният труд алгоритми за откриване на радиоизображения на подвижни наземни цели.

Резултатите от изследванията са публикувани в общо 8 статии, от които пет престижни специализирани международни научни конференции, реферирани в базите от данни Scopus и Web of Science, както и три в национални конференции. Забелязани са седем цитирания на научните публикации по дисертационния труд.

ГЛАВА I. Проектиране и реализиране на система за навигация и контрол

Настоящата глава описва процесите на проектиране и реализация на система за комуникация, контрол и управление на навигационни и проследяващи устройства. Системата обработва и съхранява данните, получени от тях по различни комуникационни канали, като параметрите на тези процеси се определят в интерактивен режим пряко от потребителя в зависимост от конкретните нужди на неговото приложение. За реализацията на системата за навигация и контрол са използвани съвременни изчислителни архитектури за обработка на сигнали и навигация на подвижни обекти. Практически системата е реализирана и се използва в Web базираната услуга, наречена **Follow Me on the Web** на фирма Мултипроцесорни Системи ООД, България.

Транспортът винаги е бил жизнено важен аспект от живота на човека, както в миналото така и в настоящето. Хора, стоки и суровини непрестанно имат нужда от него, за да достигнат от едно място на друго. Бързината и високите разходи са основните проблеми на всеки тип транспорт, а за да бъдат те преодоляни, е необходима строга и много прецизна организация, както и мощни средства за контрол и управление. Съвременните транспортни фирми и организации са огромна и сложна смесица от хора, техника, товари и др., която човек трудно може да осмисли, а още по трудно да контролира и следи. Нуждата от средства за контрол и управление на превозни средства стои не само пред транспортните фирми. От това се нуждаят и охранителни фирми, малки и големи предприятия

притежаващи авто-парк, който желаят да контролират ефективно. Тези проблеми пораждат и нуждата от достъпна и ефективна система за централизиран контрол и управление на транспортните средства.

Такива системи са комбинация от вградени в автомобилите устройства за позициониране и контрол и компютърни системи обработващи данните идващи от тях с цел да ги съхранят и впоследствие да ги предоставят във вид лесен за възприемане и обработка от човек или друга компютърна система осъществяваща някакъв вид дейност базирана на тези данни.

За да изпълнят високите изисквания на днешното време към тях, компютърните системи за контрол и управление на превозни средства (КУПС), се нуждаят от постоянен, надежден и високоскоростен канал и метод за обмен на данни с навигационните устройства инсталирани в превозните средства. Този канал е важна и неизменна част от една такава система, служещ освен за събиране на данни, но и за дистанционен контрол на целия автомобил чрез навигационното устройство. За да бъде правилно оценена неговата роля в една такава система, е необходимо да се познава нейната същност и проблемите, които възникват при изграждането ѝ. Затова в тази глава ще направя кратко описание на значението на компютърните системи за КУПС и технологиите които те използват, както и нуждата от усъвършенстване на съществуващите такива системи.

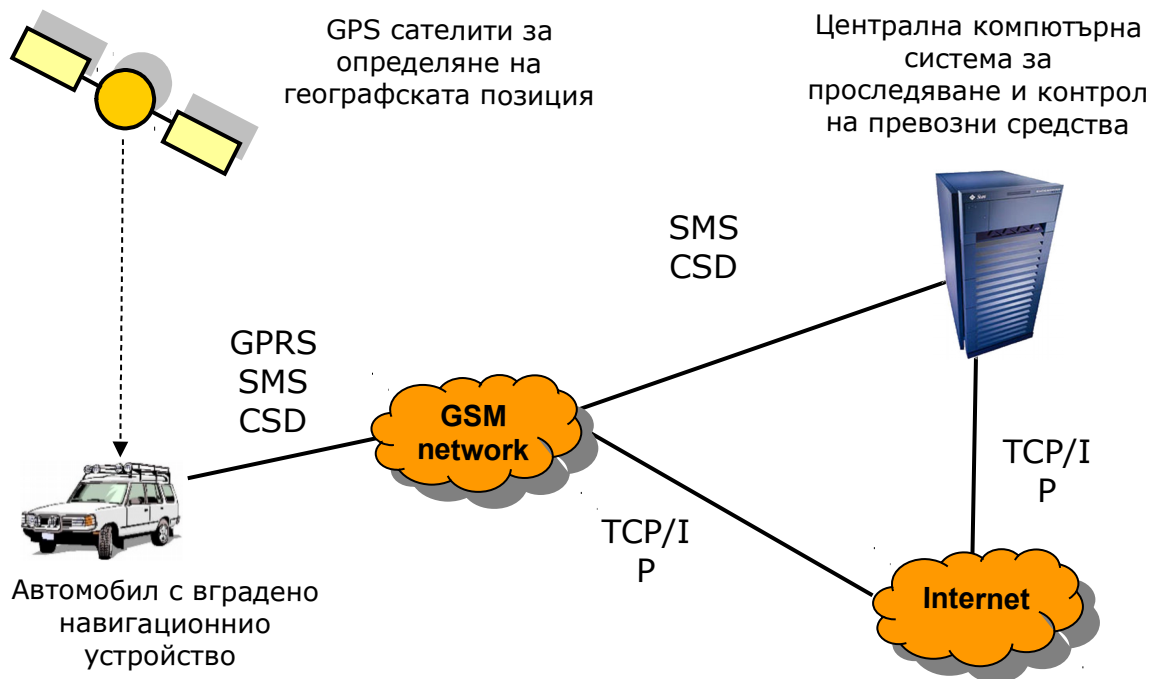
1.1. Компютърни системи за управление на флот от превозни средства

Глобализацията в 21-ви век е процес, който бавно, но сигурно променя облика на нашия свят и начина, по който живеем [4]. Едно от малкото добри неща, които тя носи след себе си, е възможността човек да получава все по-добри стоки и услуги, покриващи неговите индивидуални предпочитания и изисквания. Зад всичко това обаче стои една огромна машина от хора, компании, стоки, превозвачи и др., които трябва да намерят общ език и бърз и ефективен начин за сътрудничество и организация, за да осигурят на хората това, от което те се нуждаят. В технологичната ера, в която живеем, какъв по-добър начин за организация и контрол на превозните средства би могло да има от компютрите и системите, които могат да се изградят с тяхна помощ?

Системите за управление на флот от превозни средства не са нещо фундаментално ново. Напротив. Като всяко друго нещо те са еволюирали от трудоемкото и доста неточно

записване на ръка на маршрути, изминати километри, разход на гориво и т.н до Интернет базираните системи за контрол на превозни средства 24 часа в денонощието 7 дни в седмицата, които виждаме днес [12-14].

Една такава примерна система би изглеждала по начина показан на фиг.1.1. Географската позиция на автомобила се определя чрез GPS сателити и вграден в навигационното устройство GPS приемник. След това тези данни могат да се предадат веднага към централния сървър на системата по един от показаните канали на GSM мрежата, чрез вграденият в устройството GSM модул. Друга възможност е данните да се натрупат в устройството и след това да се пратят накуп към централния сървър, вариантите са много и зависят от изискванията на приложението. От своя страна сървърът също може да изпраща данни към устройството, представляващи някакви команди. Данните могат да се обменят под формата на текстови съобщения, по един или няколко канала паралелно.



Фиг. 1.1. Примерна схема на Интернет базирана система за КУПС

Компютърните системи за контрол и управление на превозни средства са в състояние да покрият високите изисквания за бързина, точност и простота на използване, които съвременните условия на живот им поставят. Някои от техните ключови предимства са:

- **централизираност** – с използване на някои от позициониращите методи, разгледани в следващата точка и възможностите за предаване на данни, които съвременните GSM мрежи предлагат, една компютърна система за КУПС дава възможност за съхранение и обработка на данните за практически неограничен брой превозни средства на едно единствено място.
- **точност на отчитане и драстично намаляване на разходите по транспорта** – вградените устройства за позициониране, освен възможност за снемане на местонахождението и предаването на тези данни на централна компютърна система, могат да включват и възможност за точно аналогово или цифрово измерване и контрол върху различни показатели на превозното средство (изминати километри, разход на гориво, ниво и налягане на маслото, температура на двигателя и т.н). Отчитането и съхраняването на тези данни се прави без каквато и да било човешка намеса, което елиминира възможността за недоброжелателното им модифициране, като по този начин спестява изключително много средства на работодателите.
- **увеличаване на ефективността** – знаейки точното местонахождение и състояние, по всяко време, на всички превозни средства една компютърна система за КУПС дава възможност за извършването на прецизна логистика, а следователно и по-ефективна работа на превозните средства и повече доволни клиенти.
- **достъпност** – ползването на Интернет дава възможност на доставчиците и разработчиците на подобни услуги да ги предоставят за ползване и на малки и средни фирми, които не се занимават с транспорт, но имат нужда от евтино и ефективно решение за контрол на техния авто парк. Интернет елиминира нуждата от закупуването и инсталирането на скъпоструващ софтуер, който доскоро е бил приоритет само на големите транспортни фирми.

Компютърните системи за КУПС обаче не решават само проблемите на съвременния транспорт, но могат да се използват също толкова ефективно и в други сфери на живота. Например, знаейки географската позиция на дадено превозно средство и имайки постоянен канал за обмен на данни с него, тази компютърна система веднага може да бъде превърната в система за охрана на превозни средства. Тя би позволила на една охранителна фирма лесно, бързо, ефективно и без големи разходи да открива откраднати коли и да ги

контролира дистанционно. Броят на възможностите за приложение е буквално неограничен.

1.2. Технологии за позициониране

При една съвременна система за контрол на транспортни средства, да знаеш географската позиция на всяко едно от тях във всеки един момент от времето е жизнено важно, тъй като цялата работа на една такава система се базира на тази информация [44-51]. Без нея контролът и логистиката на транспорта не биха били възможни.

Избор от технологии за позициониране в днешно време не липсва. Има два основни начина за позициониране, достъпни на пазара в момента, това са:

- позициониране базирано на GPS системата (или на руския ѝ еквивалент GLONASS – Global Navigation Satellite System, както и на новосъздадения европейски проект Galileo)
- позициониране базирано на мобилните телефонни мрежи

Съществуват и комбинации от тях, които увеличават точността на позициониране и намаляват крайната цена за потребителя, но за нашите цели нека само се спрем накратко на всяка една, за да добием представа как функционира.

1.2.1. Глобана позиционна система (Global Positioning System - GPS)

GPS системата е създадена от американското военно министерство и е пусната в действие през 1994г. Тя се състои от 24 сателита и 5 основни базови станции, като е планирана подмяната на съществуващите с 21 сателита от ново поколение. От самото начало е било предвидено сигналът да може да бъде използван, както от военни така и от цивилни потребители, но точността на цивилните приемници е била по-лоша от военните поради умишленото въвеждане на така наречената “избираема наличност” (Selective Availability - SA). През 2000г., с решение на президента, SA е премахната, вследствие на което цивилните приемници драстично са увеличили своята точност [4, 24-31]. Въпреки това, никога не е била давана абсолютна гаранция, че в ситуации, които американското правителство счете за извънредни, то няма да изключи достъпа на останалите до GPS

сателитите. Поради тази причина Русия отдавна има своя навигационна система работеща по подобен начин, наречена GLONASS, а Европейския Съюз разработва системата „Галилео“.

GPS сателитите предават на две основни носещи честоти – L1 на 1.575GHz и L2 на 1.2GHz. Определянето на позицията става по следния начин. Сигналят от GPS сателитите се приема на Земята от специални GPS приемници, след което знаейки позицията на сателита в космоса (защото орбитата му и времето са известни) и разстоянието от приемника до сателита (защото времето за достигане на сигнала от сателита до Земята е известно) приемника може да изчисли така наречената дъга на разстоянието от него до сателита. Имайки дъгите на разстоянието за поне четири GPS сателита, приемник е в състояние да определи пресечната точка на четирите, която представлява и позицията му на земната повърхност [26]. Чрез използване на сложни математически алгоритми за коригиране на грешките при тези изчисления, този метод позволява не само определяне на позицията с висока точност, но и измерване на времето, скоростта и надморската височина на обектите.

GPS технологията е най-честият избор във всяко едно приложение, което изисква позициониране, най-вече защото ползването и е бесплатно. Естествено тя не е съвършена. GPS сигналят е доста е слаб, което го прави трудно различим от шумовете и отразените от околните предмети и препятствия сигнали. От тук идва и един от големите недостатъци на GPS системата, а именно лошата, а понякога дори невъзможна, работа в затворени помещения, тунели, сенки от високи сгради и др. Въпреки това, в днешно време GPS приемниците са доста усъвършенствани и с помощта на високо чувствителни антени и алгоритми за корекция на грешките успяват да увеличават точността на позициониране до голяма степен.

При изграждане на компютърна система за КУПС, използването на GPS като технология за позициониране е особено подходящо, заради безплатното му ползване, задоволителна висока точност и не на последно място огромния избор на хардуер на пазара поддържащ GPS технологията.

1.2.2. Позициониране чрез клетъчната мрежа (Network ID based positioning)

Друг популярен начин за позициониране на обекти е чрез използване позицията на клетките в мобилна телефонна мрежа, като отправни точки за определяне на географската позиция.

Четирите най-популярни технологии, използвани за изграждане на мобилни телефонни мрежи са: GSM (Global System for Mobile Communications), CDMA (Code Division Multiple Access), WCDMA (Wideband CDMA), TDMA (Time Division Multiple Access). Независимо коя технология се използва, архитектурата на мобилната мрежа е винаги клетъчна, т.е. територията, която се покрива от мрежата е разделена на региони с определен радиус наречени клетки. Всяка клетка има секционирана антена (най-често на три части от по 120 градуса), които осъществяват комуникацията между мобилните терминали (най-често мобилни телефони) и базовата станция, която след това предава данните към фиксираната телефонна мрежа или към Интернет. За да функционира правилно мобилната мрежа трябва да знае постоянно в коя клетка се намиран даден мобилен терминал, за да може да пренасочва коректно данните идващи за него. Затова мобилният терминал се регистрира всеки път, когато премине от една клетка в друга. Този преход се записва в така наречения HLR (Home Location Register) или VLR (Visitor Location Register) на мобилната мрежа, като скоростта на обновяване на тези данни понякога е необходимо да е не повече от милисекунда [10].

Знаейки по всяко време, в коя клетка и в кой нейн сектор се намира даден мобилен терминал и нейния уникален номер CGI (Cell Global Identity) мобилният оператор е в състояние да определи позицията на терминала с точност от 100м до 35км, в зависимост от радиуса на покритие на клетката. Очевидно е, че тази точност в повечето случаи се оказва недостатъчна, затова тя се комбинира с техниката на предварително синхронизиране (Timing Advance), която позволява да се определи разстоянието между мобилният терминал и базовата станция на базата на времето необходимо на сигнала да достигне от единия до другия. При тази комбинация точността на позициониране става средно около 500м [4, 10]. Но за последното е необходимо специално оборудване, което не всички клетки и мобилни оператори притежават.

Позиционирането чрез клетъчната мрежа е подходящо за използване в приложения, предлагащи информация за местоположението в големи градове, където гъстотата на клетките е много голяма, следователно и точността на позициониране се увеличава. Тогава клиентите не е необходимо да закупуват допълнителен хардуер или софтуер, а могат просто да ползват стандартните си мобилни телефони. Ниската точност на повечето места и честото нежелание на мобилните оператори да разкриват точното местоположение на своите клетки, прави тази технология неподходяща за използване в компютърни системи за КУПС, където точността на позициониране е от решаващо значение.

1.3. Методи за обмен на данни в мобилна мрежа

При разглеждането на компютърните системи за КУПС, видяхме, че една такава система се нуждае от специално навигационно устройство, инсталирано в превозното средство, което да осигури информация за позицията и дистанционен контрол на различни параметри по автомобила. За тази цел то трябва да е в състояние да обменя данни по някакъв канал на мобилната мрежа с централна система за контрол и проследяване. Данните, които се обменят са текстови съобщения в специфичен формат различен за всеки вид устройство, който се определя от фирмата производител.

В случая ни е необходим канал и метод за обмен на ASCII текстови съобщения, съдържащи позицията на превозното средство определена чрез GPS приемник и предавана във формат NMEA (National Marine Electronics Association), както и за обмен на команди към устройството и за контрола резултатите от изпълнението на такива команди. Подобен вид комуникация, независимо в каква среда се извършва, се нарича Machine to Machine (M2M).

В средата на мобилна телефонна мрежа можем да използваме следните три канала, по които да обменяме необходимите ни текстови съобщения:

- SMS (Short Message Service)
- GPRS (General Packet Radio Service)
- CSD (Circuit Switched Data)

Повечето действащи компютърни системи за КУПС, използват SMS като основен канал и понякога CSD като резервен. Ще разгледаме накратко всяка една от трите възможности като изтъкнем предимствата и недостатъците ѝ за нашата цел.

1.3.1. Кратки текстови съобщения (Short Message Service - SMS)

Една от най-популярните услуги, които всеки един мобилен оператор предлага е възможността за обмен на кратки текстови съобщения между мобилни телефони - SMS. Едно SMS съобщение има максимален размер от 256 символа, но стандартът позволява и изпращане на съобщение с по-голям размер, което след това се разцепва на няколко по-малки така, че да се вмести в ограничението на единично съобщение.

Както споменахме, за да функционира една компютърна система за КУПС е необходим метод и канал за обмен на данни във формата на текстови съобщения между навигационните устройства и централния сървър на системата. Освен географски данни за позицията на обекта, от GPS приемниците може да се получи и друга полезна информация като брой сателити, към които е фиксиран приемника в момента, аларма за навлизане или напускане на определен от потребителя географски регион и много други, които се добавят като изходни данни към NMEA съобщението с позицията. В NMEA, съобщението съдържащо минимума информация необходим за точното определяне позицията на даден обект се нарича \$GPRMC и има дължина от 60-70 символа, което означава, че в едно SMS съобщение може да се предадат 3-4 \$GPRMC съобщения. Останалите съобщения от NMEA стандарта също имат големина до 80 символа. При подходящ дизайн на протокола на съобщенията между устройството и централния сървър, потребителските команди, които то поддържа също могат да се прашат за изпълнение към него, като съобщения с дължина по-малка от 256 символа.

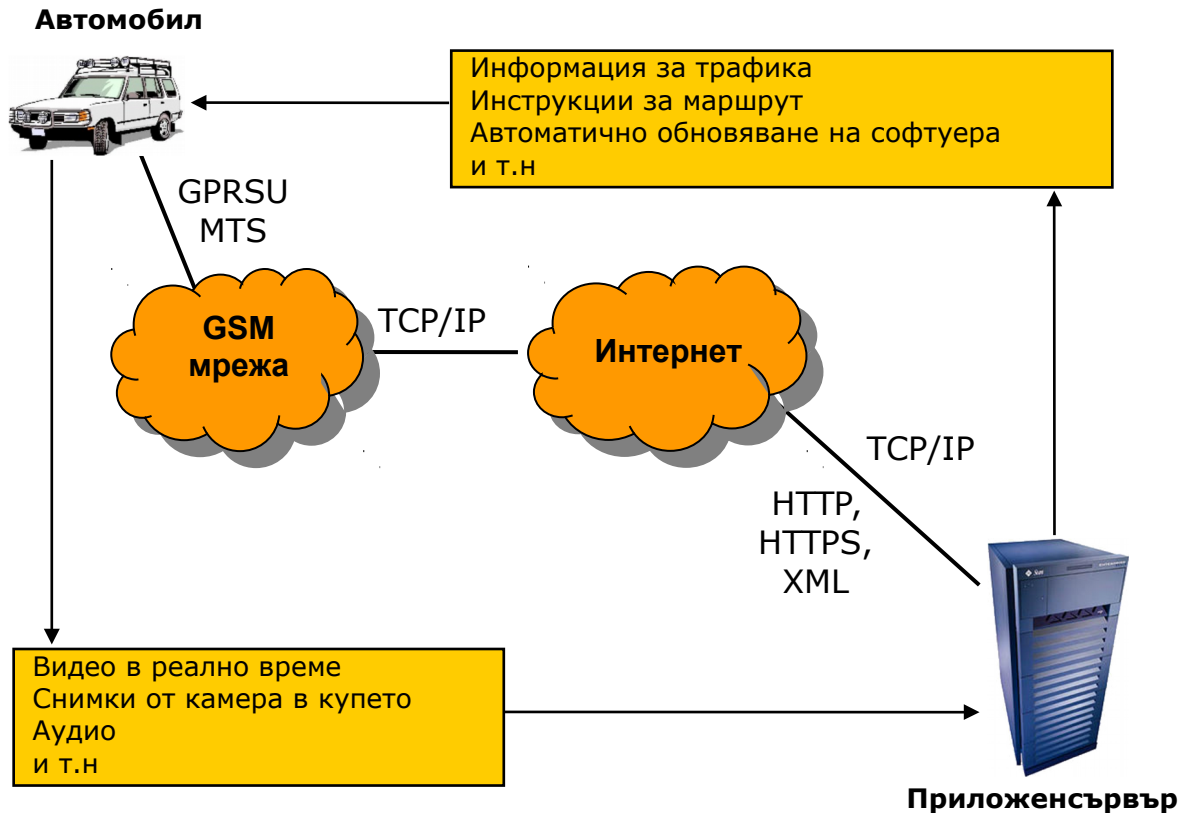
От казаното дотук стана ясно, че SMS услугата може спокойно да се ползва като метод за двустранна комуникация между навигационните устройства и централната система за КУПС. В зависимост от изискванията към нея обаче, може да се наложи превозното средство да бъде следено на кратки интервали от време от порядъка на 10-20сек. Това означава изпращане на SMS съобщение с позицията на интервали по-малки от 1мин., а изпращането на толкова много съобщения за кратко време, често се оказва непосилна задача за мобилната мрежа. В този случай цената на услугата също се вдига

доста, тъй като броя на изпратените SMS съобщения става много голям. Тези, както и някои други важни причини, които ще споменем в следващата точка, карат доставчиците на подобни системи да търсят по-усъвършенствани методи за предаване на данни, както е например GPRS.

1.3.2. General Packet Radio Service (GPRS)

GPRS услугата се появява за пръв път в Япония през 1999 г., предлагана от японския телекомуникационен гигант NTT DoCoMo. Тя е част от второто поколение GSM мрежи (2G) и е първата от няколко запланувани стъпки по пътя към предлагането на услуги за високоскоростно пакетно предаване на данни. GPRS е дълго очаквана от мобилните оператори технология, на която те разчитат, за да могат да предлагат на потребителите си нови интерактивни услуги и високоскоростен безжичен достъп до Интернет. Днес GPRS и неговият наследник UMTS, са много добре възприети и използвани навсякъде технологии, както от доставчиците на мобилни услуги така и от обикновените потребители.

Компютърните системи за КУПС, могат да се възползват по невероятен начин от новите възможности, които GPRS технологията предлага. Пакетното предаване на данни предоставя възможност на мобилните устройства поддържащи GPRS или UMTS, да използват за комуникация протоколи от високо ниво като TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) или UDP (User Datagram Protocol) и скорости на обмен на данни до 56.6Kbps (за GPRS-a) [89-99]. Това означава, че функциите на навигационните устройства могат да се вдигнат на едно по-високо стъпало от чистото предаване на съобщения с данни за позицията. TCP/IP протоколът може да бъде използван за предаването на разнообразна информация, като изображения с географски карти, данни за трафика по пътищата, прогноза за времето, инструкции за маршрут, видео и т.н от и към навигационното устройство. Новите възможности са неизчерпаеми.



Фиг. 1.2. Нови възможности в системите за КУПС при използване на GPRS

Един от най-сериозните проблеми, които разработчиците срещат при внедряването на GPRS, като основен канал за комуникация са IP адресите, които устройствата получават. В GPRS средата IP адресите най-често са динамични и задължително нереални. Т.е всяко едно устройство получава различен IP адрес всеки път, когато се обърне към мрежата и стои зад firewall-а на GPRS средата без да има възможност да получава директно заявки от други външни компютри. Това от своя страна означава, че централният сървър на една система за КУПС, не може да се обърща директно към едно устройство по своя инициатива и да изпраща или изисква данни от него. Инициаторът на връзката трябва винаги да бъде устройството. Има различни подходи към решаването на този проблем – софтуерни, хардуерни или комбинация от двете. Системата **Follow Me on the Web** също притежава собствено авторско решение на този проблем, описано по нататък в дисертациония труд.

GPRS технологията решава някои от проблемите на проследяването, с които SMS съобщенията не се справят успешно, тъй като по TCP/IP няма проблем да се прашат много

съобщения с произволна честота. С увеличаването на популярността и потреблението на GPRS услугата цената ѝ неизбежно ще пада постоянно, а това още повече ще затвърди позицията ѝ на заместник на SMS съобщенията, като основен метод за комуникация в компютърните системи за КУПС.

1.3.3. Circuit Switched Data (CSD)

CSD е методът, който първоначално е разработен за предаване на данни в GSM мрежи. По същността си представлява връзка модем към модем в мобилна мрежа. Той използва един единствен времеви отрязък, който GSM клетката му дава, през който може да предава данни със максимална скорост 9.6Kbps или 19.2Kbps [4, 10], като този времеви отрязък стои зает през цялото време докато една от двете страни не прекрати връзката. Това го прави доста неефективен метод за комуникация, тъй като ресурсите на мрежата не могат да бъдат използвани в моменти, в които данни между двата модема не се предават. Времето за установяване на връзка с другата страна също е много голямо, тъй като трябва да се набере номера на отсрещния модем и да установи диалог с него, което отнема минимум 1мин.

Тези два недостатъка са едни от основните причини CSD да не бъде използван като метод за комуникация в системите за КУПС, тъй като например за да се получат данните за 10 автомобила трябва да се наберат 10 номера, а според казаното по-горе това би отнело най-малко 10мин за данни, които реално е необходимо да се съберат за максимум минута. В днешните системи за КУПС, където CSD се използва то това е главно като резервен канал за комуникация или в случай, че е необходима обратна съвместимост с някой по стар хардуер, например.

1.3.4. Обобщение

От направеното разглеждане се установи, че хнждата от усъвършенстване на компютърните системи за контрол и управление на превозни средства несъмнено съществува. Изискванията към транспорта, охраната и други сфери на живота ползващи автомобили, камиони и т.н постоянно растат и стават все по-разнообразни. За да ги покроят, доставчиците на системи за КУПС, трябва да усвоят някои нови технологии, като

GPRS и да вградят нови функции в навигационните устройства, даващи им възможност да разширят кръга от услуги, които клиентите могат да получат от една такава система.

GPS ще си остане най-добрият избор в търсенето на технология за позициониране, поради факта, че ползването ѝ е безплатно, а пазарът прелива от разнообразен хардуер, работещ с нея. Комбинацията от GPS и позициониране чрез клетъчната мрежа би могла да се окаже печеливша, но проблемите при имплементирането ѝ трябва добре да се обмислят. Само по себе си позиционирането чрез клетъчната мрежа не би могло да свърши работа в една система за КУПС.

С пускането в действие на клетъчните мрежи от второ поколение идват и нови технологии като GPRS, позволяващи високоскоростен пакетен обмен на данни и използване на протоколи от високо ниво като TCP/IP и UDP. Това дава възможност на доставчиците на системи за КУПС да внедрят нови интерактивни възможности в тях, като по този начин да ги направят още по атрактивни за потребителите. SMS съобщенията запазват своите качества, като метод за предаване на данни в такива системи и би могло успешно да бъдат ползвани или като резервен канал на GPRS или паралелно с него, ако например клиентът не се нуждае от допълнителните възможности, които GPRS предоставя.

1.4. Метод за комуникация с навигационните устройства, вградени в превозните средства.

В предходните точки бяха описани, ключовите елементи на компютърните системите за управление на превозни средства, както и нуждата от развитието им в крак с новите изисквания към тях и новите технологии достъпни на пазара. Имайки предвид тази информация, сега трябва ясно да се дефинират стъпките, през които ще премине процесът на разработка на един важен елемент от тези системи, а именно методът за комуникация с навигационните устройства, вградени в превозните средства.

В този параграф се описват основните цели и задачи, които стоят при създаването на метода за комуникация. В началото се описват изискванията (задачите), които един такъв метод трябва да изпълнява, изискванията към производителността на използвания хардуер, изискванията към самия метод, изискванията към средата за изпълнение на

програмата и др. След като задачите са ясно дефинирани, ще направя кратко описание на целите, които те поставят, за да се разработи продукт покриващ тези изисквания.

1.4.1. Формулировка на изискванията към метода за комуникация

Методът за комуникация М2М в среда на мобилен оператор, трябва да представлява софтуерно приложение, което да дава възможност за комуникация с вградени в автомобилите навигационни устройства по GPRS канал, използвайки TCP/IP протокол. Той е отговорен за валидирането на получените данни и заявки, запазването им в специално проектирана за целта база данни и поддържането на надеждна връзка между централния сървър и навигационното устройство. Също така, приложението трябва да осигури лесен за внедряване програмен интерфейс, даващ възможност на други софтуерни приложения, които са част от системата, да комуникират с устройствата. Следва по-конкретна формулировка, по категории, на изискванията към метода.

1.4.2. Изисквания към сложността на използване

Приложението трябва да осигурява достатъчно лесен начин за конфигурация и контрол на следните параметри:

- **TCP/IP настройки** – това са настройки за порт и IP адрес или домейн името на сървъра, на който приложението ще се изпълнява. Приложението трябва да е конфигурирано да „слуша” на даден порт и IP адрес на този сървър, за да може да обработва заявките за връзка и данните от навигационните устройства.
- **настройки за връзка с базата данни** – това са данни като потребителско име, парола, име и порт на сървър и др., необходими на приложението, за да осъществи връзка с база данни, където получената информация ще се съхранява.

- **възможност за ръчно стартиране, спиране и рестартиране** – на потребителя (администратора) трябва да бъде дадена възможност за лесно стартиране, спиране или рестартиране на приложението с цел поддръжка, установяване източника на грешки и т.н. При тези операции приложението трябва успешно и сигурно да стартира или спира всички активни TCP сесии с устройствата и връзката с базата данни.
- **избор на протокол за комуникация с конкретния тип устройство** – приложението трябва да е максимално гъвкаво с цел да може да комуникира с различен тип устройства, ползващи различен протокол на съобщенията. За целта приложението трябва да може да бъде конфигурирано, кой протокол за комуникация да използва за даден порт и IP адрес.
- **поддържане на дневник с информация за събития, настъпили по време на изпълнение** – приложението трябва да поддържа така наречения “log” файл, където да записва информация за настъпили грешки по време на изпълнение, както и информация за своето състояние по време на настъпването на грешката.

1.4.3. Изисквания към надеждността

Приложението, имплементиращо метода за комуникация с навигационните устройства, трябва да работи стабилно възможно най-дълго време без да е необходима човешка намеса, която да осигурява нормалната му работа. В случая под нормална работа се разбира по време на изпълнението си приложението да поддържа активна и стабилна връзката между сървъра и всички устройства, да обработва данните идващи от тях, да ги записва в база данни, да обработва заявки на други софтуерни компоненти желаещи да комуникират с устройствата, без това да предизвиква изключителни ситуации или тотален срив на приложението и операционната система. Въпреки това, ако настъпи:

- **критична грешка (загуба на връзка с базата данни, грешка в TCP стека и т.н)** – приложението трябва да запише датата и часа на настъпването на това събитие в „log” файла и ако е възможно данни характеризиращи състоянието му в момента на настъпване

на събитието, след което да започне последователни опити за рестартиране на нормалната си работа, докато това се случи.

- **комуникационна грешка (загуба на връзка с устройството, получаване на грешни данни)** – приложението трябва незабавно да предприеме действия по затваряне на TCP сесията с устройството, разчистване на системите ресурси заети за поддържането на сесията, запис в базата на данни на датата и часа на настъпване на събитието и ако е възможно причината за настъпването му.

1.4.4. Изисквания към сигурността

Приложението трябва да изпълнява следните изисквания, за да подsigури факта, че към системата са свързани, само навигационни устройства, които имат право на това:

- **криптиране на данните** – данните, които се обменят между сървъра и устройството, трябва да бъдат, криптирани чрез използване на криптографски алгоритъм, осигуряващ добро ниво на защита и не изискващ много изчислителни ресурси за изпълнението си.
- **защита от атаки на повторение** – приложението трябва да включва защита от така наречените атаки на повторение (repeat attacks), представляващи „подслушване” на пакетите, които се обменят между две точки по TCP/IP и после „наводняване” на сървъра, чрез циклично препращане на „подслушаните” пакети, без техния смисъл да бъде декодиран.
- **валидиране на уникалния номер на устройството** – преди да започне да обработва на данните, които устройството изпраща, приложението трябва извлече уникалния му номер, който то включва във всяко съобщение и да провери дали този номер е записан като валиден в базата данни. Ако номерът е валиден, TCP сесията си остава активна и приложението започва да приема данните на това устройство.

- **отбелязване, че дадено устройство е вече свързано** - за да предотврати опитите да се установят много TSP сесии използващи един и същ номер на устройство, приложението трябва да отбележи в базата данни, че дадено устройство вече е свързано и да проверява това поле всеки път, когато се получи заявка за връзка с този номер.

1.4.5. Изисквания към производителността

Приложението трябва да изпълнява следните изисквания по отношение на своята производителност, като изпълнението им не трябва да нарушава нормалната му работа и да заема колко се може по-малко памет и процесорно време:

- **брой активни TSP сесии** – приложението трябва да е в състояние да работи с най-малко 700 едновременно отворени TSP сесии и най-много 1000 такива. Тези ограничения, в броя на сесиите, произхождат от факта, че при изискваната минимална хардуерна конфигурация, по-голям брой сесии би означавал натоварване на машината до недопустимо рисково ниво. Всяка една сесия всъщност означава едно устройство свързано към системата. При надвишаване на максимално допустимия брой устройства, трябва да се пусне нова машина, на която да се изпълнява още едно копие на приложението. По този начин капацитетът на системата се увеличава с още 1000 устройства.

- **брой заявки от други приложения** – най-малко 100 и най-много 150 заявки идващи от други компоненти на системата, желаещи да комуникират с дадено устройство през интерфейса, който приложението предоставя, трябва да могат да бъдат изпълнени за максимално допустимото за това време. Когато броят на едновременните заявки надвиши 150, приложението трябва да отхвърля всяка следващата заявка докато не дойде в състояние, в което да може да я изпълни.

- **максимално време за обслужване на заявка** – всяка една заявка за комуникация с дадено устройство през интерфейса на приложението трябва да бъде обслужена за максимум 60 сек., което е и максимално допустимия период за чакане след, който се приема, че е настъпила някаква грешка и резултат не може да бъде получен в следствие на нея. След изтичане на максимално допустимото време, се връща отговор, че изпълнението

не е възможно, а TCP сесията на устройството, ако тя е все още активна, се прекъсва. Под обслужване на заявка се има предвид, приемането ѝ, изпращане на съответната команда към устройството, приемане на отговора от устройството и връщане на резултат към заявителя.

1.4.6. Изисквания към хардуера и софтуера

Приложението трябва да може да работи нормално при следната минимална хардуерна конфигурация на машината и инсталиран допълнителен софтуер:

- **хардуерни изисквания**

- ✓ AMD Athlon XP 3700+
- ✓ 1024 MB RAM
- ✓ 20GB HDD
- ✓ 100 Mb LAN Card

- **софтуерни изисквания**

- ✓ Windows XP Server
- ✓ IIS 5.0 или следващата версия
- ✓ .NET Framework 1.1 или следващата версия

1.4.7. Изисквания към програмните интерфейси

Приложението трябва да имплементира няколко програмни интерфейса, за да може да бъде контролирано от физически отдалечена машина, намираща се в локалната мрежа на сървъра или извън нея и за да може системата да функционира като цяло. Тези интерфейси трябва да са изпълнени чрез използване на широко разпространени и стандартни технологии, за да може приложението да работи съвместно с компоненти писани на различни програмни езици и работещи под други операционни системи.

Интерфейсите са:

- **интерфейс за дистанционен контрол** – дава възможност на други софтуерни приложения да изпълняват команди необходими за извършването на дистанционен контрол и администриране на приложението.
- **интерфейс даващ информация за статуса** – предлага команди връщащи информация за текущото състояние на приложението в момента (брой активни сесии, дали приложението слуша нормално за идващи заявки от устройствата и т.н)
- **интерфейс за обмен на данни с конкретно устройство** – дава възможност за изпращане на команди към дадено устройство, което в момента е свързано към системата.

1.4.8. Изисквания към съхранението на данните

Данните за всички потребители на системата, автомобили, устройства, както и данните получавани от тях трябва да се съхраняват в специално проектирана за целта база данни, която трябва да покрива следните изисквания:

- **брой клиенти към базата** – базата данни трябва безпроблемно да работи с над 1000 едновременно активни клиента, свързани към нея и да обработва данните от тях за време, което да не нарушава нормалната работа на приложението.
- **обем на данните** – базата трябва да поддържа таблици с обем достатъчен за съхраняването на данните на всяко едно устройство за максимум 30 дни., което е прието като максималния срок, за който някой потребител може да иска справка за своите автомобили.

1.5. “Мениджър на устройства” за контрол и управление на навигационните устройства вградени в автомобилите.

След като изискванията към приложението имплементиращо метода за комуникация тип M2M между навигационното устройство и приложен сървър са дефинирани, тук ще

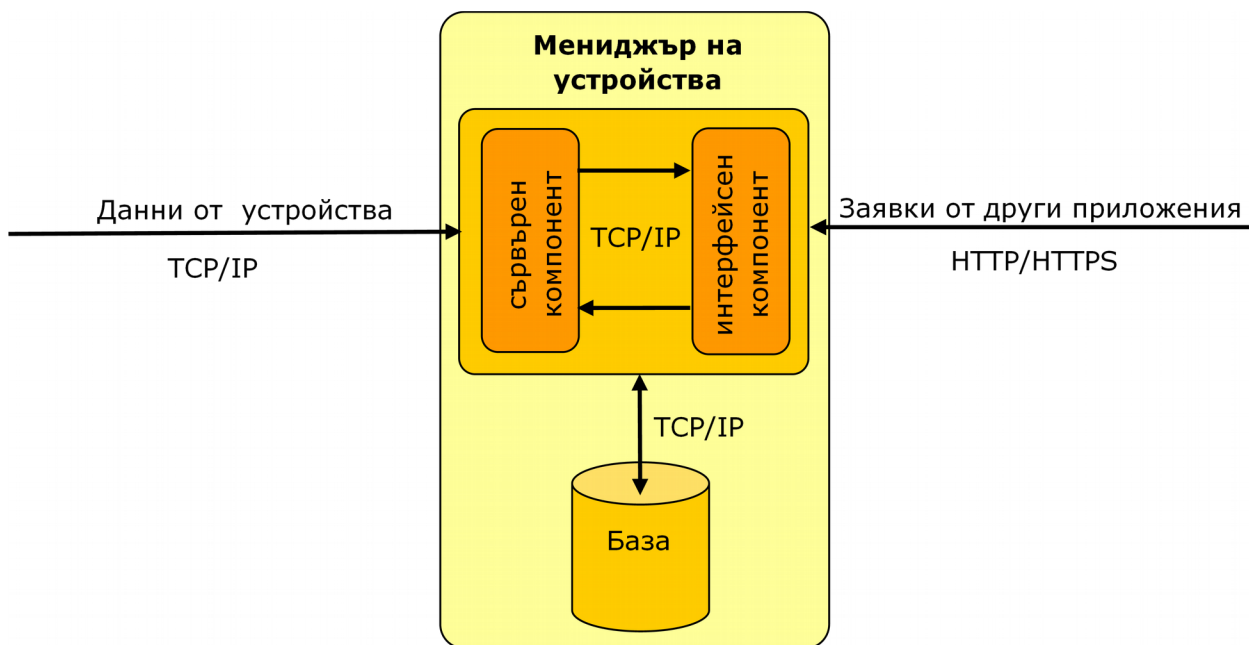
бъдат изброени целите, които тези изисквания пораждат, за да бъде създадено подобно приложение и покрити горе изброените изисквания.

Целите са групирани в относителни категории, като за всяка категория е направена кратка обосновка показваща кои от изискванията към приложението тя покрива. От тук нататък приложението, ще се нарича “мениджър на устройства” (МУ), тъй като основната му задача е да контролира и управлява навигационните устройства вградени в автомобилите.

1.5.1. Създаване на “мениджър на устройства” като приложение от няколко компонента

За да бъде поддръжката на мениджърът на устройства по-лесна, а създаването му по-бързо и ефективно, най-добре е да се възприеме подход разделящ го на няколко софтуерни компонента, изпълняващи различни части от неговите задачи. В тази точка те само ще бъдат дефинирани, а по-нататък ще бъде дадена повече информация за тяхната роля в приложението.

- **сървърен компонент** – това е компонентът отговорен за приемането на заявките идващи от навигационните устройства, поддържане на комуникация с тях, обработката на данните им, записването им в база данни и изпращането на команди към тях.
- **интерфейсен компонент** – това е компонентът грижещ се за осъществяването на връзка между сървърния компонент и други софтуерни приложения, които са част от системата.
- **база данни** – цялата информация необходима за работа на системата, като цяло се съхранява тук.



Фиг. 1.3. Логическа схема на компонентите на МУ

1.5.2. Създаване на сървърния компонент като приложение от тип windows услуга

Създаването на сървърния компонент като приложение тип windows услуга, предлага някои много полезни възможности, които за нашия случай биха били особено полезни. Най-важното от тях е, че тези приложения не изискват какъвто и да било потребител да бъде регистриран и влязъл в системата в момента, за да могат да работят. Те се зареждат преди всички останали приложения и могат да вършат работата си в „сянка” без нужда от потребителска намеса. По този начин, ако се случи приложният сървър, на който мениджърът на устройствa се изпълнява, да се рестартира, няма да е необходимо някой да отиде, да влезе в системата и ръчно да стартира наново приложението, защото Windows ще го стартира автоматично.

От гледна точка на производителността на приложението, нишките, които то създава, ще се изпълняват в така наречения kernel mode на Windows и съответно на процесора, което ще им даде най-висок приоритет за изпълнение, а операционната система ще работи с тях използвайки интерфейси от ниско ниво, които са в пъти по-бързи от тези от високо ниво. По този начин мениджърът на устройствa ще покрие изцяло изискването да заема възможно най-малко памет и процесорно време.

В Windows приложенията от тип услуги се управляват от така наречения **Service Control Manager (SCM)**, който предоставя вече готов интерфейс и модел за управление на всички услуги работещи в системата, което освобождава разработчика от понякога доста тежката задача по създаването на графичен интерфейс за работа с дадено приложение. SCM също така елиминира нуждата от създаване на собствен модел за справяне и възстановяване от необработени изключителни ситуации, които могат да настъпят по време на изпълнение на програмата, защото може да бъде настроен така, че при възникване на такава изключителна ситуация сам, без човешка намеса, да рестартира приложението. Подобна възможност е изключително подходяща за нашите цели.

.NET средата предоставя вече готови и доста удобни методи за програмно управление на услугите, т.е при нужда лесно може да се създаде графичен интерфейс за работа с услугата. Необходимо е само да се създаде бизнес логиката на програмата, да се регистрира като услуга в системата, а от там целият контрол и настройка на приложението може да става през SCM. Също така SCM поддържа собствен, леснодостъпен и подробен “log” файл, в който записва всички събития, не само грешките, заедно с часа и датата на настъпването им, отнасящи се до изпълнението на приложенията-услуги, които се намират под негов контрол. По този начин покриваме изискването за поддържане на “log” файл от нашето приложение, без да е необходимо да създаваме собствен такъв.

1.5.3. Създаване на интерфейсия компонент като приложение от тип web услуга

Създаването на интерфейсия компонент като приложение тип web услуга, носи следните предимства:

- **стандартни технологии** – web услугите (web service) са приложения, които притежават някаква функционалност достъпна чрез стандартни технологии и протоколи за комуникация, а именно XML, SOAP, HTTP, WSDL. Чрез използването на този подход, се дава възможност на компоненти написани на различни езици, да работят с мениджъра на устройства, като тези компоненти могат да се намират на физически отдалечени машини, а комуникацията да минава през Интернет.

- **лесна имплементация** – с използването на Visual Studio .NET и ASP .NET, създаването на web услуги става изключително лесно, като Visual Studio върши по-голямата част от необходимата работа.

1.5.4. Създаване на отделни класове, имплементиращи функционалността на компонентите

Тъй като мениджърът на устройства ще бъде разработван в обектно-ориентирана среда за програмиране, функционалността на сървърния компонент ще бъде разделена на класове. Интерфейсния компонент само ще извиква методи от тези класове без да има свой такива, предлагащи някаква различна функционалност. Класовете са следните:

- **клас сървър** – имплементира методи за “слушане” за TCP заявки от устройства, валидиране на заявки, създаване на обект за всяко устройство след успешно валидиране, поддържане на списък с активните в момента устройства, поддържане на TCP сесията активна, образуване на текстови низове представляващи команди към устройството.
- **клас за “превод” на данните** – методите от този клас “превеждат” (parse) данните идващи от всяко устройство, като по този начин имплементират специфичния протокол на съобщенията за конкретния тип устройство, необходим за работа с него. Всички останали класове ползват методи на този клас, за да интерпретират данните от устройствата, когато това е необходимо.
- **клас на устройството** – след успешно валидиране на заявката за връзка, за всяко едно устройство се създава обект от този клас, съдържащ собствена нишка, която от тук нататък се занимава с приемане и изпращане на данни от/към устройството.
- **клас за работа с базата данни** – имплементира методи за четене и запис на данни в базата.

1.5.5. Създаване на модел за комуникация между компонентите на МУ

Тъй като сървърният и интерфейсният компонент на практика представляват две различни приложения работещи в свой собствени процеси (в случая AppDomain-и), те нямат директен достъп до своите методи и затова е необходимо да се създаде модел за комуникация между двата компонента.

В .NET средата най-удобният за тази цел подход е използването на така наречената .NET Remoting технология, която прави създаването на подобен модел много лесно.

1.5.6. Създаване на MySQL база данни

Изборът на MySQL, като база за съхранение на данните е удачен за нашите цели, тъй като той покрива напълно изискванията за производителност и обем на таблиците, а от чисто икономическа гледна точка предимството му е, че е безплатен при некомерсиално използване.

1.5.7. Изводи

Дизайнът на мениджъра на устройства предвижда, той да е високооптимизирано приложение, което да поддържа едновременна комуникация по TCP/IP протокол с много устройства и да съхранява техните данни в специално проектирана за целта MySQL база данни.

Приложението е проектирано на модулен принцип, като целта е да се разбие функционалността на колко се може по-малки софтуерни модули, като по този начин се намалява вероятността от допускане на принципни грешки, подобрява се възможността за поддръжка на приложението и идентифициране на грешки в него.

1.6. Структурно описание на приложението „Мениджър на устройства“

След като вече целите и задачите на проекта са ясно дефинирани, време е да преминем към описанието на процеса на проектиране на система с подобни параметри. Целта на този параграф е да даде ясна представа за дизайна на приложението и затова как функционират и комуникират различните му компоненти. Стриктното изпълнение на

изискванията към приложението поставят различни проблеми пред разработчика тъй като подходът към решението им е специфичен за всеки един програмен език и среда за разработка. Там където са били налични повече от едно решения, съм разгледал всяко едно тях, като изтъквам неговите предимства и недостатъци и накрая обосновавам решението си да избира някое от тях.

Освен информация за структурата и функционалността на приложението, се предлага синтезирано описание на различните технологии, като например web услугите и .NET Remoting, използвани при изграждането му и чието познаване е абсолютно необходимо, за да се добие представа как мениджърът на устройства функционира.

1.6.1. Избор на среда за разработка

Приложението “Мениджър на устройства”, предмет на дисертационият труд, е написан изцяло на езика C#, в средата на Microsoft Visual Studio .NET 2003 [1, 11, 15-22].

Visual Studio .NET е един съвременен и изключително мощен инструмент за създаване на Windows приложения, web услуги, web приложения и т.н възползвайки се от възможностите, които революционната технология .NET Framework предлага. Средата предоставя изключително удобен интерфейс и предлага безброй готови за вграждане в приложенията компоненти. Многото шаблони за различните типове приложения, които могат да се създават, дават възможност за летищ старт на всеки един проект, като са необходими само няколко предварителни настройки, след което Visual Studio .NET свършва повечето от тежката работа по конфигурирането на проекта и не само това.

За целите на разглеждания проект, като например работа с TCP/IP, VS .NET е може би най-мощната среда в момента на пазара, тъй като включва готови класове за работа с него, както на ниско и така и на високо ниво. Класовете от високо ниво изискват само няколко реда код, за да осигурят работа на приложението с TCP/IP, като не изискват никакви дълбоки познания за протокола. Приложения, като нашето, организиращи сложна комуникация по TCP/IP могат да се възползват от многото мощни и бързи функции за четене, изпращане и слушане за данни, работа с DNS, HTTP, XML и т.н, които VS .NET предлага.

Една от задачите в дисертационния труд е МУ да се реализира като приложение от тип windows услуга. Създаването на подобни приложения с използване например на C++ и Visual Studio 6.0 доскоро беше привилегия само на изключително опитни програмисти и въпреки това пак отнемаше много време. С Visual Studio .NET създаването на windows услуга е по-лесно от всякога, тъй като той извършва по-голямата и объркваща част от работата и прави писането й подобно на писането на най-обикновено приложение. Така разработчикът може да се възползва от всички привилегии на приложенията тип windows-услуги, без да се налага да става специалист по концепциите и програмирането им.

Писането на web услуги, с които трябва да бъде реализиран интерфейсният компонент на мениджърът на устройства, също не прави изключение, когато става въпрос за простота на създаването. Програмирането на web услуги е свързано с детайлното познаването на много технологии и протоколи, като XML, SOAP (Simple Object Access Protocol), WSDL (Web Service Description Language), UDDI (Universal Description, Discovery and Intergation), ASP .NET и т.н, но Visual Studio .NET отново сваля това тегло от разработчика, като върши по-тежката работа, като например сериализирането и десериализирането на данните в SOAP протокол, интерпретиране на XML документи и т.н.

Според изискванията към мениджъра на устройства, той трябва да бъде разделен логически на два отделни софтуерни компонента, които на практика са две отделни приложения. В такъв случай пред разработчика стои задачата да изгради програмна връзка между тези два компонента, а използването за тази цел на технологии като COM, DCOM, CORBA и т.н е сложен проблем. .NET Framework и Visual Studio .NET дават решение и на този проблем, като представят технологията .NET Remoting, която прави комуникацията между обекти намиращи се в различни процеси тривиална задача.

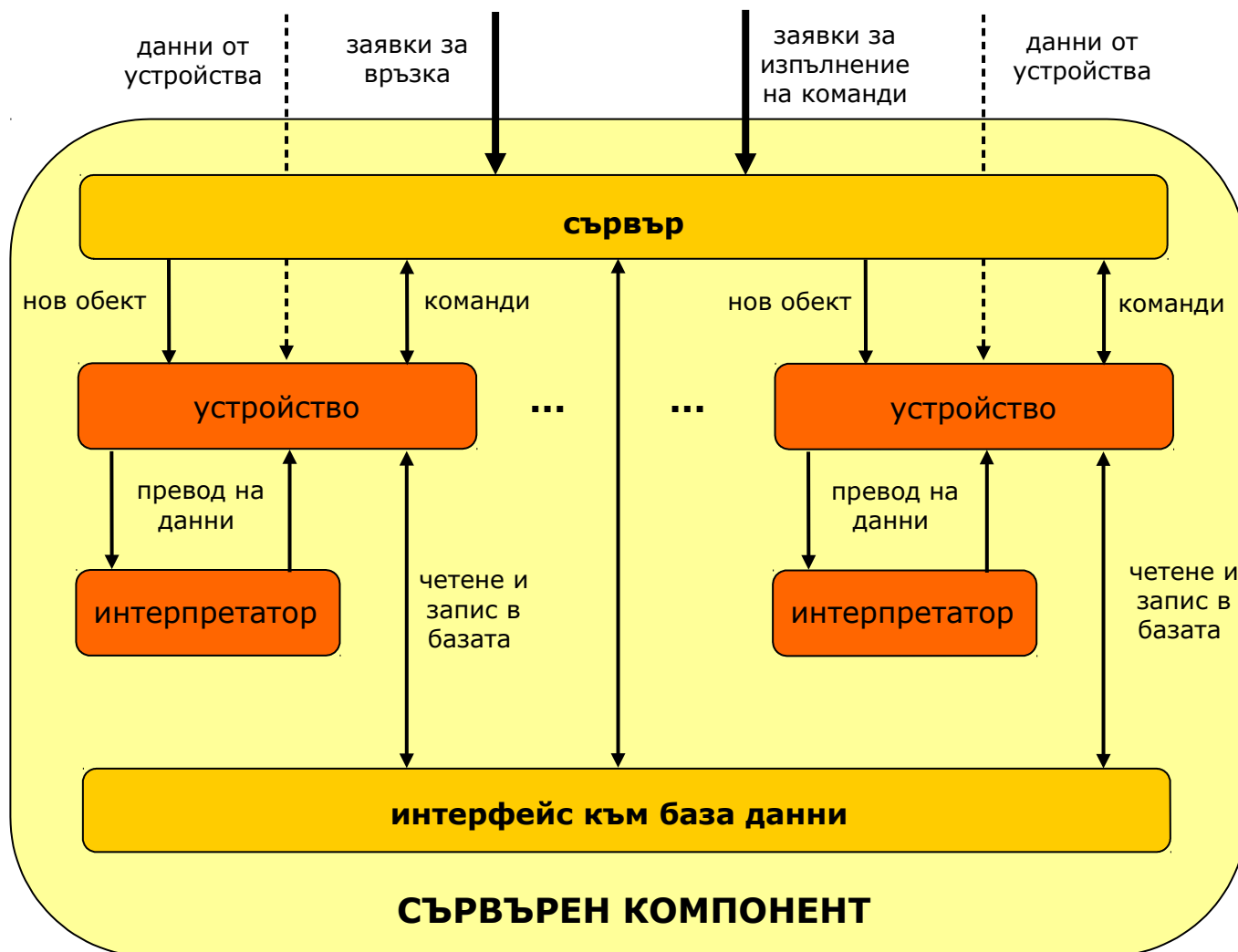
След като бяха изтъкнати всички предимства на Visual Studio .NET, имащи отношение, към настоящия проект, трябва да се кажат няколко думи и за тези на избрания при разработката език за програмиране – C#. C# е 100% обектно ориентиран език, бързо набиращ популярност не само заради лекотата си на използване, но и заради гъвкавостта и мощността, характерни за Java и C++, които предлага. Работейки с .NET Framework и Visual Studio .NET мисля, че няма по-подходящ избор на език за програмиране от C#.

1.6.2. Проектиране на сървърния компонент

Сървърният компонент (СК) е основният компонент в мениджърът на устройства, грижещ се обмяната и записа на данни идващи от навигационните устройства. Възприемайки модулния принцип на проектиране, този компонент ще бъде разделен на по-малки модули (класове), имплементиращи част от неговата функционалност.

На фиг. 1.4. са показани отделните модули на сървърният компонент и как те си взаимодействат. Сървърният компонент ще представлява всъщност една DLL библиотека, която съдържа в себе си класове (обекти), изпълняващи различни задачи. Това ще направи дизайна й невероятно гъвкав, защото в следствие тя може да бъде вграждана в различни приложения, без да са необходими никакви специални промени по нея, което би усложнило доста този процес. В случая приложението, което „обвива” сървърния компонент, е приложение тип windows-услуга, което се изпълнява в kernel mode на процесора, тоест с доста по-голям приоритет от останалите.

Тъй като системата трябва да поддържа много видове устройства, работещи с различни протоколи на съобщенията, имплементирането на нови такива също трябва да бъде направено гъвкаво. Затова, цялата работа по интерпретиране (превеждане) на получените съобщения в смислена информация ще бъде отделена в обект наречен “интерпретатор”. Когато други модули от сървърния компонент е необходимо да интерпретират получено съобщение, те ползват методи на този обект, като това кой точно метод да извикат зависи от конкретната ситуация, в която модульт трябва да знае каква информация да очаква. По този начин, при изграждане на сървърен компонент за нов тип устройство, ще трябва само да се напише нов клас “интерпретатор” имплементиращ специфичния протокол на съобщенията за това устройство.



Фиг. 1.3. Връзки между отделните модули на сървърия компонент

Нека сега разгледаме всеки един модул по отделно, като дадем по-подробна информация за неговия дизайн, функции в компонента и как той ги изпълнява.

1.6.2.1. Обект “сървър”

Това ще е основният модул в сървърия компонент и единственият, който ще е достъпен за други приложения. За да може да бъде създаден този обект, той ще изисква следната информация, която да бъде поддана чрез параметри към конструктора му:

- ✓ низ за връзка с база данни
- ✓ IP адрес и порт

Низът за връзка с базата данни, представлява текстов низ, съдържащ информация като потребителско име, парола, IP адрес и порт, протокол за комуникация и т.н, необходима за да се осъществи връзка със сървъра, на който се намира базата данни. Повече информация за базата данни и интерфейса за достъп до нея има в точки “Обект интерфейс към база данни” и “Проектиране на база данни”.

На зададения IP адрес и порт сървърният обект непрестанно ще “слуша” за чакащи TCP заявки за връзка. Когато подобна заявка пристигне, той ще отваря TCP сесия със заявителя, като очаква да получи специфично съобщение, наречено “welcome string”. Това съобщение може да е различно за отделните типове устройства, които работят към системата, но там винаги трябва да се съдържа уникалният номер на устройството, който сървърният обект извлича, използвайки метод от обекта “интерпретатор”. След като извлече уникалният номер на устройството, обектът сървър използва методи от обекта “интерфейс към база данни”, за да провери дали подобен номер е записан като валиден в базата данни и дали устройство с такъв номер вече не е свързано към системата. Ако проверката премине успешно, се създава нов специален обект “устройство”, който от тук нататък ще се грижи за управлението на комуникацията по TCP/IP с това устройство, а в базата данни се отбелязва, че то е свързано към системата, за да се предотврати осъществяването на повторна връзка с този номер. Ако проверката не издържи, отворената TCP сесия се затваря и всички ресурси заети от нея се освобождават.

Както беше споменато по-горе, ако валидирането на заявката за връзка премине успешно, се създава нов специален обект, който да се грижи за по-натъшната комуникация с устройството. От тук нататък обратната връзка с него се организира чрез поддържане на специален тип списък на такива обекти, чиито елементи представляват двойка ключ-данни. В случая като ключ се използва уникалният номер на устройството, който по-късно може да се използва за търсене. В полето за данни на списъка се записва указател към обекта, отговарящ за конкретното устройство. Когато сървърният обект поиска да изпрати данни към дадено устройство, той проверява дали уникалният му номер се съдържа в списъка и ако е така, взема указателя към обекта записан срещу този ключ. Повече за това как се изпращат данни към устройството и как се поддържа този списък е описано в точка “Обект устройство”.

Има още едно, макар и доста по-сложно, решение на този проблем. При него обаче създаването на отделен обект за всяко устройство отпада. В .NET средата с TCP/IP се

работи чрез така наречените сокети (sockets), които могат да се разглеждат като едни виртуални TCP портове, през които минава цялата комуникация за дадена сесия. Идеята на това решение е отново да се поддържат списъци с елементи от тип ключ-данни, но данните да не са указатели към специални обекти, а указатели към сокет обекти, които обслужват дадена TCP сесия. Данните, които пристигат на тези сокети ще се буферират в специален буфер, който операционната система поддържа за всеки сокет, и ще останат там докато не се прочетат и буферът не се изчисти. Ако буфера достигне максималния си размер преди да бъдат прочетени данните, всички следващи данни, които пристигат за него ще бъдат автоматично игнорирани от операционната система. Списъкът от сокети, ще бъде разделен на части от по 20, като всяка отделна част ще се обслужва от отделна нишка, която ще обхожда последователно всеки един сокет, ще прочита данните, които се пазят в неговия буфер и ще ги записва в базата данни. По този начин, за да обслужим 1000 устройства ще са нужни 50 нишки вместо 1000, както е при първия вариант.

От гледна точка на производителността и икономията на системни ресурси, вторият вариант изглежда по-удачен. Недостатъците му проличават в момента, в който трябва да се изгради модел за ефективно управление на нишките, които обслужват устройствата и когато се наложи да се изпращат данни към тях, последното от които е много важно условие. Списъкът със сокети се управлява динамично, тоест когато например дадена TCP сесия се разпадне, чрез методи предоставени от средата за разработка, сокетът и ключът за тази сесия се премахват от списъка, а елементите след него се преместват с една стъпка нагоре. Тогава често ще се стига до ситуация, в която ще има например 10 обслужващи нишки, но 5 от тях ще обслужват 20 сокета, а останалите 2 сокета, тоест не всички ще са максимално ефективни. В този случай, за да се подобри ефективността на работа, трябва да се създаде сложен оптимизационен модел, при който главната нишка на сървърния обект да следи колко активни сокета има в момента, колко активни нишки и при нужда да унищожават и създават нови нишки за обслужване, което никак не е проста задача и води допълнителни затруднения със себе си.

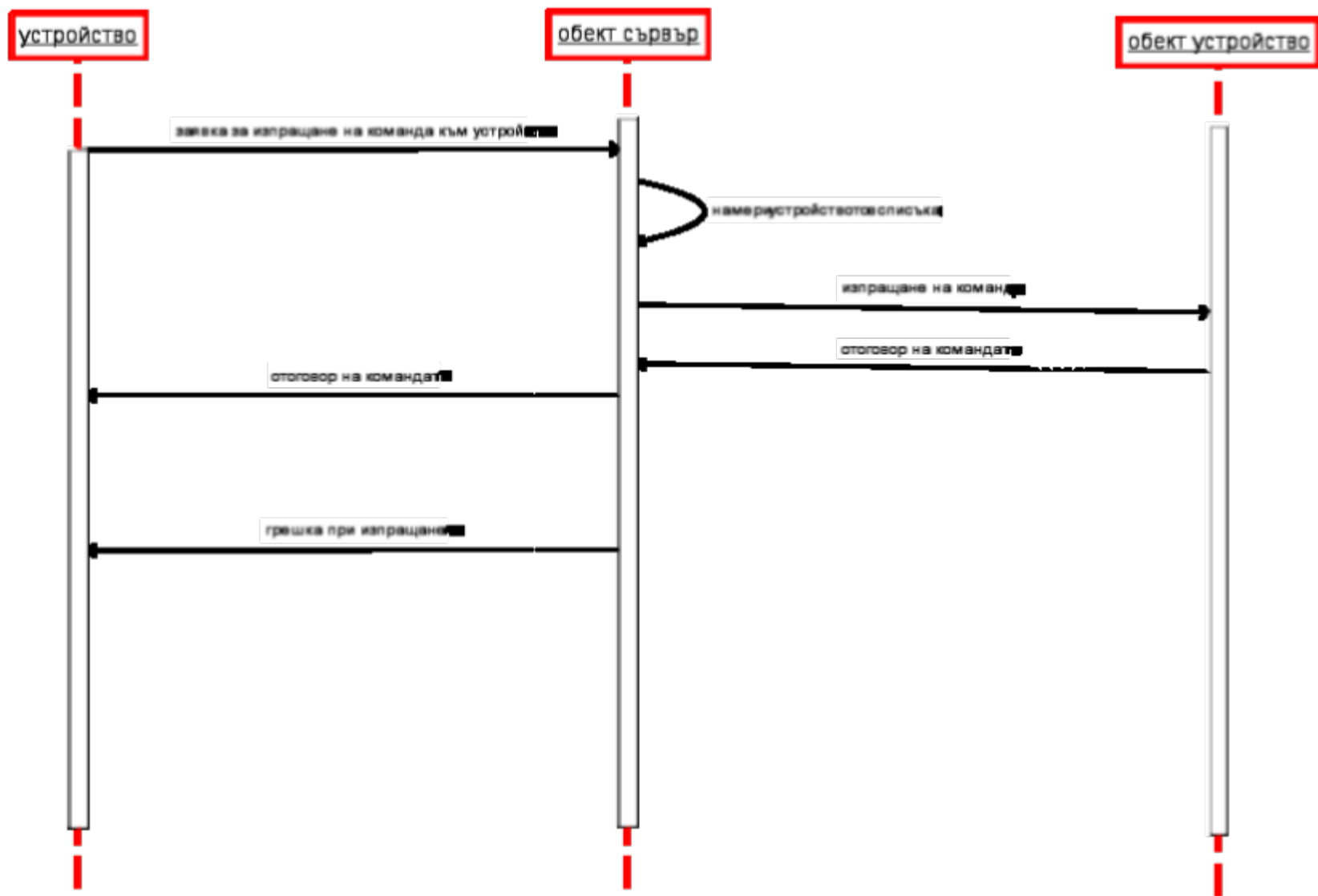
Освен заради гореспоменатите причини, изборът на решение пада върху първия вариант и защото при наличие на отделен обект за всяко устройство, можем да вградим методите за комуникация и други данни за него, които трябва да се поддържат за всяко устройство, директно в обекта, което го прави автономен и следва принципите на обектно ориентираното програмиране. При един достатъчно мощен процесор, каквито са повечето

в момента, поддържането на 1000 нишки едновременно не би било проблем, така че този недостатък може да се счита за преодолим.

Сървърният обект ще включва и методи чрез, които обвиващите го приложения ще могат да го стартират, спират и рестартират. Стартирането ще включва, осъществяване на връзка с базата данни и стартирането на основната нишка “слушаща” за заявки за връзка, а спирането последователно унищожаване на всички обекти-устройства и на главната нишка.



диаг. 1 Работа на сървърният обект при приемане на заявки за връзка от устройствата



диаг. 2 Работа на сървърният обект при обработка на заявки за изпращане на команда

1.6.2.2. Обект “устройство”

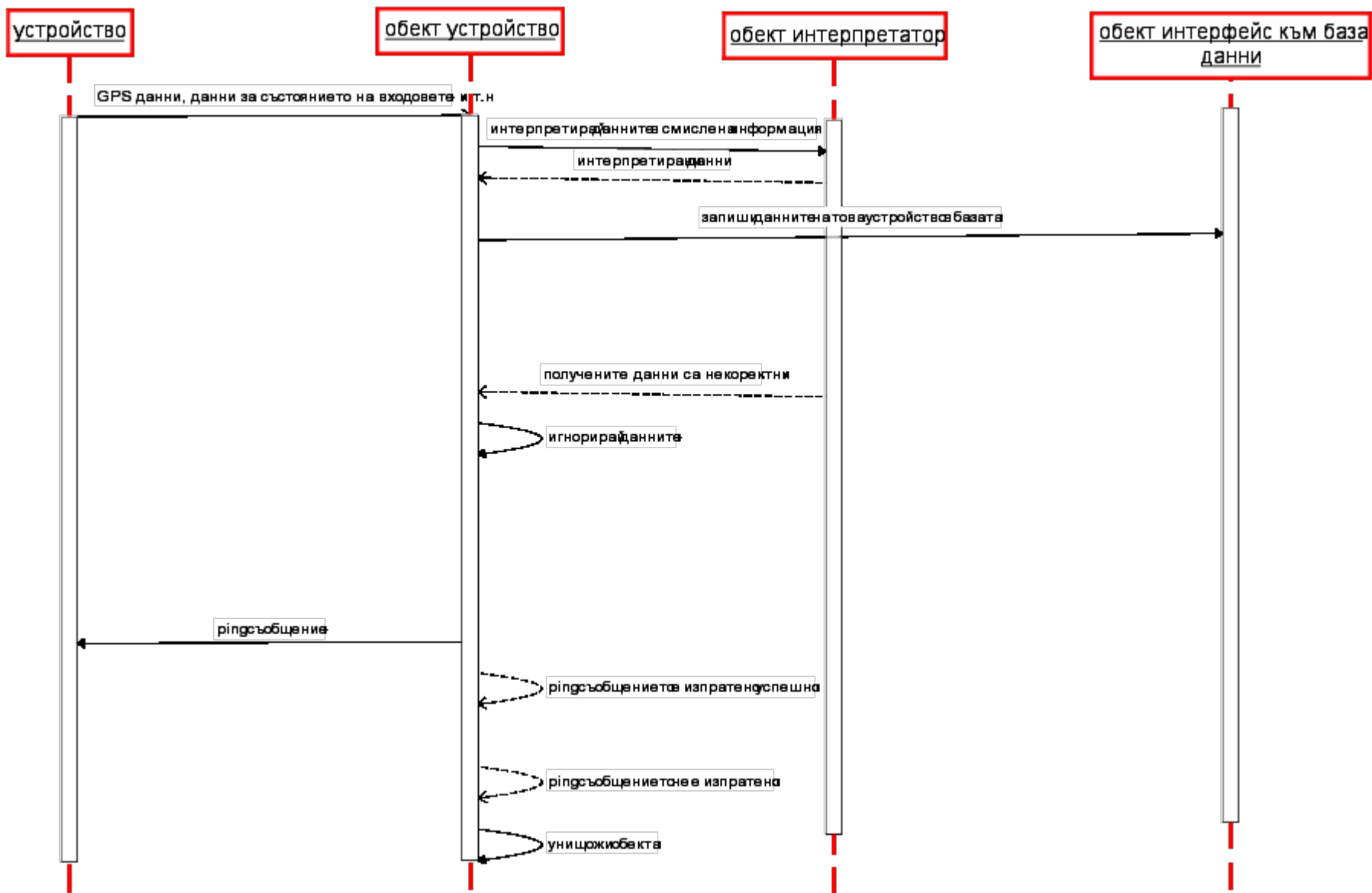
След като дадена заявка за връзка премине валидацията, сървърният обект създава за всяка успешна заявка по един такъв обект, който се грижи за поддръжката на комуникацията между устройството и сървърния компонент.

За бъде създаден такъв обект е необходимо да се подаде следната информация към конструктора му:

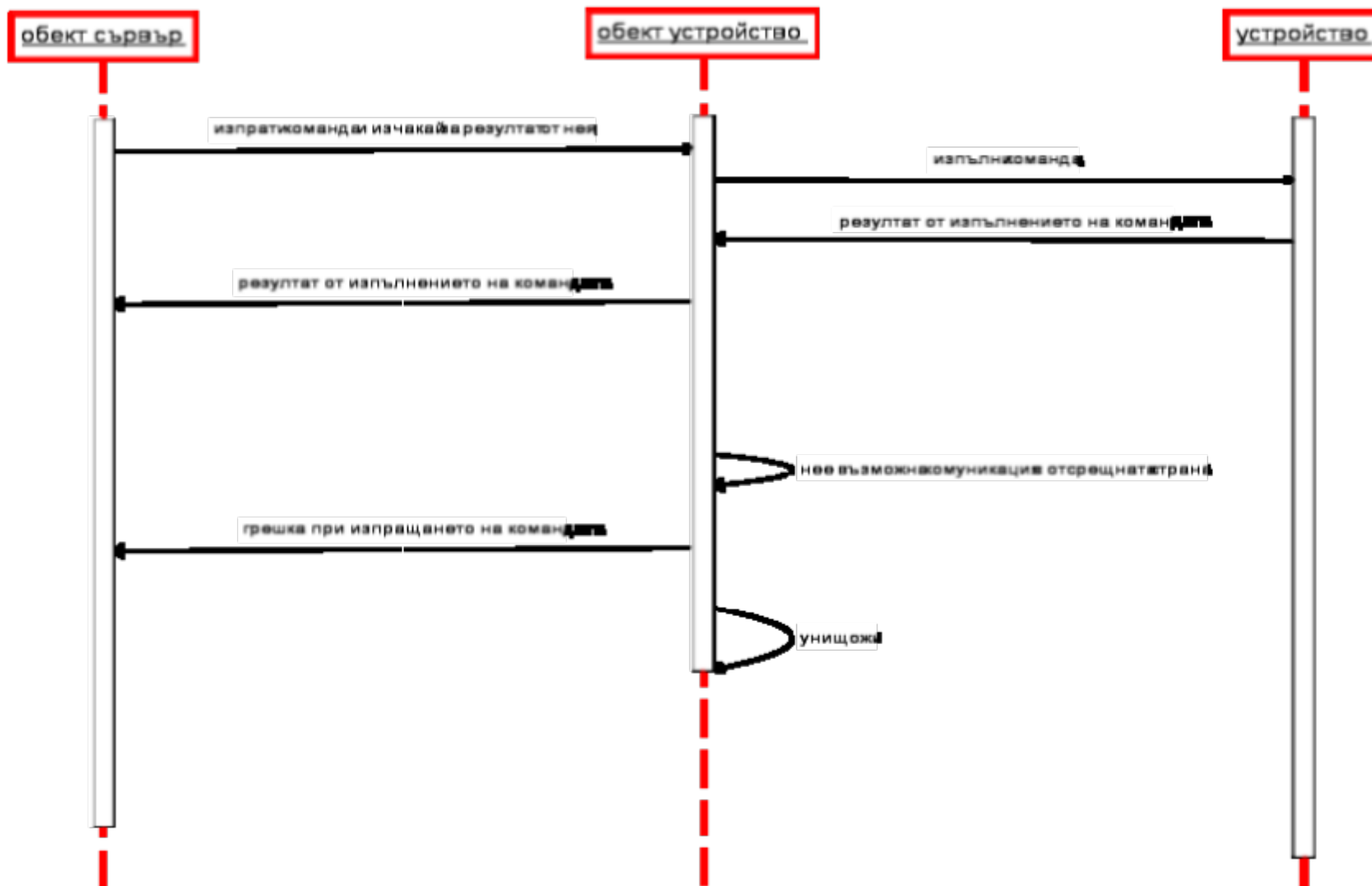
- ✓ указател към TCP сокет през, който ще минава комуникацията
- ✓ указател към интерфейс за връзка с база данни
- ✓ низ съдържащ уникалния номер на устройството, което обектът обслужва
- ✓ низ съдържащ номера на устройството в базата данни
- ✓ число задаващо големината на буфера за четене и приемане на данни

След като бъде създаден обектът “устройство” започва да изпълнява своя собствена нишка, която периодично проверява дали има данни пристигнали на сокета, с който обекта е инициализиран. Ако има нови данни те се прочитат, интерпретират се и ако всичко с тях е наред се записват на съответното място в базата данни. Ако данните са неточни и не могат да се интерпретират правилно, то те се игнорират и не се записват в базата. Обектът “устройство” включва в себе си метод за изпращане на команди през сокета, с който е инициализиран. Когато сървърния обект желае да изпрати команда към дадено устройство, той взема указател към съответния обект “устройство” от списъка си, формира текстовия низ представляващ командата и го подава като параметър към метода за изпращане. Ако получи отговор, методът за изпращане на команди го препраща директно на сървърния обект, като задължението да го интерпретира се пада на последния. Ако настъпи някаква грешка при комуникацията с устройството, като например разпадане на връзката или липса на отговор от отсрещната страна, обекта “устройство” генерира съобщение, с което уведомява сървърния обект, че е настъпила грешка, той от своя страна го изважда от списъка си с активни обекти, след което обекта “устройство” се самоунищожава. Съществува вариант, при който методите формиращи низа представляващ дадена команда, да бъдат вградени в обекта “устройство”, но тъй като командите са едни и същи за всички тях е по-удачно да се изолират в сървърния обект, като по този начин запазват компактността на обекта “устройство” и намаляват

обема памет, който целия свързрен компонент може да заема, защото може да имаме 1000 обекта “устройство”, но само един свързрен обект за даден модел устройство.



диаг. 3 Работа на обекта „устройство” при обработка на данните на дадено устройство



диаг. 4 Работа на обекта „устройство” при обработка на заявка за изпращане на команда към устройство

1.6.2.3. Обект “интерпретатор”

Както е показано на фиг. 1.4. всеки обект “устройство” създава своя инстанция на обект наречен “интерпретатор”. Този обект съдържа методи, чрез които данните получавани от устройствата могат да се интерпретират или “преведат” в смислена информация, която после да се обработи по съответния начин.

На практика в обекта “интерпретатор” е заложен протокола на съобщенията, който сървърният компонент и устройството ползват, за да комуникират. Този протокол е специфичен за всеки тип (модел) устройство и затова, когато към системата се добавя поддръжка за нов тип навигационни устройства, се ползва вече изградения модел на сървърен компонент, като се пренаписва само обекта “интерпретатор”.

Системата **Follow Me on the Web**, работи с навигационни устройства модел MPS U1, разработка на фирма Мултипроцесорни Системи ООД. Комуникацията с тези устройства се извършва чрез директен обмен по TCP/IP протокол на ASCII текстови съобщения, съдържащи различни данни. Затова обектът “интерпретатор” написан за U1 сървърния компонент, съдържа по един метод за превод на всяко възможно съобщение, което може да се обмени между сървъра и устройството. Обектите ползващи методи от обекта “интерпретатор”, трябва да знаят във всеки момент какво съобщение да очакват, за да могат да извикат подходящия метод и да интерпретират съобщението правилно. Ако някой метод, интерпретиращ дадено съобщение, върне грешка при “превода”, т.е данните, които са му подадени не изпълняват изискванията на възприетия протокол, то това съобщение се игнорира и данните от него не се обработват по-нататък.

Така описания подход има два неприятни недостатъка. Един от тях е фактът, че въпреки това, че при създаването на нов сървърен компонент е необходимо да се пренапише само обекта “интерпретатор”, това не винаги е толкова просто колкото изглежда. Също така, след създаването на нов сървърен компонент със специфичен обект “интерпретатор”, задължително се налага прекомпиляция на приложението и повторно „разгъване” върху сървърната машина, а ако инфраструктурата на приложението не е проектирана правилно, това може да доведе до временно спиране на цялата система.

Най-добрия подход към тези проблеми би бил използването на XML схеми за дефиниране на протокола на съобщенията между сървъра и устройствата. С използването на такива схеми е възможно дори с прост текстов редактор да се опишат някакви данни, спазвайки изискванията на така наречените дефиниции на XML схеми (XML schema

definition). Тогава, описвайки протокола с една или няколко схеми, можем да посочим на сървърния компонент, че за този модел устройство трябва да ползва тези схеми, за да интерпретира данните, които получава. За целта, обаче, устройството трябва да изпраща не прости ASCII текстови съобщения, а XML документи генерирани вътре в него по същата тази схема. Тогава след като получи XML документ сървърът го интерпретира според схемата, ползвайки мощните инструменти, които Visual Studio .NET предлага за тази цел и след това ги обработва по съответния начин. Следователно, при този подход, за да добавим поддръжка към системата на нов протокол на съобщенията, е необходимо само да сменим файла съдържащ XML схемата с дефиницията му и нищо повече. Без нужда от прекомпиляция, без нужда от писане на нови интерпретатори.

От казаното до тук определено изглежда, че вторият подход е много по-удобен. В случая с U1, проблемът се състои в това, че вграждането в него на необходимата XML и HTTP поддръжка, би затруднила сериозно изчислителните му възможности, което се оказва голям проблем и налага използването на прости ASCII текстови съобщения за комуникация. При модели навигационни устройства MPS U2 и MPS U3, чиято изчислителна мощ е доста по-голяма, използването на XML за дефиниране на протокола е предвидено и предстои скорошното му вграждане в системата **Follow Me on the Web**.

1.6.2.4. Обект “интерфейс към база данни”

Методите от този обект дават възможност за четене и запис на данни от/в базата данни чрез използване на стандартните SQL заявки. Това са например, методи за вмъкване на данните от NMEA съобщенията, валидация на номер на устройство, запис дали устройството е свързано към системата или не и т.н.

Две особености на проектирането заслужават повече внимание. Според целите и задачите на приложението, базата данни, която е ключов елемент от него, трябва да бъде създадена чрез използване на MySQL като сървър за база данни. На пръв поглед това изглежда много подходящо, тъй като качествата на MySQL са безспорно доказани, а ползването му в зависимост от избрания лиценз е или безплатно или доста евтино. Visual Studio .NET обаче не предлага вградена поддръжка за работа с MySQL бази данни, което налага ползването на драйвери за целта от трети производител. За щастие такива драйвери за MySQL под .NET не липсват и за целите на проекта бяха избрани тези на

украинската фирма CoreLab Ltd. – MySQL Direct .NET. Този продукт е изграден по модела на драйверите на Microsoft за работа с MS SQL сървър, съвместим е с ADO .NET технологията и предлага всичко необходимо.

В показаната на фиг. 1.4. структура на сървърния компонент всички негови модули ползват една и съща инстанция на обекта “интерфейс към база данни”. Всъщност те ползват създадения от този обект така наречен пул с връзки към базата данни (connection pool), като големината на пула (броят отворени връзки) се задава като параметър в низа за връзка с база данни на сървърния обект. Един пул с връзки към базата данни изисква от MySQL сървъра да създаде само една нишка за обслужването му (а не примерно по една нишка за всяка връзка), което драстично намалява натоварването му. Когато даден метод поиска връзка с базата, MySQL драйвера вади една от пула, ако има такава, методът си свършва работата и я затваря, но на практика тя не се затваря, а просто се връща в пула, след което може да се ползва повторно. Подобен подход увеличава доста производителността на сървърния компонент и намалява натоварването върху базата, тъй като не е необходимо при всяка заявка да се прави изцяло нова връзка към базата, което е време отнемаша и натоварваща операция.

1.6.2.5. Приложението windows услуга

Според изискванията към мениджърът на устройства, сървърният му компонент трябва да бъде изграден като приложение от тип windows услуга. Както се видя от изложеното по-горе, сървърният обект е изграден като DLL библиотека с цел да се подобри преносимостта на приложението и възможността за поддръжка. За да се удовлетвори изискването за изграждане на windows услуга, ще създадем приложение от такъв тип, като Visual Studio .NET предлага готов шаблон за подобен проект. Стандартните приложения windows-услуги задължително имплементират два метода в себе си Start и Stop, които се изпълняват при настъпване на съответното събитие, като нашето няма да прави изключение. При стартиране или спирането на услугата, всъщност ще се стартира или спира работата на сървърния компонент с тази особеност, че този път той ще работи в привилегирован режим на процесора и системата (kernel mode).

Друга важна задача на windows услугата е да регистрира сървърния компонент, като дистанционно достъпен обект (remotable object) в Remoting системата на Windows, като

част от осъществяването на връзка между него и интерфейсният компонент. Повече информация за връзката между двата компонента има в следващата точка съдържаща описание на интерфейсният компонент.

1.6.3. Проектиране на интерфейсният компонент

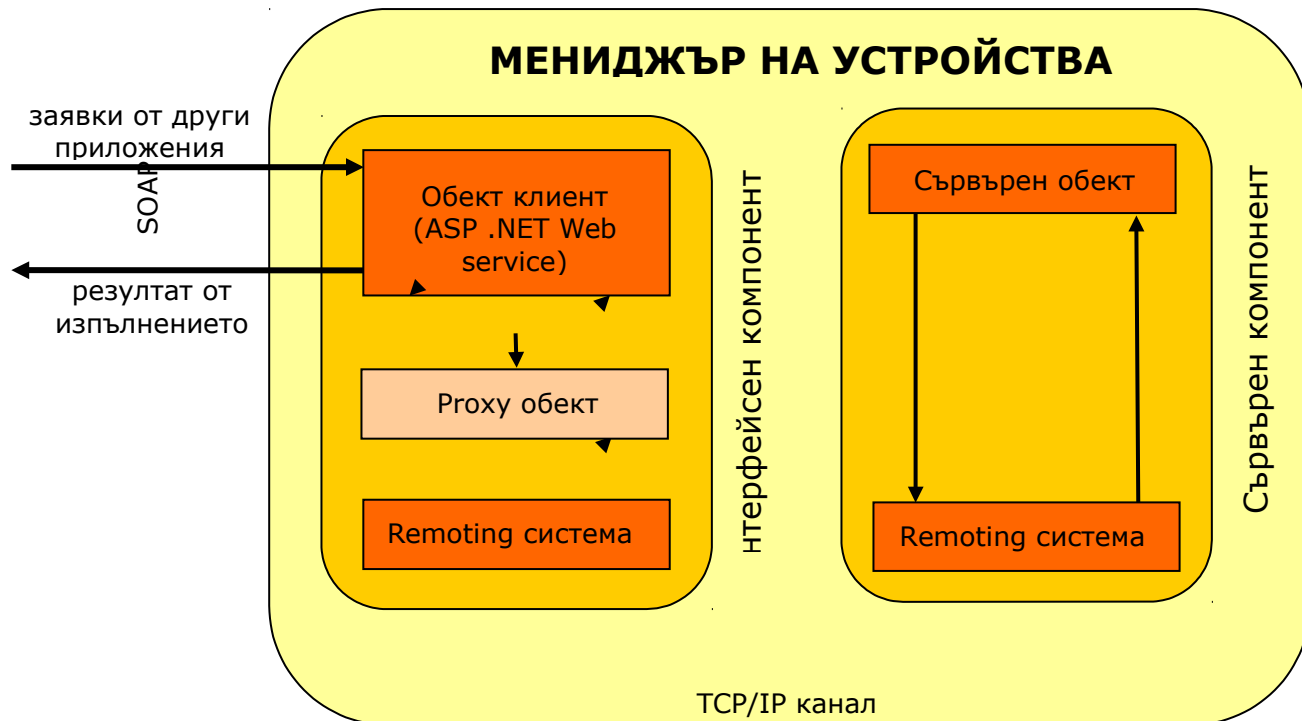
За разлика от сървърният компонент, интерфейсният няма да бъде проектиран като самостоятелна DLL библиотека, която в последствие да може да бъде имплементирана от други приложения. При интерфейсният компонент не се цели преносимост, а предоставяне на удобен и широко достъпен интерфейс за други приложения, които желаят да обменят данни с някое от устройствата.

Задачата на сървърния компонент най-общо е само да слуша за данни от устройствата и да ги записва, но за да има реална полза за потребителя от една такава система, трябва да има и компонент, който да предлага възможност за извършване на полезна дейност с тези данни. В системата **Follow Me on the Web** този компонент се нарича “мениджър на потребителите” (user manager) и той се грижи за визуалното представяне на събраните данни и при нужда за осъществяване на връзка между потребителя и устройството вградено в автомобила му. В случая точно за осъществяването на тази връзка е необходимо мениджърът на устройства да предостави интерфейс към сървърния си компонент, тъй като той е отговорен за комуникацията с навигационните устройства. Web услугите предоставят уникална възможност за реализирането на подобен интерфейс, който да не бъде тясно свързан с някой език и среда за програмиране, а да ползва стандартни технологии.

Този интерфейс представлява всъщност съвкупност от методи, които други приложения могат дистанционно да извикват. Методите на интерфейсният компонент представляват една своеобразна “обвивка” на тези на сървърният компонент, тъй като често те само извикват даден сървърен метод и връщат резултата от неговото изпълнение без да правят допълнителна обработка над него.

Дефиницията на този интерфейс се вгражда в достъпен откъс WSDL файл, който е специфичен XML документ, където се съдържа цялата информация (като име на метода, параметри към него, тип на връщаната стойност) необходима на клиента на web услугата, за да извика съответния метод. След като клиентът добие представа за интерфейса,

който web услугата предлага, прочитайки нейния WSDL файл, той използва XML базираният SOAP протокол, за да формира SOAP заявка за изпълнение към web услугата. Когато такава заявка се получи, ASP .NET сървърът автоматично я интерпретира и извиква посочения в нея метод, след което резултатът от изпълнението му автоматично се кодира обратно в SOAP съобщение и се връща на заявителя.



Фиг. 1.5. Свързване на компонентите на МУ с използване на .NET Remoting технология

Фактът, че .NET средата автоматично сериализира и десериализира съобщенията в SOAP протокол е много важен, тъй като това е един от най-тънките моменти при създаването на web услуги, а в случая разработчикът е освободен от това бреме и може да се концентрира върху по-важните задачи на проекта. За осъществяване на връзка между компоненти, намиращи се на различни машини, на пръв поглед в случая може да се използва и технология като DCOM (Distributed Component Object Model). Тогава интерфейсният компонент ще бъде изграден като DCOM сървър, имплементиращ някаква функционалност, а компонентите които желаят да комуникират с мениджъра на устройствата, като DCOM клиенти. Дори и да пренебрегнем факта, че DCOM е доста по-труден за имплементиране от web услугите, използването му е в разрез с едно от основните изисквания към интерфейсният компонент, а именно осигуряване на

платформена независимост на компонентите, които го ползват. DCOM е технология на Microsoft, налагаща техния модел на проектиране на приложения и използване само на продукти и езици съвместими с Windows, докато web услугите, както многократно беше казано, използват стандартни технологии и могат да се имплементират от приложения работещи на всякакви платформи. Затова е по-удачно подхода към създаването на интерфейсия компонент да бъде чрез използването на web услуги.

Извикването на методите на интерфейсия компонент на мениджъра на устройства става по стандартния за web услугите начин. Той предлага съвкупност от методи, които всъщност обвиват тези от обекта “сървър”, като не позволяват те да бъдат извиквани директно от други приложения от съображения за сигурност. Интерфейсният компонент се свързва със сървърния, използвайки технологията .NET Remoting, както е показано на фиг. 1.5. Както беше казано и преди, използването на .NET Remoting се налага, тъй като двата компонента - сървърния и интерфейсия - на практика са две различни приложения, намиращи се в отделни AppDomain-и, според терминологията на .NET Framework-a. В такъв случай директното извикване на методите на единия компонент от страна на другия е невъзможно най-малкото, защото операционната система не би го позволила.

При използване на .NET Remoting, двете комуникаращи страни се разделят на страна клиент и страна сървър. Клиентът е приложение, което извиква методи на отдалечен обект (remote object) сървър. В случая обектът клиент е интерфейсният компонент, по-специално ASP .NET web услугата, а обектът сървър е сървърният компонент на мениджъра на устройства. Преди обаче да бъде осъществена каквато и да е комуникация, сървърният обект трябва да определи, т.е да се направи съответната конфигурация, по какъв канал ще си комуникира с клиента, на кой адрес и порт, времето му на живот и какъв тип ще бъде. Тази информация е необходима, за да може по-късно обектът клиент да адресира правилно заявките си за извикване на методи от обекта сървър. Конфигурацията може да бъде зададена, както програмно, чрез съответните класове на .NET Framework, така и чрез специален XML файл, където тя да се опише.

Съществуват два възможни канала за комуникация между обекта клиент и обекта сървър – по TCP/IP и по HTTP. Тоест, съобщенията и данните, които двете страни си обменят, автоматично се сериализират и десериализират в един от двата протокола и се предават вътрешно за машината, използвайки вградения в операционната система стек за съответния протокол. Изборът на един от двата зависи от конкретните изисквания на приложението. В

случая аз избрах TCP/IP. На сървърния обект трябва да бъде фиксиран TCP адрес и порт, на който по-късно клиентът ще може да го достигне. Адресът представлява сбор от името на асемблито, на приложението плюс името на класа и именованото пространство (namespace), в което той се намира. В .NET Remoting сървърните обекти могат да бъдат два вида – клиентски активирани (client activated objects - CAO) и сървърно активирани (server activated object - SAO). Сървърните обекти, които ще бъдат достъпни за отдалечения клиент, се регистрират в remoting системата, като такива, но реално се създават при първата клиентска заявка за достъп до тях ако са от втория вид или когато клиента извика оператора New или Activator обекта, ако са от първия вид. Освен това, сървърните обекти могат да бъдат от тип *Singleton* или *SingleCall*. Обектите от първия тип винаги имат една инстанция, която обслужва заявките на клиентите, докато тези от втория тип имат по една своя инстанция за всяка клиентска заявка. Друга важна опция, която трябва да се зададе при конфигурацията на сървърния обект, е времето му за живот. Това време почва да се отчита в момента на активирането (клиентски или сървърно) на обекта, като след изтичането му всички указатели към него се унищожават, той се отрегистрира от remoting системата и вече може да бъде събран от системата за събиране на боклука в .NET. В случая, сървърния обект на мениджъра на устройствата е сървърно активиран обект от тип *Singleton*, времето му на живот е безкрайно, а конфигурацията му е зададена програмно в конструктора на приложението windows услуга.

След като сървърният обект е конфигуриран правилно, той вече може да бъде достигнат от обекти клиенти. За целта клиентският обект, желаещ да ползва методите на сървърния, трябва да зададе абсолютно точно адреса дефиниран в конфигурацията на сървърния обект, иначе remoting системата няма да може да го идентифицира и комуникацията няма да се осъществи. В интерфейския компонент тази конфигурация се инициализира при настъпването на събитието OnStart() на web услугата. Така, при получаване на първата заявка към услугата, връзката между обекта клиент и обекта сървър ще се осъществи и след това обработката на всяка следваща заявка ще става по вече изградения канал, без да е необходимо той да се създава и да се унищожават всеки път. Ако всичко по настройките е правилно, в remoting системата се регистрират обект клиент и обект сървър, като в първия се създава така наречения проху клас, който е локално огледално копие на сървърния обект. Така методите на сървърния обект могат да се викат от клиентския все едно са част него, но на практика там има само указатели към методите на сървърния обект, управлявани от remoting системата. Това е така, защото сървърния обект на мениджъра на устройствата е конфигуриран да бъде използван като обект, към чийто

методи трябва да се обръщаш по адрес (Marshal By Reference object), а не по стойност. Когато обръщението е по стойност, сървърният обект се копира изцяло в клиентския и заявките към него се обслужват от локалното копие. При заявка за изпълнение по адрес към някой от методите на проху класа, .NET remoting системата приема тази заявка, пренасочва я по предварително избрания канал към сървърния обект, той я изпълнява и връща резултата от изпълнението към клиента по същия този канал, т.е заявката се обслужва от инстанция на обекта в сървърната страна.

1.6.4. Проектиране на базата данни

Базата данни, част от приложението мениджър на устройства, е мястото където се съхранява цялата информация, необходима за функционирането на системата за КУПС като цяло, не само на мениджъра на устройства. Тази информация включва следните категории данни:

- данни изпратени от устройствата (GPS координати, настъпили събития, състояние на входовете и изходите) – съхранявани съответно в таблици ***GPSRecords*** и ***PinData***
- данни за самите устройства (уникален номер на устройството, GSM номер, GSM пин код и т.н) - съхранявани в таблица ***GPSDevices***
- данни за автомобила (марка, модел, регистрационен номер и т.н) – съхранявани в таблица ***GPSDevices***
- данни за клиентите и потребителите (име, парола, фирма, ниво на достъп и т.н) - съхранявани съответно в таблици ***Custommer*** и ***Users***.
- данни с описание на
 - каналите за обмен на информация през GSM мрежата, които устройството използва – таблица ***Channels***
 - точките за достъп на GPRS средата (APN - Access Point Name) – таблица ***APN***
 - разрешените GSM номера за рапорт - таблица ***GSMNumbers***
 - нивата на достъп на всеки потребител - таблица ***Access Level***

- вида на сигнала, който даден вход на устройството измерва - таблица *PinNames*

Повече информация за таблиците, данните в тях и как са организирани тези данни може да се прочете в глава 4, в точката с описание на имплементацията на базата данни.

Изборът на алгоритъм за съхраняване и обработка на данните е жизнено важен при създаването на база данни. MySQL поддържа два от най-използваните алгоритъма – InnoDB и MyISAM. Като всяко нещо, те си имат предимства и недостатъци и изборът на един от тях зависи от конкретното предназначение на базата данни и изискванията към нея. Също така те позволяват да бъдат прецизно конфигурирани, с цел да паснат още повече на нуждите на системите, където са използват. В случая InnoDB беше избран, като основен алгоритъм за съхранение на информация в базата данни на мениджърът на устройства, главно заради неговата висока производителност и същевременно малкото процесорно време и мощ, което изисква. Това е може би най-бързият алгоритъм за съхранение и обработка в релационните бази данни в момента, способен да поема натоварвания от порядъка на 800 заявки за вмъкване/обновяване (insert/ update) в секунда. Вероятността мениджърът на устройства да се натовари до такава степен е много голяма, тъй като той трябва да е способен да управлява до 1000 устройства едновременно и базата данни не трябва да прави изключение в това отношение.

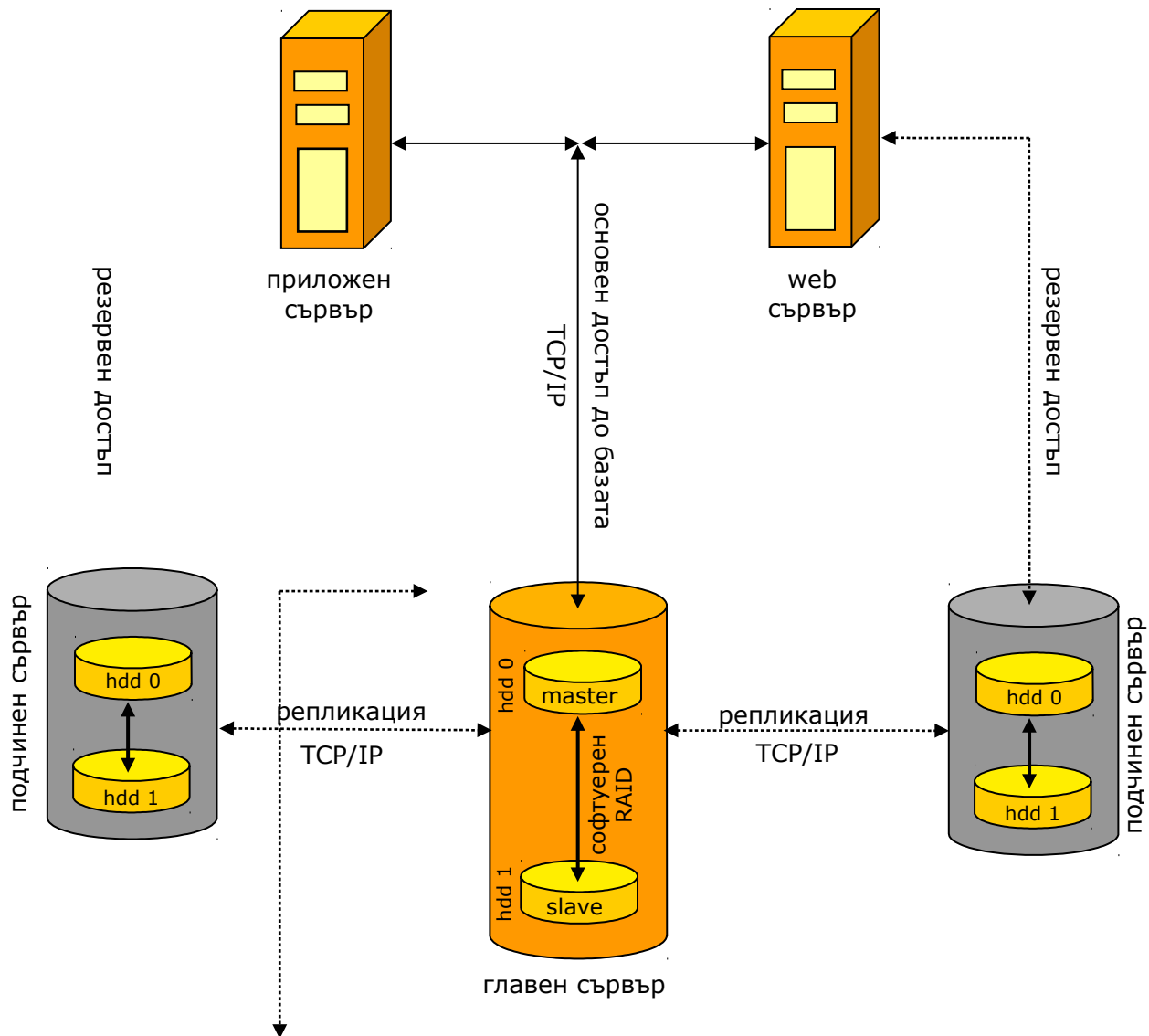
Също така, базата данни трябва да е в състояние да съхранява данните на всички 1000 устройства за период от максимум 30 дни. При средна големина на едно съобщение, съдържащо GPS данните от 80b и при средна честота на рапорт на позицията 15 сек., това прави около 13 GB данни генерирани от 1000 устройства и събирани от само един от приложните сървъри, които трябва да могат да се съхраняват в базата. На практика InnoDB няма ограничение, за максималния размер на таблиците, докато MyISAM алгоритъмът има такова от 4GB на таблица. Следователно, InnoDB покрива всички изисквания на нашето приложение и е заслужилият победител при избора на алгоритъм за съхранение и обработка.

За да се съхраняват данните максимум 30 дни в базата, трябва също така да се проектира метод, с който тези данни да се изчистват от там след изтичане на този срок. Тъй като сървърът с базата данни е физически отделна машина е по-сложно този метод да се проектира като част от сървърния или интерфейсия компонент. Затова този метод е реализиран като отделно приложение от тип windows услуга, което се изпълнява директно на сървърната машина. Приложението е настроено на всеки 1 час да сканира таблицата със записите за позицията на

даден автомобил и да премахва всеки запис, чиято дата на вмъкване е по-стара от 30 дни спрямо сегашната. Фактът, че се изпълнява като windows услуга, му позволява да заема минимум системни ресурси и по-този начин да не пречи на нормалната работа на базата данни.

Друг важен проблем, който трябва да бъде решен при създаването на база данни, е как да се запази нормалната работа на системата и данните в базата ако цялата машината или част от нея (например твърд диск) спре да функционира по някаква причина. В мениджъра на устройства този проблем е решен чрез използването на репликация (replication) на базата данни и софтуерен RAID между дисковете. Репликацията на база данни е възможност за поддържане на резервно копие на данните в главната машина в реално време, чрез динамичното им копиране в друга машина, която се явява огледално копие на главната. За целта едната машина се обявява за главна и всички приложения работят само с нея, а другата, съдържаща резервното копие, за подчинена, като броят на подчинените машини може да бъде повече от един. Записите, които се добавят към таблиците в главната база данни, автоматично се добавят и към таблиците на подчинените машини.

Ако се случи главната машина да откаже и да спре работа, то някоя от подчинените машини веднага става главна и поема работата, без да спира нормалното функциониране на системата. След като повредената машина бъде поправена, тя отново може да бъде пусната в действие (но като подчинена машина тъй като за главна вече е обявена тази, която е поела работата в момента, в който тя се е повредила) като, след включването ѝ към системата MySQL, автоматично ще добави в нейните таблици записите, които са попълнени през времето, в което тя е била извън строя. Използването на репликация позволява подчинените машини да се намират дори на физически отдалечено място от главната машина, като по този начин, се предотвратяват възможните сривове на системата, предизвикани например от спиране на електрическото захранване в цялата сграда.



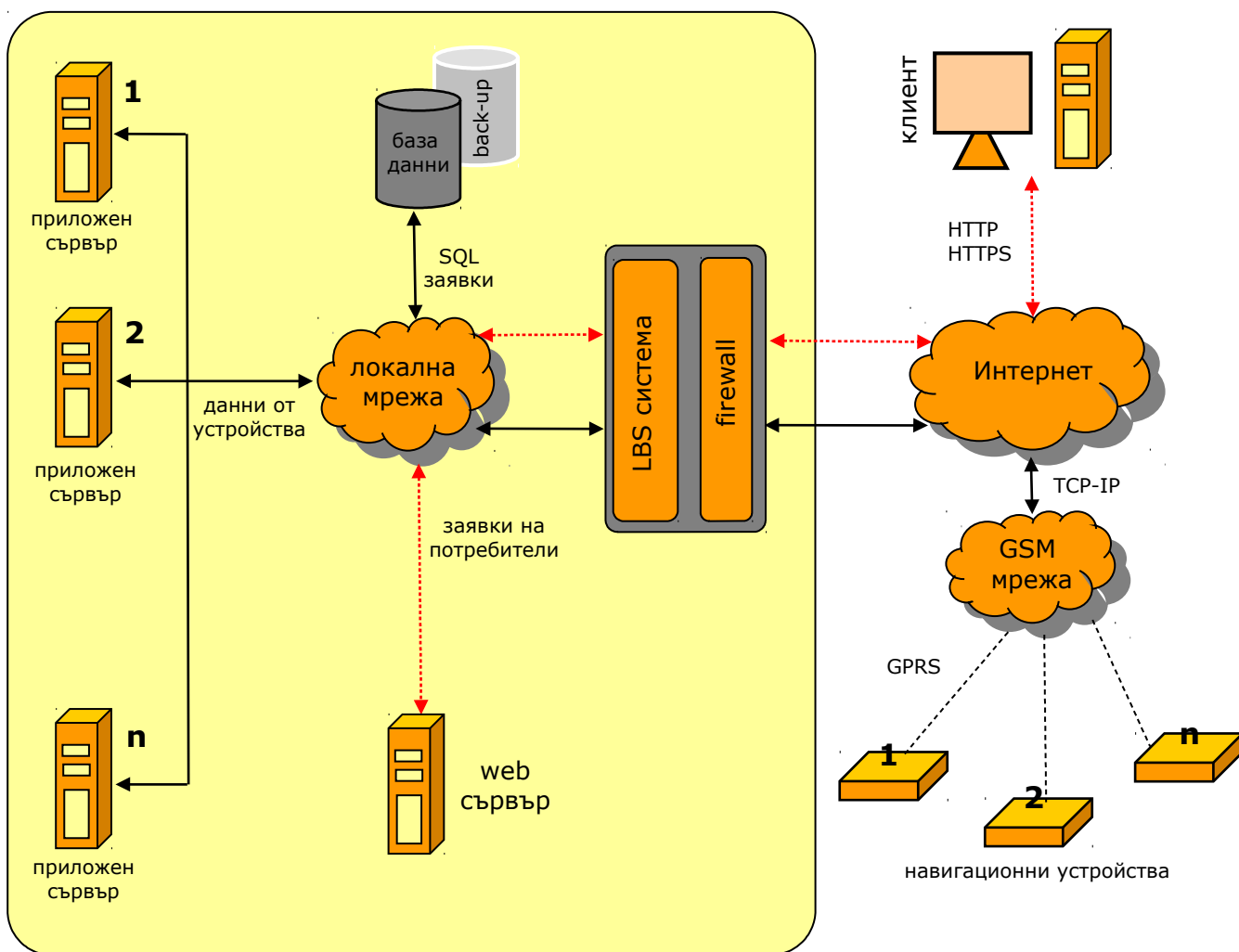
Фиг. 1.4. Реализация на репликацията в базата данни на МУ

Като двойна защита от опасността от загуба на данни при повреда на машината, на която работи базата към нея е добавена поддръжка и за така наречения софтуерен RAID. Той се реализира, като към самата машина се добавя един подчинен твърд диск, на който Windows XP Server софтуерно поддържа огледално копие на главния. Тоест, когато някакви данни се добавят към главния диск, те автоматично се добавят на същото място и на подчинения. Ако главният диск спре да работи, функциите му веднага се поемат от подчинения без да се предизвиква срив на системата, тъй като информацията на подчинения е идентична с тази на главния.

1.6.5. Проектиране на инфраструктурата

Последният етап от проектирането на приложението “мениджър на устройства” е проектирането на необходимата му инфраструктура. Тъй като мениджъра на устройства е не просто приложение, изпълняващо се на дадена машина, а подкомпонент на една по-голяма система, то неговото нормално функциониране зависи и от други нейни елементи, които трябва да се организират и свържат по съответен начин. Под инфраструктура на системата се има предвид точно това – как са свързани, по какъв начин комуникират, по какви протоколи и какви данни обменят различните компоненти на мениджъра на устройства, като приложни сървъри, база данни, клиенти, навигационни устройства и т.н.

На фиг. 1.7. е показано как компонентите на цялата система **Follow Me on the Web** са свързани по между си.



Фиг. 1.5. Инфраструктурна организация на мениджъра на устройства

Навигационните устройства изпращат своите данни по GPRS канала на GSM мрежата, които след това се пакетират в TCP/IP протокол и през Интернет достигат до някой от приложните сървъри на системата. Преди да достигнат до самия приложен сървър, данните преминават през два етапа. Първо трябва да минат през проверката на firewall-а на локалната мрежа. Ако не успеят, заявката им за връзка или данните им се игнорират и TCP сесията с тях се затваря, а ако успеят достигат до така наречената система за балансиране на товара (LBS) на мениджъра на устройствата. Това всъщност е програма, използваща специален алгоритъм за разпределение на заявките на потребителите, когато има няколко машини за обслужването им, с цел всяка една машина да бъде оптимално натоварена. В случая заявките на потребителите са заявките за връзка и данните на навигационните устройствата, а машините, които ги обслужват са приложните сървъри, на които се изпълнява мениджъра на устройствата.

Тъй като всеки един приложен сървър има капацитет от максимум 1000 едновременни TCP сесии, когато броят на устройствата обслужвани от системата стане по-голям от общия капацитет на всички приложни сървъри работещи в момента, се налага добавянето на нова машина към системата, която да работи като приложен сървър. В такъв случай може да настъпи ситуация, в която всички или повечето от заявките се обслужват от една от машините, докато останалите през това време бездействат и създават предпоставки за претоварване или отказ на системата. Затова се налага използването на система за балансиране на товара. Съществуват няколко доста сложни и мощни алгоритъма за балансиране на товара, използвани в някой от най-големите Интернет сайтове и системи в света, които разпределят натоварването в зависимост от моментната заетост на всяка една машина в системата. За нашите цели обаче не ни е необходимо толкова прецизно балансиране и затова е използван прост алгоритъм наречен Round Robin. Чрез него всяка следваща заявка за връзка от дадено устройство се пренасочва към следващия поред приложен сървър в системата, без да се отчита индивидуалната натовареност на машините или на системата като цяло. Например, гледайки фиг. 1.7, ако една заявка за връзка се обслужи от приложен сървър N1, то следващата ще бъде пренасочена за обслужване към приложен сървър N2, последващата към приложен сървър N3 и т.н. Ако даден сървър, към който се пренасочва текущата заявка, е достигнал капацитета си, то тази заявка се препраща последователно към следващия поред, докато се достигне сървър, който може да я обработи. Ако такъв не се намери, то заявката се отхвърля след като и последния поред сървър заяви, че не може да я обслужи. Това

наглед просто балансиране, дава много добри резултати и задоволява изцяло нуждите на системата в сегашния ѝ вид.

Както се вижда от фиг. 1.7, всички машини от системата са свързани чрез локална мрежа и комуникират по TCP/IP протокол по между си. Web сървърът, отбелязан там, е машината, която обслужва заявките от клиентските Интернет браузъри. Тези заявки идват по стандартния HTTP протокол, но ако се обменя секретна информация, като например потребителско име и парола, се използва криптирания му вариант – HTTPS. Това е и машината, която комуникира с МУ през интерфейския му компонент и генерира заявки за изпращане на команди към някое устройство. Тъй като web сървърът и приложението, което се изпълнява на него, са извън темата на настоящият дисертационен труд, няма да се впускам в детайлно описание на това как той работи. Въпреки това, описвайки инфраструктурата на системата, трябва да се спомене и неговото място в нея, в противен случай схемата на фиг. 1.7 не би имала смисъл.

Базата данни също комуникира по TCP/IP протокол с всички останали компоненти, като изпълнява стандартни SQL заявки изпратени от някой от тях. Както подробно описах в предходната точка, тя се изпълнява на отделна машина ползвайки MySQL, като сървър за база данни и включваща две нива на подsigуряване от загуба на информация и следователно сшив на системата.

1.6.6. Разработки на МПС на навигационни цифрови системи за управление на коли

През периода 2005г.- 2007г. в във фирма Мултипроцесорни Системи ООД, са създадени специализирани цифрови системи за управление на коли на база стандартни микро процесори. Устройствата са част от системата описана в гл.1. на дисертацията.

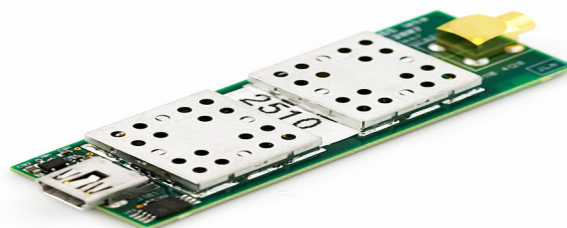
Дисертанта е участвал в тези проекти на МПС главно чрез разработката на програмно осигуряване за тези цифрови системи.

Например, микро-процесор TI MSP430 вграден в устройство за проследяване на автомобили MPS U1 (фиг. 1.8). Разработения софтуер управлява GPS модул uBlox TIM4A, GSM модул Motorola G20 и 10 бр. аналогови входа и 2 бр. цифрови изхода. Данните за местоположение, скорост и посока от GPS модула, както и състоянието на аналоговите вх/изх се изпращат през GSM/GPRS мрежата към системата описана в гл. 1.



Фиг. 1.8 Модул GSM-GPS

През 2006 г. авторът на дисертацията участва в оживяването на GPS приемник използващ чип SE4110 на SiGE Electronic, с цел запис на суров сигнал и послеващото му анализиране, (фиг. 1.9).



Фиг. 1.9 GPS приемник

През 2007 г. в МПС се разработва устройство за проследяване и навигация на автомобили модел MPS U3 (фиг. 1.10), работещо под ОС Линукс с процесор Cirrus Logic EP9307. Разработения от докторанта софтуер управлява GPS модул uBlox TIM4A, GSM модул Motorola G20 и 16бр. аналогови входа и 8бр. цифрови изхода, има вграден 100Mb Ethernet порт, 3 USB 2.0 портове, вграден аудио изход и управлява LCD екран 7", чувствителен на допир.



Фиг. 1.10 Устройство за проследяване и навигация на автомобили

1.7. Изводи по глава 1

1. Предложено е приложение, мениджър на устройства - комплексна система за автоматизиране на комуникацията между централна компютърна система и неограничен брой навигационни устройства, които използват мрежата на мобилен оператор, като преносна среда за данни.
2. Дизайнът и програмната реализация, на мениджъра на устройства е изключително гъвкав, създаден чрез стандартни широко използвани технологии, предлага лесен и бърз начин за интегриране на нови модели навигационни устройства към системата, в която работи и може лесно да бъде интегриран във вече съществуващи такива системи.
3. Предлага се комуникацията да се осъществява чрез GPRS протокола, който предлага много по-високи скорости при преноса на данни, постоянна свързаност с отдалечената страна, TCP/IP протокол за комуникация, което позволява вграждането на нови възможности в навигационните устройства и предоставяне на нови услуги на потребителите, например контрол на целия автомобил и управление, от която и да е точка в света, използвайки обикновен web браузър.
4. Във фирма МПС, за нуждите на реализираната от тях Web базираната услуга наречена **Follow Me on the Web**, с участието на дисертанта бяха разработени и оживени в периода 2005 – 2007 г, редица изчислителни среди за цифрова сигнална обработка с използването на GPS системи с различно приложение, за което има и необходимите документи приложени в дисертацията.

ГЛАВА II. Методи и алгоритми за откриване на цели, използвайки сенките на целите облъчени от GPS сигнали

В главата се разглеждат процесите на настройка на софтуерен GPS приемник, с цел получаване на навигационни сигнали от GPS сателити. Тази система ще се използва за провеждане на различни експерименти и събиране на база от записи на GPS сигнали.

Описват се и предлаганите от екипа на Софийския Университет и УниБИТ подходи и алгоритми за автоматично съвместно откриване и оценяване на параметрите на подвижни и неподвижни цели, използвайки GPS сигнали при бистатична конфигурация на приемника и предавателя, в условията на поява на ефекта на разпространение на сигналите напред.

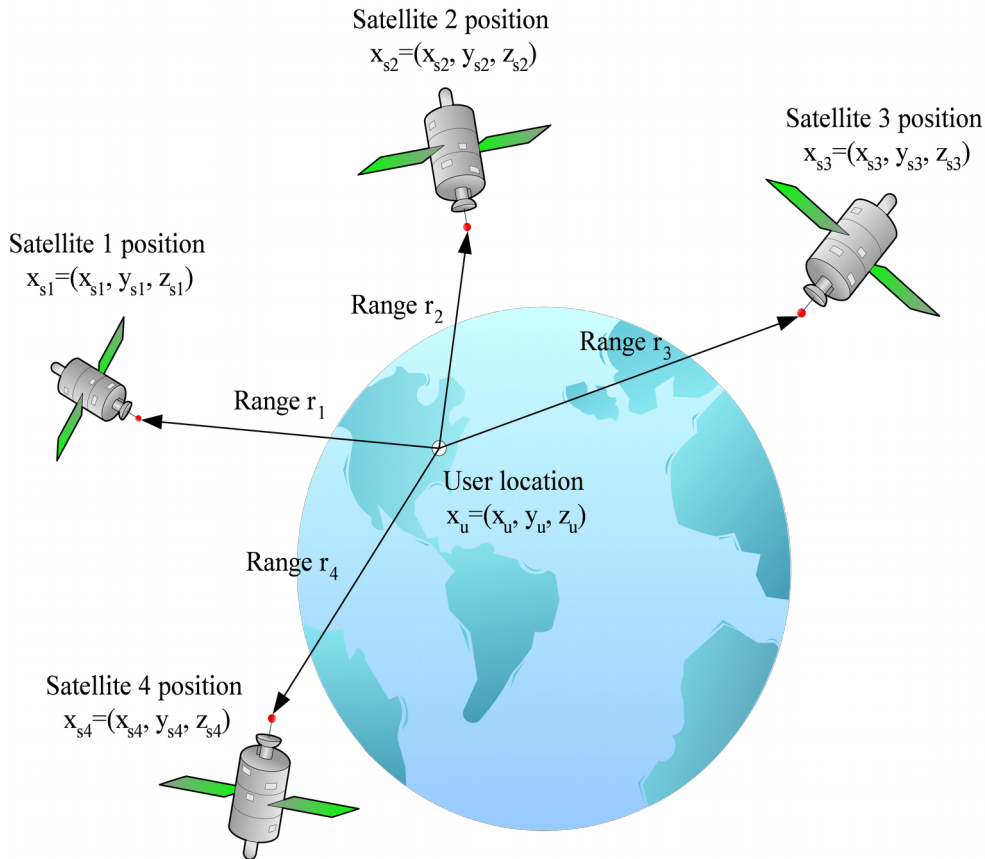
Изследваните в дисертационния труд алгоритми за откриване на подвижни наземни и летящи цели са тествани върху получените реални GPS сигнали, проведени в различни ситуации и с различни обекти. Алгоритмите са много перспективни и могат да намерят приложение в редица устройства за откриване и оценка на параметри и класификация на подвижни наземни и летящи цели.

2.1. Основни принципи на работа на GPS приемник

Повече от 20 години изминаха от появата на първия GPS приемник на пазара. Оттогава развитието на приемника измина дълъг път. Първите приемници са били базирани на аналогова сигнална обработка, като са използвали микропроцесори само за приложните изчисления [85]. Разбира се, широкото използване на аналогови елементи беше причината за големите размери и голямата консумация на приемниците. Когато бяха изстреляни GPS спътниците от Фаза II, цялата аналогова сигнална обработка беше заменена с микропроцесори и някои допълнителни интегрални схеми.

Съвременните стандартни GPS приемници са базирани на ASIC (Application-specific integrated circuit) - специализирани интегрални схеми за сигнална обработка и бързи микропроцесори за приложни изчисления. Най-голямото достойнство на ASIC,

при използването им за сигнална обработка, е тяхната ефективност. Техният недостатък, обаче, е цената за препроектирането на системата. Една ASIC не може да бъде лесно препрограмирана като микропроцесора. Ето защо една система, която съдържа ASIC трябва да бъде препроектирана, което изисква много ресурси за правенето на нови версии на ASIC. Появата на софтуерен приемник коренно променя нещата [2, 3, 106-114].



Фиг. 2.1 GPS конфигурация

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \sqrt{(x_{s1} - x_u)^2 + (y_{s1} - y_u)^2 + (z_{s1} - z_u)^2} + c \cdot \Delta t \\ \rho_2 &= \sqrt{(x_{s2} - x_u)^2 + (y_{s2} - y_u)^2 + (z_{s2} - z_u)^2} + c \cdot \Delta t \\ \rho_3 &= \sqrt{(x_{s3} - x_u)^2 + (y_{s3} - y_u)^2 + (z_{s3} - z_u)^2} + c \cdot \Delta t \\ \rho_4 &= \sqrt{(x_{s4} - x_u)^2 + (y_{s4} - y_u)^2 + (z_{s4} - z_u)^2} + c \cdot \Delta t \end{aligned}$$

(2.1)

Най-общо, главното предимство на софтуерния GPS приемник е именно възможността за препроектиране на ниска цена. Софтуерният GPS приемник, за

разлика от традиционния приемник, изпълнява всички операции в програмируем микропроцесор, което прави системата много гъвкава. В софтуерния GPS приемник тази гъвкавост е много полезна, когато трябва да се изпитват различни алгоритми, както и в случаите на промяна на GPS сигналите. В близко бъдеще промяната на GPS сигналите ще включва друга носеща честота за пренасяне на данните, L честотен диапазон. Освен това, софтуерният GPS приемник е по-гъвкав при адаптацията на цялостния приемник към очакваните в близко бъдеще сигнали на системата Галилео.

Софтуерният GPS приемник се разработва от близо десет години [25, 60]. Едва в последните години, достатъчно нарасналата изчислителна мощност на микропроцесорите или персоналните компютри, даде възможност да се реализира цялостен приемник, който може да работи в реално време. Необходимо е много добро познаване на структурата на GPS сигналите и техните свойства, за да може да се извлече пренасяната информация. Второ, необходимо е да се изследват различните методи, необходими за извличането на информацията от GPS сигналите. Най-накрая, извлечената информация трябва да бъде обработена по подходящ начин, за да предостави на потребителя позицията на GPS приемника. Изобщо, работата със софтуерния GPS приемник включва почти всички основни аспекти на Глобалната Система за Позициониране (GPS) [33-37, 39-43, 56-61, 76-88, 100-105, 115-119].

За нагледност на следващата фигура е показано схематично определянето на позицията на потребителя на базата на 4 видими спътника.

2.1.1 GPS Сигнали на система NAVSTAR

Структура на сигнала.

GPS сигналите се излъчват в две радио честоти в УВЧ диапазон. Тези честоти са известни като L1 и L2 и се базират на обща честота 10.23 MHz:

$$\begin{aligned}f_{L1} &= 154f_0 = 1575.42\text{MHz} \\f_{L2} &= 120f_0 = 1227.6\text{MHz}\end{aligned}\tag{2.2}$$

Сигналят може да бъде разделен на следните три части:

Носеща: Носещата вълна с честота f_{L1} или f_{L2} .

Навигационни данни: Навигационните данни съдържат информация за орбитите на сателита. Тази информация се излъчва до всички сателити от наземните станции на GPS Сектора за Управление. Тези данни имат скорост 50bps.

Разпръсната последователност (Spreading sequence): Всеки сателит има две уникални разпръснати последователности или кода. Първият от тях е грубият захващащ код (coarse acquisition code - C/A), а другият е шифрвания прецизен код (precision code- P(Y)). C/A кода е последователност от 1023 чипа. (Един чип съответствува на 1 бит. Просто се нарича чип, за да се подчертае, че не носи никаква информация). Кодът се повтаря на всеки 1ms, предавайки с честота на чипа (chipping rate) 1.023 MHz. Кодът P е по-дълъг код ($\sim 2.35 \times 10^4$ чипа) с chipping rate 10.23MHz. Той се повтаря всяка седмица, започвайки от началото на GPS седмицата. Кодът C/A е модулиран само върху носещата L1, докато кодът P(Y) е модулиран и върху двете носещи L1 и L2. В т.2.3. е описано генерирането, както и свойствата на разпръснатите последователности.

PRN последователности

В тази точка са описани разпръснатите последователности (spreading sequences), които се използват в GPS. Ще бъдат описани само C/A кодовите последователности, тъй като в дисертационния труд се занимава само с L1 сигнали. Разпръснатите последователности, използвани като C/A кодове, принадлежат към една много забележителна фамилия последователности. Те са известни често като Голд кодове, тъй като са били открити през 1967 година от Р.Голд [55]. Известни са също като псевдослучайни шумови последователности или просто като PRN последователности, което се дължи на техните характеристики.

Генерирането на Голд кодовете е скицирано на фиг. 2.2. Както се вижда от фигурата, генераторът на C/A код се състои от два изместващи регистри (shift registers) известни като G1 и G2. Всеки от тези изместващи регистри има по 10 елемента, като генерира последователности с дължина 1023. Така получените две последователности, всяка с дължина 1023 чипа, се сумират по модул 2, за да генерират C/A код с дължина 1023 чипа.

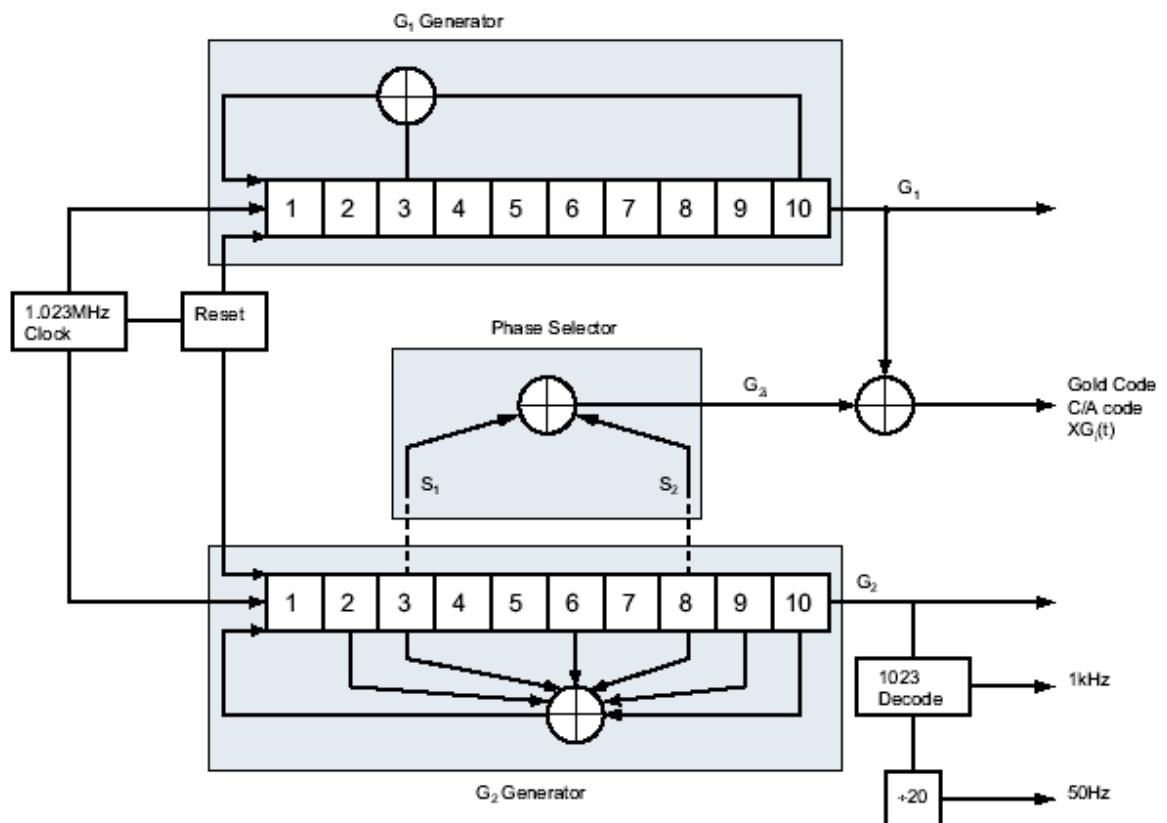
На всеки 1023-и период shift регистрите се нулират, така кодът се стартира отново. G1 винаги има конфигурация на обратна връзка, която осигурява следния полином:

$$1 + X^3 + X^{10} \quad (2.3)$$

Това означава, че елемент трети и елемент десети имат обратна връзка към входа.

По същия начин, регистър G2 има следния полином:

$$1 + X^2 + X^3 + X^6 + X^8 + X^9 + X^{10} \quad (2.4)$$



Фиг. 2.2

За да се направят различни C/A кодове за сателитите, изходите на двата преместващи (shift) регистри са комбинирани по много специален начин. Регистър G1 винаги подава своя изход, но регистър G2 сумира два от елементите си по модул две за да формира своя изход. Изборът на елементите за сумиране по модул две се нарича фазова селекция. Дадената по-долу таблица показва комбинациите от фазови селекции за всеки C/A код. Показани са също първите 10 чипа от всеки код в октално

представяне (осмичен вид). Трябва да се отбележи, че само първите 32 от всичките възможни 37 кода се използват като C/A кодове за сателитите. Останалите 5 кода са запазени за други приложения, например, наземни предаватели (псевдолити).

Satellite ID Number	GPS PRN Signal Number	Code Phase Selection (G2)	Code Delay Chips	First 10 Chips Octal
1	1	2⊕6	5	1440
2	2	3⊕7	6	1620
3	3	4⊕8	7	1710
4	4	5⊕9	8	1744
5	5	1⊕9	17	1133
6	6	2⊕10	18	1455
7	7	1⊕8	139	1131
8	8	2⊕9	140	1454
9	9	3⊕10	141	1626
10	10	2⊕3	251	1504
11	11	3⊕4	252	1642
12	12	5⊕6	254	1750
13	13	6⊕17	255	1764
14	14	7⊕8	256	1772
15	15	8⊕9	257	1775
16	16	9⊕10	258	1776
17	17	1⊕4	469	1156
18	18	2⊕5	470	1467
19	19	3⊕6	471	1633
20	20	4⊕7	472	1715
21	21	5⊕8	473	1746
22	22	6⊕9	474	1763
23	23	1⊕3	509	1063
24	24	4⊕6	512	1706
25	25	5⊕7	513	1743
26	26	6⊕8	514	1761
27	27	7⊕9	515	1770
28	28	8⊕10	516	1774
29	29	1⊕6	859	1127
30	30	2⊕7	860	1453
31	31	3⊕8	861	1625
32	32	4⊕9	862	1712
-	33	5⊕10	863	1745
-	34	4⊕10	950	1713
-	35	1⊕7	947	1134
-	36	2⊕8	948	1456
-	37	4⊕10	950	1713

Фиг. 2.3

Корелационни свойства

Както беше споменато по-рано, Голд кодовете са избрани като разпръснати последователности за GPS сигналите, поради техните характеристики. Най-важните характеристики на C/A кодовете са техните корелационни свойства.

Накратко, двете важни корелационни свойства на C/A кодовете могат да се формулират по следния начин:

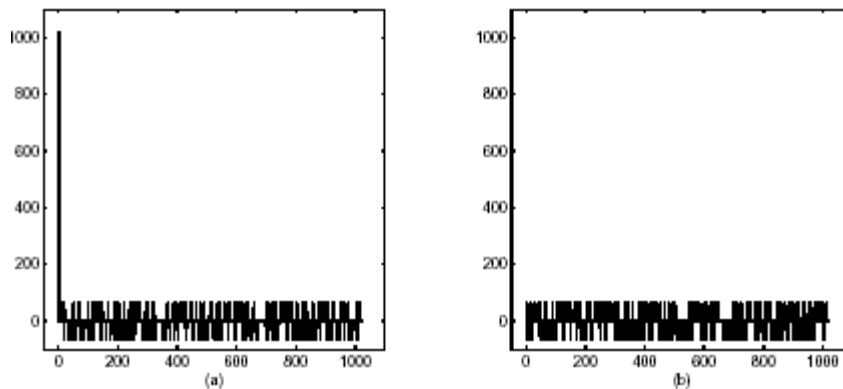
Ниско ниво на крос-корелация: Всички C/A кодове са почти некорелирани един с друг. Ето защо, за два кода C^i и C^k на сателити i и k , крос-корелацията може да бъде записана така:

$$R_{ik}(n) = \sum_{l=0}^{1022} C^i(l) \cdot C^k(l+n) \approx 0, \text{ for all } n \quad (2.5)$$

Почти липса на корелация с изключение на нулевото закъснение: Всички C/A кодове са почти некорелирани със себе си, освен за нулево закъснение. Това свойство дава възможност лесно да се открие кога два подобни кода са подредени така, че да съвпадат перфектно. Автокорелационното свойство на сигнала на сателит k може да бъде описано така:

$$R_{kk}(n) = \sum_{l=0}^{1022} C^k(l) \cdot C^k(l+n) \approx 0, \text{ for } |n| \geq 1 \quad (2.6)$$

Долната фигура показва един пример на авто- и крос-корелационните свойства на C/A кода. Както беше предсказано, фигурата показва висока корелация за фазова разлика 0, когато корелацията е със самия себе си и ниска корелация, когато се корелира с друг C/A код.



Фиг. 2.4

Автокорелацията показана на горната фигура има пик :

$$R_{kk,peak} = 2^n - 1 = 1023 \quad (2.7)$$

където n е броят на елементите (състоянията) на преместващите регистри.

В този случай, $n=10$.

Останалите стойности удовлетворяват следните неравенства:

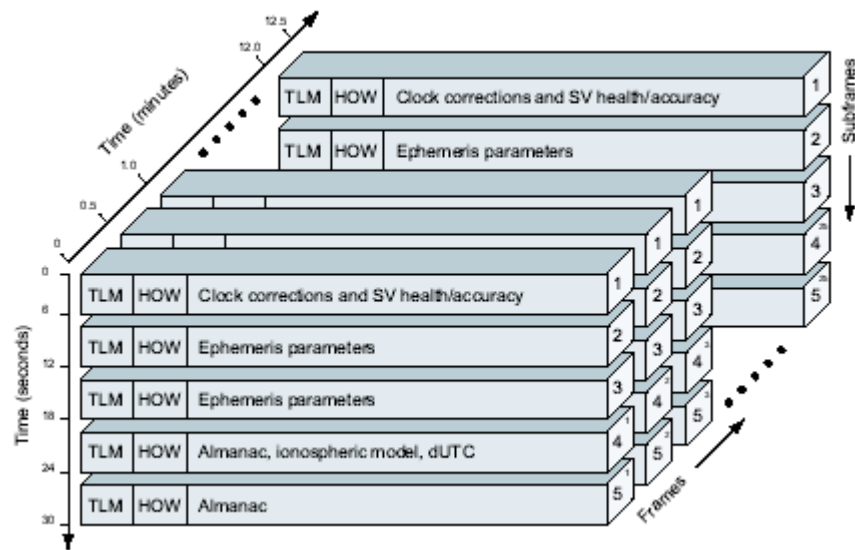
$$|R_{kk}| \leq 2^{(n+2)/2} + 1, \quad |R_{kk}| \leq 65 \quad (2.8)$$

Крос-корелацията на фиг. 2.4. (b) също удовлетворява горното неравенство .

Навигационни данни

Навигационните данни се излъчват на честота L1 със споменатата по-горе скорост 50bps. В този раздел ще бъде описана структурата и съдържанието на навигационните данни. На следващата фигура е показана цялостната структура на едно пълно навигационно съобщение [79].

Базовият формат на навигационните данни е един фрейм (frame) –цикъл с дължина 1500 бита, който съдържа 5 суб-фрейма (подцикъла), всеки с дължина 300 бита. Един суб-фрейм съдържа 10 думи, всяка с дължина 30 бита. Суб-фрейми 1,2 и 3 се повтарят във всеки фрейм. Последните суб-фрейми 4 и 5 имат 25 различни версии, известни като страници от 1 до 25. Излъчването със скорост 50bps на един суб-фрейм продължава 6s, на един фрейм- 30s, на едно цялостно навигационно съобщение – 12.5min.



Фиг. 2.5.

2.1.2. Антенна система

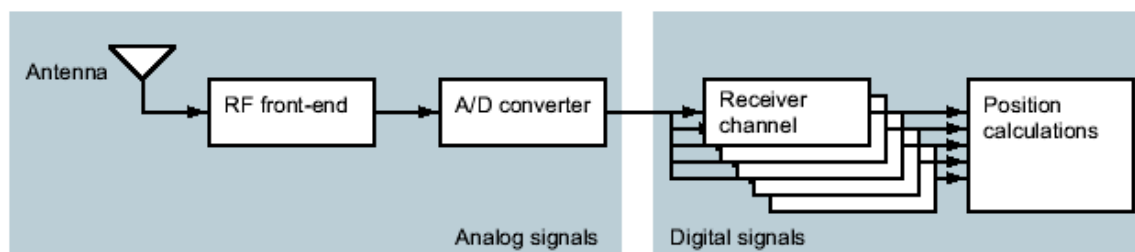
В дисертационния труд се използва антенна система с технически характеристики които са: усилване в точката на зенита над 5dB и съответно подтискане на сигналите извън диаграмата на антената с над 3dB (виж диаграмата на антенния патч по-долу). Честотната лента на антената позволяват едновременно да се приема полезния сигнал в значително по-широка лента от неговата собствена, за да се избегнат всякакви изкривявания и да се постигне известно предимство с т.н. over sampling и от друга страна да се подтискат ефективно извънлентови смущения на навигационните сигнали.

Characteristics	Specification	unit
Outline Dimension	25×25×4	mm
Ground Plane	70×70	mm
Center Frequency	1581.0±2	MHz
Bandwidth (under -10dB return loss)	15 min	MHz
VSWR	1.5 max	
Impedance	50	Ω
Polarization	RHCP	
Gain @Zenith @10°Elevation	+5 typical -1 typical	dBic dBic
Axial Ratio	1 typical	dB
Frequency Temperature Coefficient	20 max (@-40°C~85°C)	ppm/°C

Фиг. 2.6.

С тези свои характеристики антената за GPS отговаря напълно на поставените изискванията за усилване, режекция на интерференция извън честотния диапазон и от долната полусфера на приемане. Физически антената (патч и усилвател) е поместена в тяло, позволяващо работа при работни атмосферни условия.

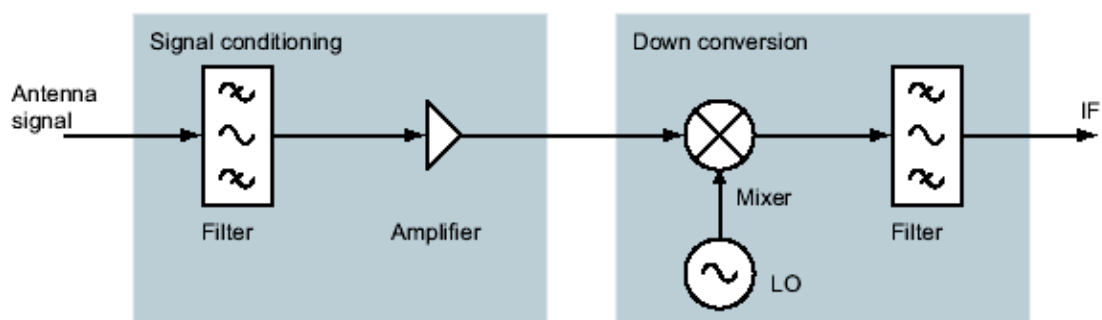
2.1.3. Приемна система



Фиг. 2.7 базова структура на приемника

Радиочестотен блок за предварителна обработка (RF Front-end)

RF Front-end е блок, който подготвя аналоговия сигнал за дискретизация (цифроване) в аналогово-цифровия преобразовател - АЦП. Показаният на следващата фигура радиочестотен блок съдържа две основни функционални стъпала, подготовка на сигнала (предусилвател - филтър) и преобразуването му на по-ниска честота.

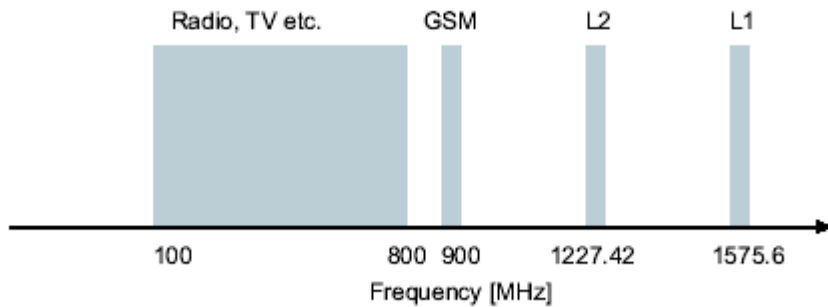


Фиг. 2.8

Подготовка на сигнала (signal conditioning)

Главната цел на блока за подготовка е да отстрани компонентите на интерфериращия сигнал. Методът за отстраняването на смущаващите сигнали е лентова филтрация. На фиг. 2.9 са показани честотите и на другите радио сигнали, които присъстват редом с GPS сигнала. Филтърът трябва да отстрани компонентите

на всички тези сигнали, а в случай на едночестотен GPS приемник, и GPS честотата L2.



Фиг. 2.9

Друга важна функция на блока е усилването на приетия сигнал. Приетият от антената сигнал е с много малка амплитуда. Това е резултат от комбинацията на ниската мощност на предавателя на сателита с дългия път на сигнала до приемника. Усилването на сигнала подобрява резултатността на останалите стъпала на приемника.

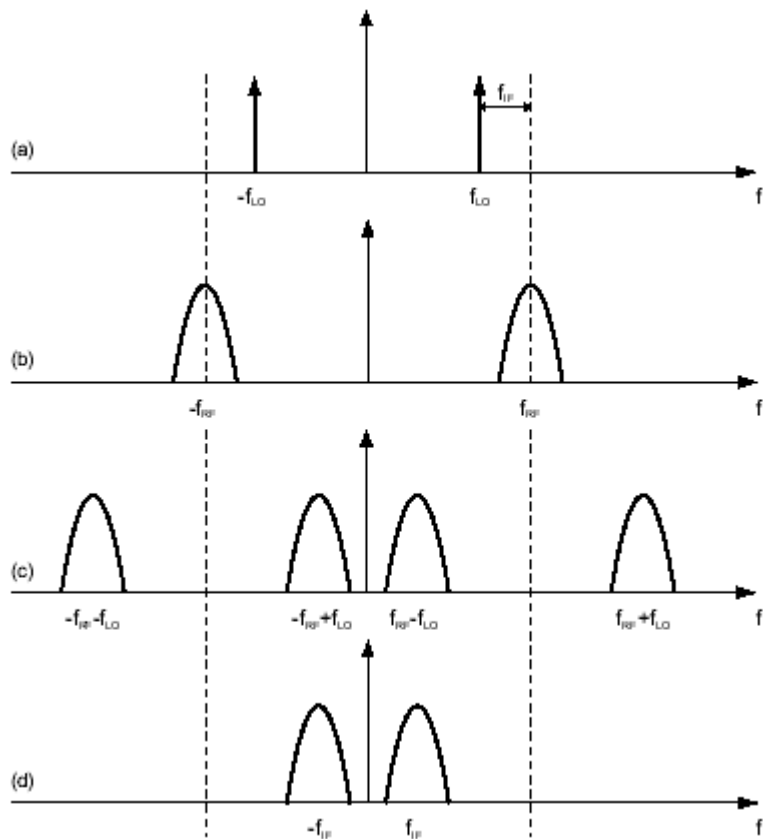
Преобразуване на по-ниска честота (down conversion)

Целта на блока за преобразуване, е да прехвърли върху по-ниска честота сигнала получен от блока за състоянието. Приетият сигнал се преобразува от RF 1575.42 MHz на междинна честота (IF). Преобразуването се извършва от смесител, който смесва входния сигнал със сигнала на локален осцилатор (LO). Локалният осцилатор трябва да бъде много стабилен и точен, така новата междинна честота (IF) е добре дефинирана. Функцията на смесителя може да бъде описана със следните уравнения:

$$\begin{aligned}
 s_{out}(t) &= s_{in}(t) \cdot s_{LO}(t) \\
 &\quad \downarrow \mathcal{F} \\
 S_{out}(f) &= S_{in}(f) * S_{LO}(f)
 \end{aligned}
 \tag{2.9}$$

където $S(f)$ е Фурие трансформацията на $s(t)$. С други думи, умножението на сигналите във временната област е равнозначно на конволюция на сигналите представени в честотната област.

На следващата фиг. 2.10. е показан основният принцип на преобразуването на RF сигнала на по-ниска честота.



Фиг. 2.10

Както се вижда от фигурата, смесването на RF сигнала и LO сигнала съответствува на конволюцията на Фурие трансформацията на двата сигнала. Честотата на локалния осцилатор LO се избира по следната формула:

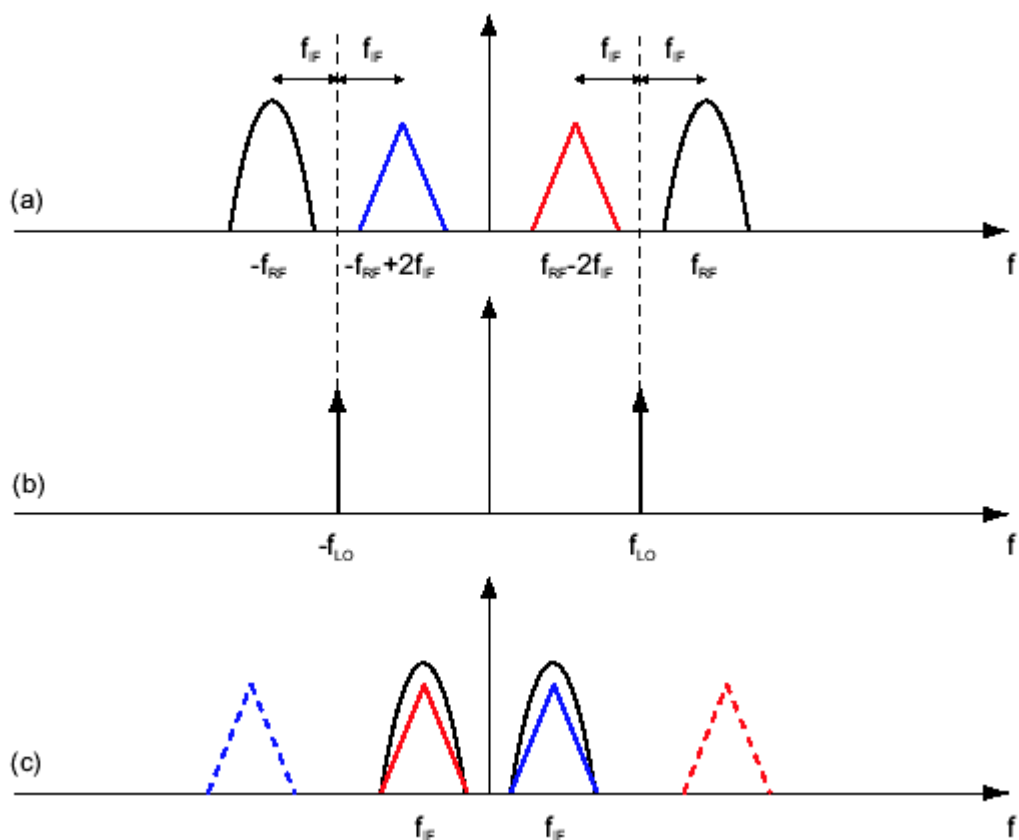
$$f_{LO} = f_{RF} - f_{IF} \quad (2.10)$$

Резултатът от смесването са четири компонента на сигнала разположени на $(-f_{RF}-f_{LO}, -f_{RF}+f_{LO}, f_{RF}-f_{LO}, f_{RF}+f_{LO})$. Само нискочестотните компоненти са желани, ето защо се използва нискочестотен филтър, който отстранява останалите две високочестотни компоненти.

Последният сигнал, който се вижда на фигурата представлява резултатният сигнал на IF след преобразуването и филтрирането. Това показва идеята на преобразуването на по-ниска честота, както и необходимостта от използването на нискочестотен филтър, който да отстрани нежеланите честотни компоненти, получени в резултат на преобразуването.

Огледални честоти (*image frequencies*)

Друг страничен ефект от преобразуването на по-ниска честота са огледалните честоти. Огледалните честоти са честотни компоненти, които са разположени в същата честотна лента, както и желания сигнал след преобразуването на по-ниска честота. Трябва да се има предвид отстраняването им от резултатния сигнал, за да се избегне значителното му зашумяване. По-долу е показано как се появяват огледалните честоти и как могат да бъдат избегнати.



Фиг. 2.11

Фигура 2.11 (a) показва GPS сигнала и сигнала в огледалната честотна лента индицирани със синьо и червено. Лентите са локализирани на $-f_{RF} + 2f_{IF}$ и на $f_{RF} + 2f_{IF}$, на разстояние $2f_{IF}$ от честотата на GPS сигнала. Фиг. 2.11 (b) показва положението на сигнала L0 върху честотната скала. Фиг. 2.11 (c) показва резултата от преобразуването на по-ниска честота. По-високочестотните части на GPS сигнала не

са показани, тъй като те се елиминират от нискочестотната филтрация. Пунктираните линии показват двете части на огледалните честоти, които се елиминират от нискочестотния филтър. Ясно се вижда, че останалите части от огледалните честоти са разположени точно на върха на GPS сигналите. За да се избегне това, огледалните честоти трябва да бъдат отстранени с филтрация преди преобразуването на по-ниска честота. Режекцията трябва да е значителна, тъй като приетите GPS сигнали са много слаби в сравнение с много други сигнали.

Аналогово-цифров преобразувател - АЦП

АЦП е отговорен за дискретизацията на прехвърления върху по-ниска честота аналогов сигнал. Както е известно, честотата на дискретизация трябва да бъде поне:

$$f_s = 2 \cdot \Delta f \quad (2.11)$$

където Δf е лентата на сигнала. Когато, обаче, предмет на интерес е носещата, сигналът като минимум трябва да бъде дискретизиран със следната честота на дискретизация:

$$f_s = 2 \cdot f_{max} \quad (2.12)$$

където f_{max} е най-високият честотен компонент на сигнала. В един приемник GPS с честота L1, лентата на входния сигнал е приблизително:

$$\Delta f \simeq 2 \text{ MHz} \quad (2.13)$$

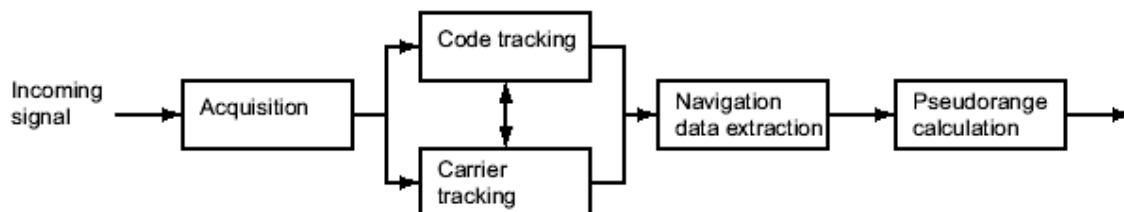
Когато сигналът се преобразува на произволна междинна честота IF, максималният честотен компонент е :

$$\begin{aligned} f_{max} &= f_{IF} + \frac{1}{2} \Delta f \\ f_{max} &= f_{IF} + 1 \text{ MHz} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Броят на битовете използвани за цифровото представяне на сигнала много често е 1 бит. Малкият брой битове опростява по-нататъшните изчисления в GPS приемника, но както беше установено в раздела за пространствена обработка влошават качеството на формираната диаграма (ако се прави формиране на диаграма на антената разбира се).

Приемни канали

Обработката на GPS сигнала се извършва в отделни канали. Всеки сателит, който е видим за антената се разполага в свой собствен канал, ограничен само от максималния брой на каналите в приемника. На фигура 2.12 е показан един такъв канал.



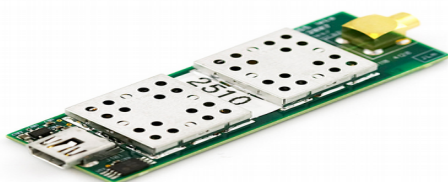
Фиг. 2.12

Преди да разположи сателитите по каналите, приемникът трябва да установи, кои сателити са видими в настоящия момент. Има два прости начина за откриване на първоначално видимите сателити. Единият е известен като топъл старт (warm start), а другият, като студен старт (cold start).

След изследване на предлаганите съвременни чип-сетове и зададените по ТЗ характеристики се насочихме към изпълнение на приемната система на базата на интегралната схема SE4110, която според нас най-пълно отговаря на заданието. Както се вижда от приложените характеристики основните предимства на това решение са:

- нисък коефициент на шум (под 2.3dB);
- мигновена честотна лента по междинна честота 2.2MHz, което позволява добро съгласуване с лентата на приетия сигнал;
- разрядност над 2 бита, за разлика от преобладаващото мнозинство подобни едноразрядни ИС.

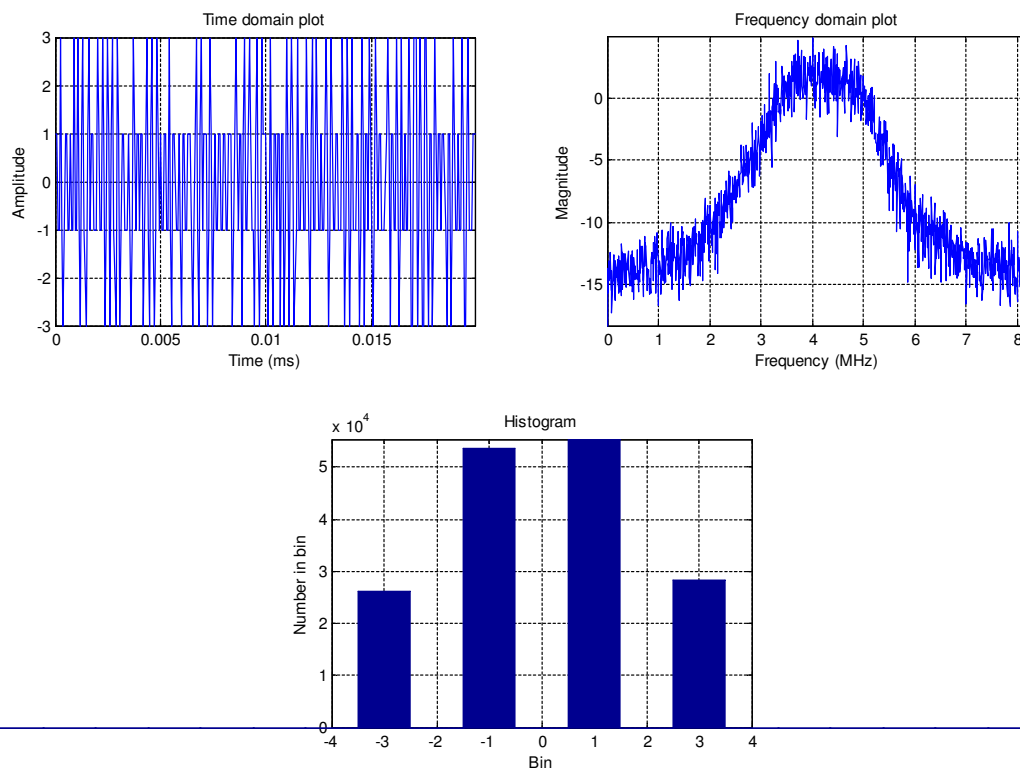
За да отговори на изискването за осигуряване на приемане и запис на настолен компютър се използва широко разпространения USB интерфейс в неговия високоскоростен вариант на базата на интегрална схема на FTDI. На снимката по-долу е показана платката на приемника и контролера за запис през USB. Устройството се захранва през USB порта на компютъра и работната му температура е от 0° до 50°.



Фиг. 2.13

2.1.4. Резултати от софтуерният приемник

С приемната GPS система бяха направени серия от експериментални записи за оценка на качествата на системата. На фигури 2.14 са показани резултатите от тези записи, показващи многозрядност на записите, както и достоверност на определяне на координатите. Примерът е със запис, извършен от 7 етаж на офиса на фирмата, а координатите за удобство и сверяване на резултата бяха поместени в GoogleEarth.



Фиг. 2.14

Acquisition (захват, откриване)

Целта на откриването е преди всичко да определи дали определен сателит е видим от потребителя или не. Ако сателитът е видим, откриването (acquisition) трябва да определи следните два параметъра:

Честота: Честотата на сигнала от определен сателит може да се отличава от номиналната стойност. В случай на преобразуване в по-ниска честота, номиналната честота на GPS сигнал на L1 съответствува на междинната IF. Сигналите се влияят от движението на сателита, което предизвиква Доплеров ефект. Изместването на Доплеровата честота може, в случай на максимална скорост на сателита, да се комбинира с много висока скорост на потребителя и да доближи такива високи стойности като 10 kHz [103, 104]. За стационарен приемник изместването на Доплеровата честота не превишава 5 kHz.

Фаза на кода: Кодовата фаза обозначава точката в настоящия блок данни, в която C/A кода започва. Ако се изследва блок данни с дължина 1ms, данните съдържат един цял C/A код и така, едно начало на C/A кода.

Използват се много различни методи, но всички те по един или друг начин се основават на свойствата на GPS сигналите. Особено важни са корелационните свойства.

Приетият сигнал(и) е комбинация от сигнали от всички n видими сателити:

$$s(t) = s^1(t) + s^2(t) + \dots + s^n(t)$$

Когато се прави захват на сателит k , входният сигнал s се умножава с локално генериран код C/A, който съответствува на сателит k . Поради характера на крос-корелацията между C/A кодовете на различните сателити се подразбира, че с тази процедура сигналите от другите сателити ще бъдат подтиснати. За да се избегне отстраняването на желан сигнален компонент, локално генерираният C/A код трябва да бъде правилно задържан във времето, т.е. с подходяща кодова фаза.

След умножението с локално генериран код, сигналът трябва да се смеси с локално генерираната носеща честота. Това се прави, за да се отстрани носещата от приетия сигнал. За да стане това, честотата на локално генериран сигнал трябва да е много близка до носещата честота на сигнала. Както вече беше споменато, честотата може да се изменя с $\pm 10\text{kHz}$ от номиналната честота, така че трябва да

бъдат тествани различни честоти в този обхват. За да се установи дали един сателит е видим, достатъчно е да се претърси посочения честотен обхват със стъпка 500 Hz (това дава приемливи загуби от порядъка на 1.5dB, ако сигналът има друга доплерова честота), което прави 41 различни честоти за случай на бързо движещ се приемник и 21 в случай на стационарен приемник [25].

Различават се основно два метода за захват (acquisition) – във временната област и в честотната област.

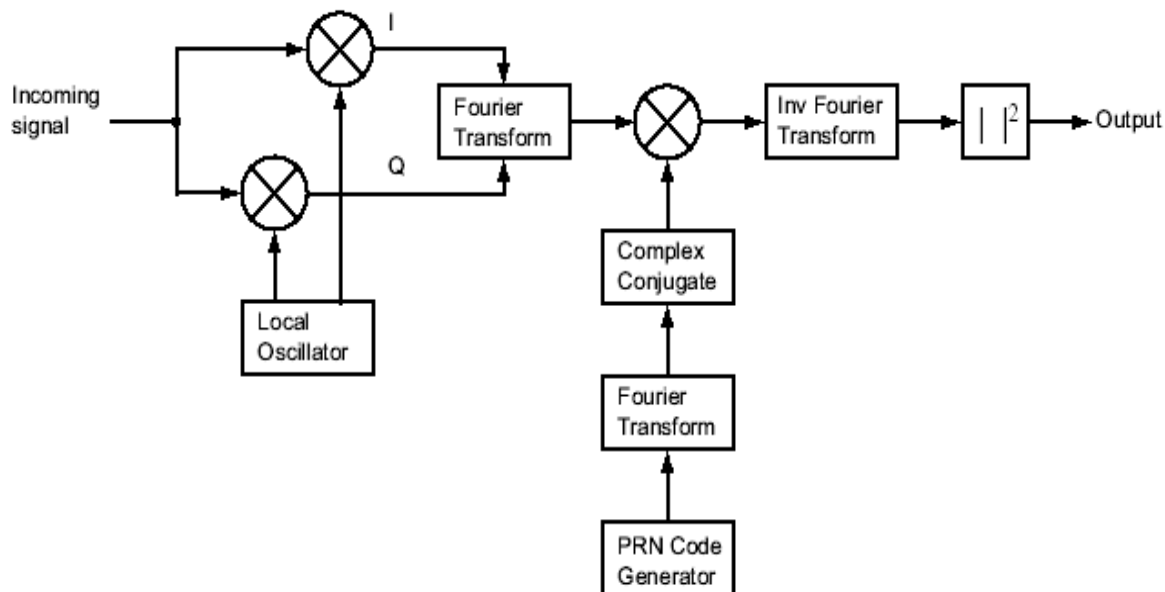
В дисертационния труд при проверка на направените записи сме използвали захват в честотната област:

Захват в честотната област

Захват с паралелно търсене в честотното пространство (Parallel Frequency Space Search Acquisition)

Методът на захват със серийно търсене показва, че това е процедура, която изисква много време за последователно търсене през всички възможни стойности на двата параметъра честота и кодова фаза. Ако може да се елиминира от процедурата на търсенето който и да е от двата параметъра или, ако може да се реализира в паралел, то изпълнението на процедурата ще се намали значително.

Както подсказва наименованието, захват с паралелно търсене в честотното пространство, този втори метод на захват използва паралелно търсене по единия параметър. Методът използва Фурие преобразуване, за да извърши трансформация от временната област в честотната област. На следващата фигура е показана блокова диаграма на алгоритъма за паралелно търсене в честотното пространство



Фиг. 2.15

Входният сигнал се умножава с локално генерирания носещ сигнал. Умножението с носещия сигнал генерира I сигнал, а умножението с изместената на 90° версия на носещия сигнал генерира Q сигнал. Двата сигнала I и Q се комбинират, за да формират комплексния входен сигнал $x(n) = I(n) + jQ(n)$ за функцията DFT.

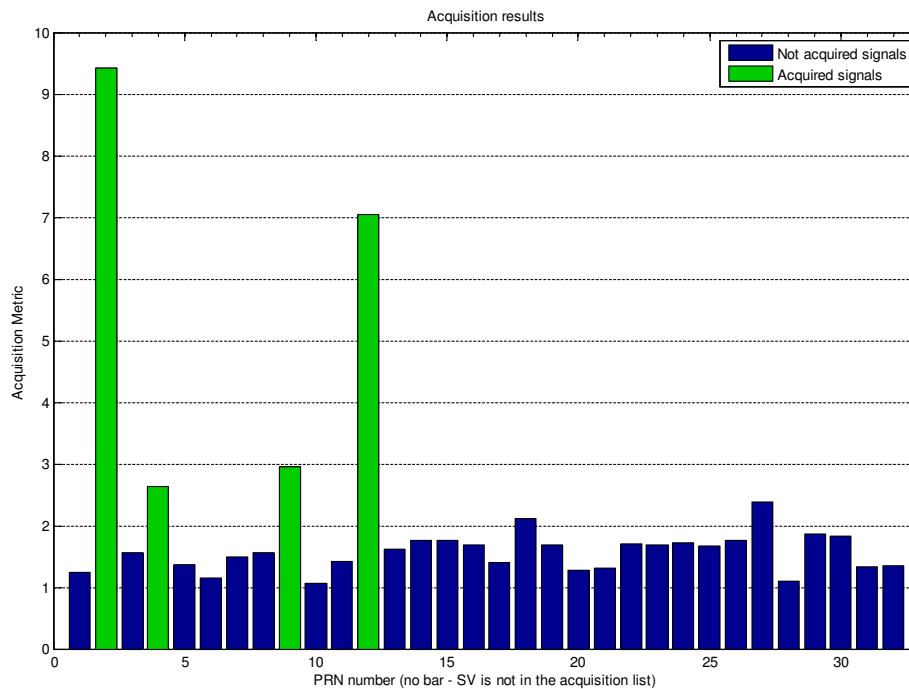
Генерираният PRN код се трансформира в честотната област и резултатът се спряга комплексно.

Фурие трансформацията на входния сигнал се умножава с Фурие трансформацията на PRN кода. Резултатът от умножението се трансформира във временната област посредством обратното преобразуване на Фурие. Абсолютната стойност на изхода от обратното преобразуване на Фурие представлява корелацията между входа и PRN кода. Ако в корелацията има пик, индексът на пика ще покаже PRN кодовата фаза на входния сигнал.

В сравнение с предишните методи на захват, методът с паралелно търсене на кодовата фаза намалява пространството на търсенето до 41 различни носещи честоти. За всяка от тези 41 честоти трябва да се направи по едно Фурие преобразуване (Фурие преобразуването на генерирания PRN код трябва да се направи само веднъж за всеки захват) и едно обратно Фурие преобразуване, така че изчислителната ефикасност на метода зависи от тези функции. Точността на параметрите изчислени

по този метод по отношение на честотата е сходна с тази на метода на последователното търсене. PRN кодовата фаза, обаче, се определя по-точно в сравнение с другите методи, тъй като тук се дава корелационната стойност за всяка дискретизирана кодова фаза. Например, ако честотата на дискретизация е 10 MHz дискретизираната PRN последователност ще има 10000 дискрета, така точността на кодовата фаза може да има 10000 различни стойности вместо 1023.

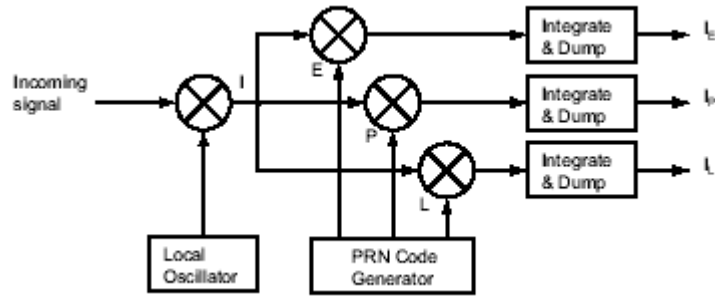
Резултатите от този етап на обработката по направения запис е показан по-долу:



Фиг. 2.16

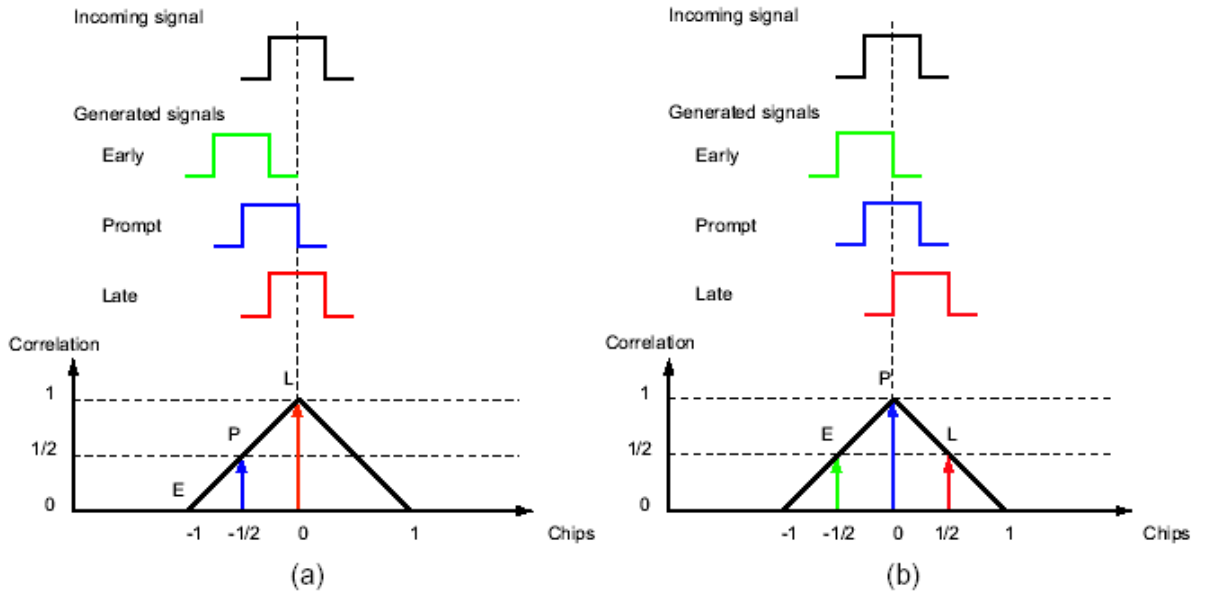
Следене на кода

Целта на контура за следене на кода е да задържи следенето на кодовата фаза на определен код в сигнала. Изходът на такъв контур за следене на кода е перфектно съгласувана реплика на кода. Контурът за следене на кода в GPS приемника е DLL (delay lock loop) изпълнен в един т.н. Изпреварващ-Изоставаш следящ контур (early-late tracking loop). Идеята с използването на DLL е да се корелира входния сигнал с три реплики на кода, както се вижда от фигура 2.18.



Фиг. 2.17

Най-напред в схемата се извършва преобразуването на C/A кода във видеосигнал, като се умножава входният сигнал с напълно съвпадаща реплика на носещия сигнал. След това сигналът се умножава с три кодови реплики. Трите кодови реплики често се генерират с изместване от $\pm 1/2$ чип. След това второ умножение трите изхода се интегрират и свалят (отчитат). Тези интегрирани изхода показват степента на корелация на входния сигнал и репликите на определения код.

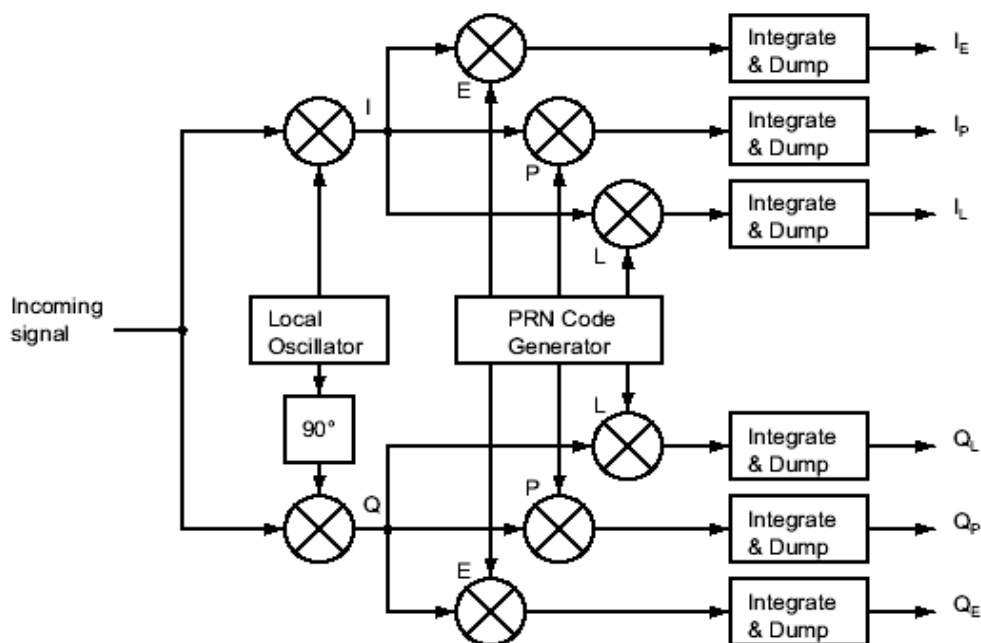


Фиг. 2.18

След това трите изхода от корелацията се сравняват, за да се види кой от тях осигурява най-висока корелация. На горната фигура е показан един пример на кодово следене. На фиг. 2.18 (a) изоставащият код има най-висока корелация, следователно

кодовата фаза трябва да бъде увеличена. На фиг. 2.18 (b) най-висок пик се получава на точната реплика, а изпреварващият и изоставащият кодове са със сходна корелация. В този случай кодовата фаза се следи точно.

Показаният DLL с три корелатора е оптимален, когато локалната носеща е синхронизирана по фаза и честота. Но ако има фазова грешка в локалната носеща, сигналът ще бъде по-шумен, което ще затрудни значително DLL да запази синхронизацията на кода. Ето защо, в GPS приемниците често се използва показана по-долу схема.



Фиг. 2.19

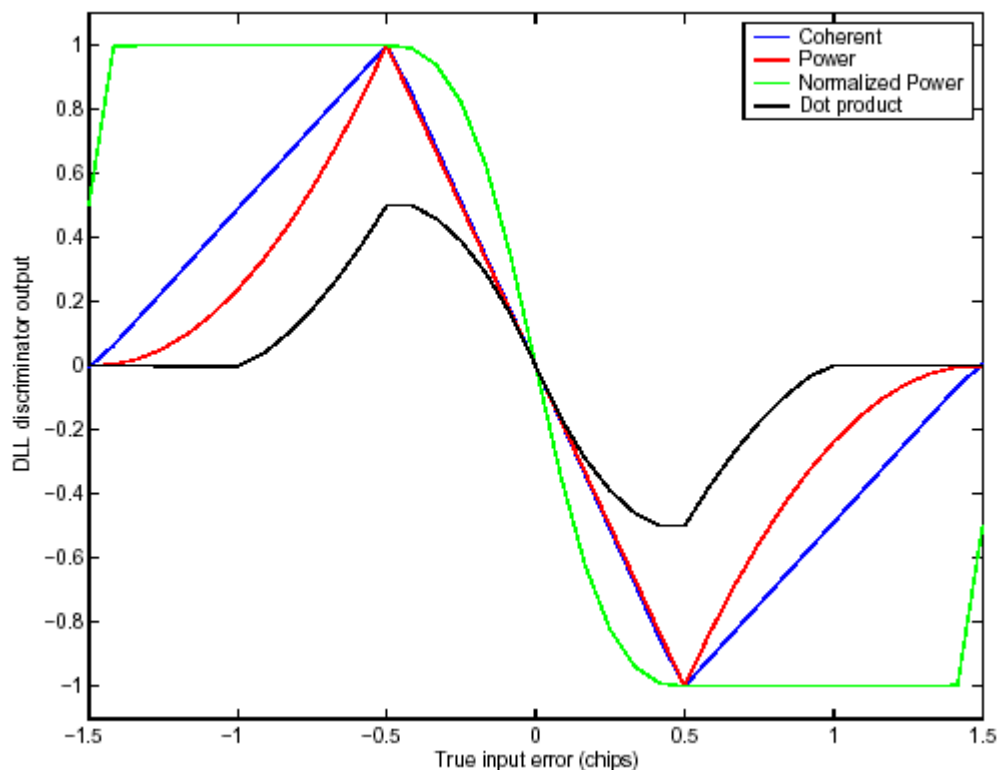
Предимството на показаната схема е нейната независимост от фазата на локалната носеща. Ако локалната носеща е във фаза с входния сигнал, цялата енергия ще бъде в рамото I (In-phase). Ако фазата на локалната носеща се измества спрямо тази на входния сигнал, енергията ще се разпредели между рамената I и Q (Quadrature).

DLL сега ще се нуждае от обратна връзка към PRN генераторите, за да управлява изместването на кода. Някои общоизвестни DLL дискриминатори използвани за обратна връзка са показани в следващата таблица

Тип	Дискриминатор	Характеристики
Кохерентен	$D = I_E - I_L$	<p>Най-простият от всички дискриминатори, не изисква Q разклонение, но изисква добър следящ контур на носещата, за да функционира оптимално. Изпреварваща минус закъсн. мощност. Умерено изчислително натоварване. Характеристиката му е много близка до тази на кохерентния дискриминатор в границите $\pm 1/2$ чип.</p>
Не кохерентен	$D = \frac{(I_E^2 + Q_E^2) - (I_L^2 + Q_L^2)}{(I_E^2 + Q_E^2) + (I_L^2 + Q_L^2)}$	<p>Нормализирана изпреварваща минус закъсняваща мощност. Високо изчислително натоварване. Дискриминаторът има много добро поведение когато грешката е повече от $1/2$ чип. Това помага на DLL да задържи следенето и на шумови сигнали. Произведението (dot product). Малко изчислително натоварване. Това е единственият DLL дискриминатор, който използва изходите на всичките 6 корелатора.</p>

Тази таблица показва един кохерентен и три некохерентни дискриминатора. Изискванията към един DLL дискриминатор зависят от вида на приложението и от шума в сигнала. Характеристиките на дискриминаторите са показани на следващата фигура.

На фигурата са показани характеристиките на кохерентния и некохерентите дискриминатори при използването на стандартен дискриминатор. Сигналят, който е използван за създаването на графиката е чист сигнал от един сателит без никакъв шум и разстоянието между чиповете на изпреварващия, точния и изоставащия код е $\pm 1/2$ чип. Разстоянието между чиповете на трите вида кодове определя шумовата лента в закъснителния затворен контур (DLL-delay lock loop). Ако чиповото разстояние е по-голямо от $1/2$ чип, DLL ще бъде по-устойчив на шум, от друга страна, DLL с по-малко чипово разстояние ще бъде по-точен. В съвременните GPS приемници чиповото разстояние може да се настройва докато приемникът следи сигнала. Ползата от това е, че ако внезапно отношението сигнал/шум се намали, приемникът ще използва по-широко чипово разстояние в корелаторите, за да може да работи с по-зашумен сигнал, като по този начин ще се избегне възможна загуба на кодовия сигнал [75-88].



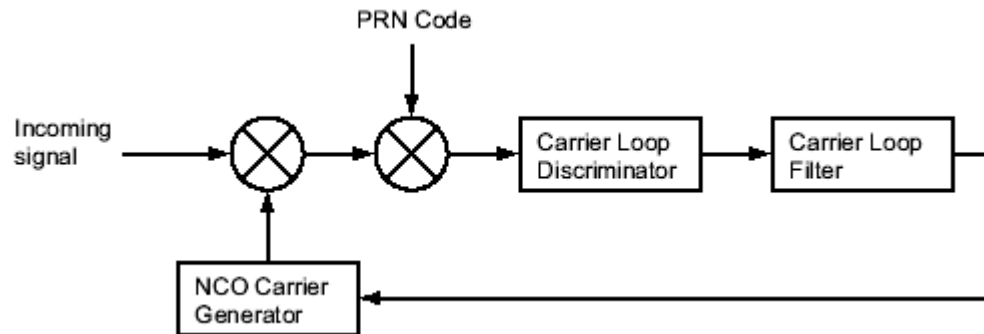
Фиг. 2.20

Следене на носещата

За да се демодулират успешно навигационните данни е необходимо да се генерира една точна реплика на носещия сигнал. За следенето на носещия сигнал често се използва фазова обратна връзка – ФАПЧ (PLL - Phase Lock Loop) или честотна обратна връзка АПЧ (FLL - Frequency Lock Loop).

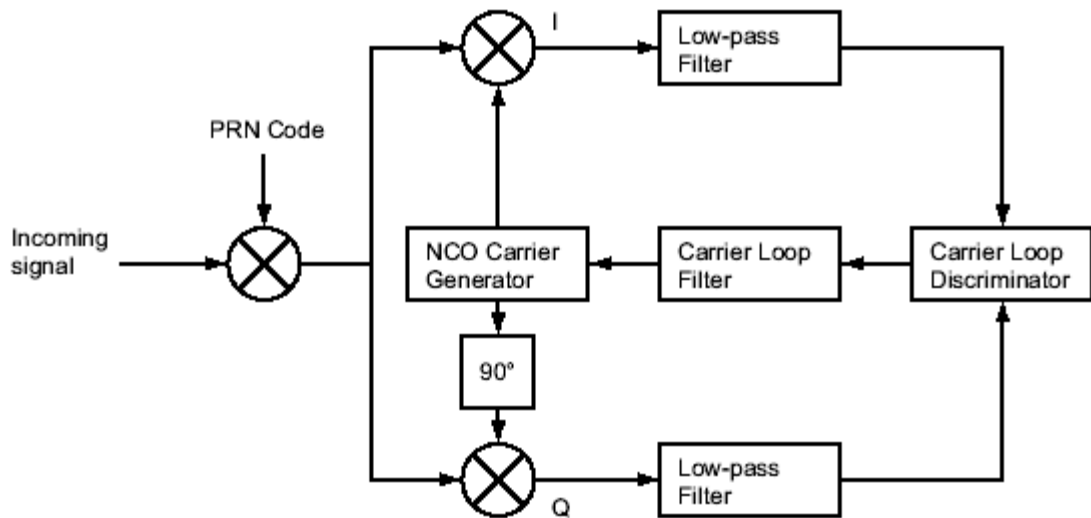
На фигура 2.20 е показана блокова схема на фазова обратна връзка, фазов затворен контур - PLL. Първите две умножения отстраняват носещата и PRN кода от входния сигнал. За отстраняването на PRN кода е използван I_p изхода от описания в предната точка следящ контур на изпреварващ-изоставащ код. Дискриминаторният блок на контура открива фазовата грешка в локалната реплика на носещата. Изходът на дискриминатора, който е фазовата грешка (или е функция на фазовата грешка) се филтрира и използва като обратна връзка към цифрово-управляемия осцилатор NCO (Numerically Controlled Oscillator), която настройва честотата на локалния носещ

сигнал. По този начин локалният носещ сигнал ще бъде винаги точна реплика на входния носещ сигнал.



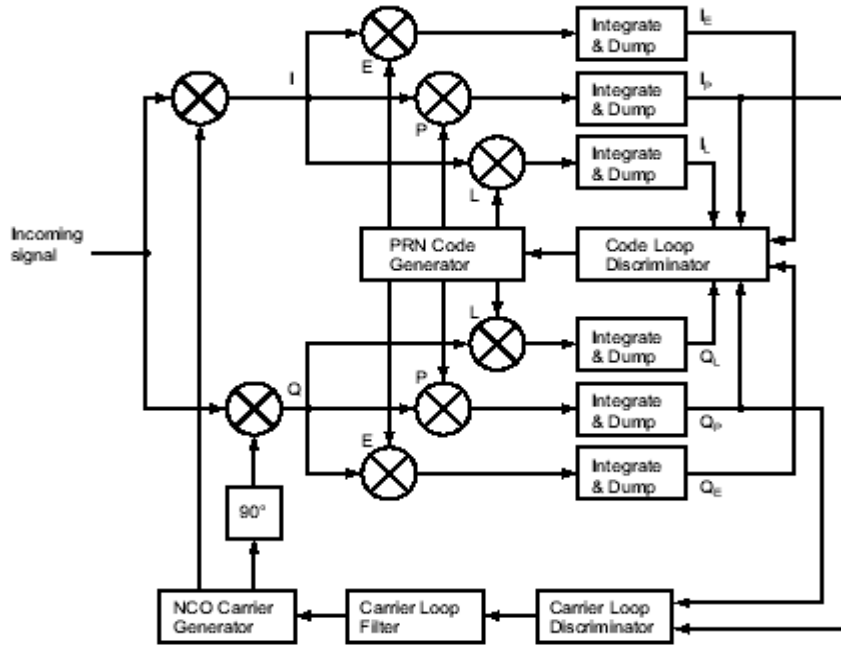
Фиг. 2.21

Проблемът при използването на обичайния PLL е неговата чувствителност към 180° фазово изместване. Използваният в GPS приемника PLL, обаче, заради прехода на навигационни данни, трябва да е нечувствителен към 180° –ово фазово изместване.



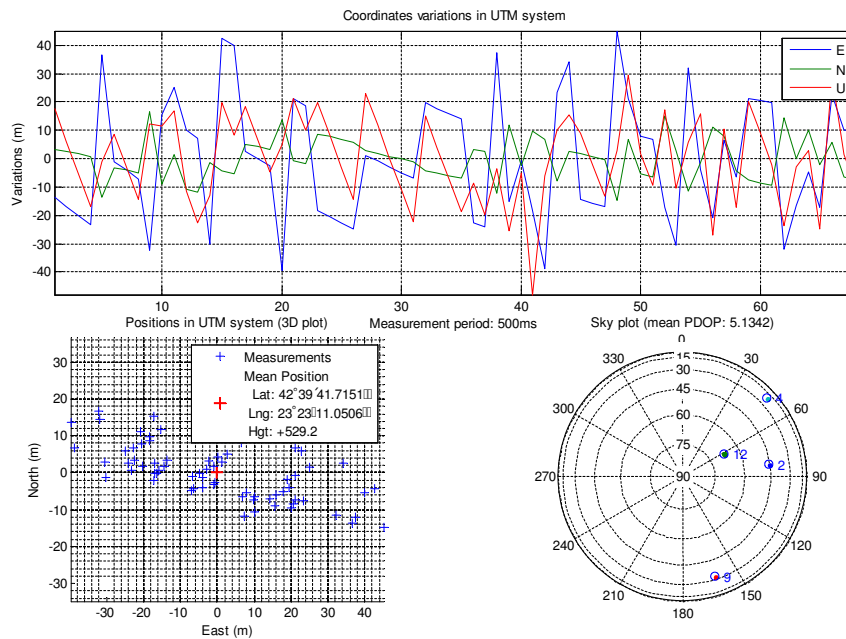
Фиг. 2.22

На фигура 2.23 е показана оптимизирана версия на комбинирани следящи контури. Тук входовете I и Q на фазовия дискриминатор са I_p и Q_p корелациите от следящия контур на кода. По този начин три умножения в Costas контура се елиминират, следователно се намалява изчислителния ресурс.

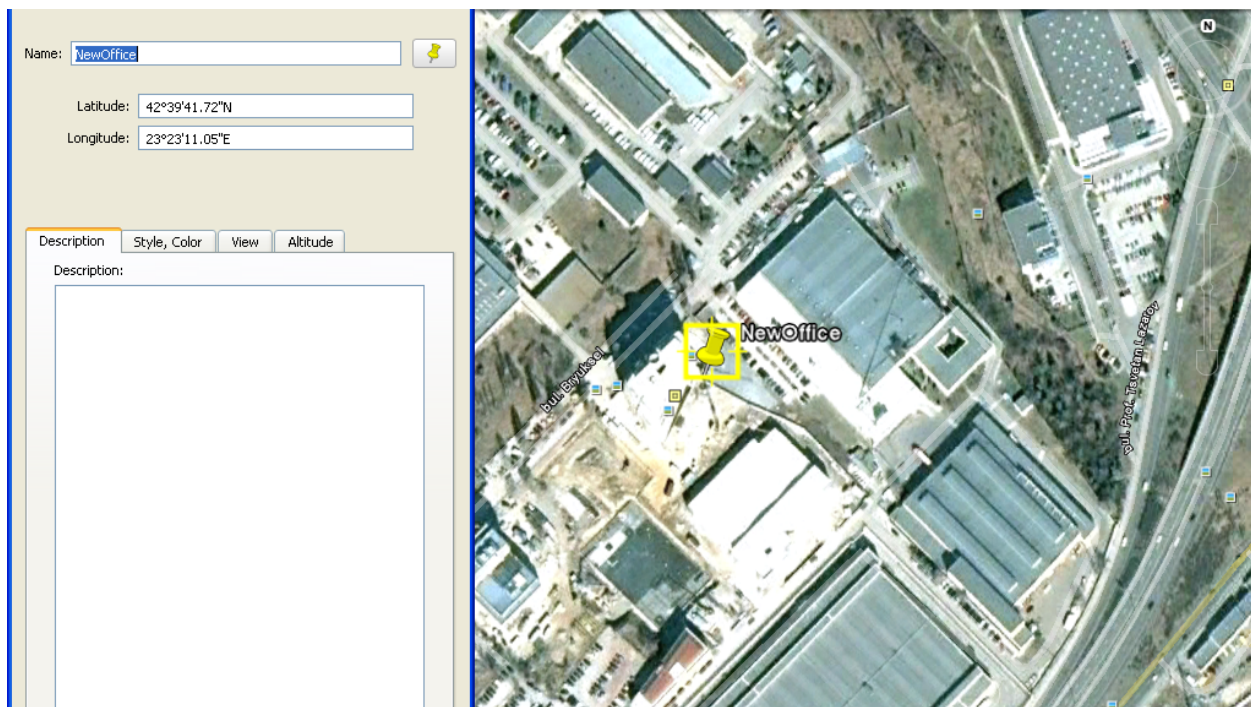


Фиг. 2.23

На фигура 2.24 са показани окончателните резултати от следенето и определянето на координатите на спътниците от направения с рекордера запис от офиса на Мултипроцесорни системи ООД.



Фиг. 2.24



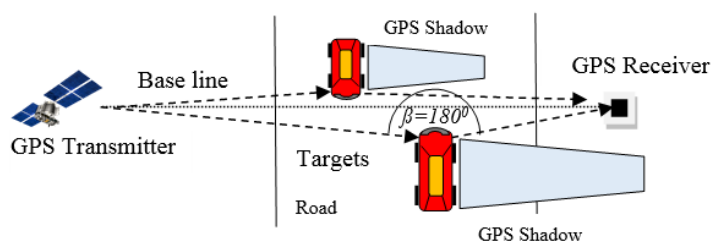
Фиг. 2.25

Благодарение на софтуерният приемник са получени записи благодарение на които са разработени алгоритми за откриване и класификация на GPS сенки получени от различни обекти [44-54, 62-74].

2.2. Откриване на подвижни и неподвижни цели с помощта на софтуерен GPS приемник, използвайки принципите на радарите с пряко разпространение на сигнали

В бистатичните радари един от факторите, които влияят на електромагнитната напрегнатост на полето и модела на приемника, е ъгълът, образуван между предавател, цел и приемник. Този ъгъл се нарича бистатичен ъгъл, β . Когато бистатичният ъгъл е равен или близък до 180° ($\beta \approx 180^{\circ}$), радарната система е система с пряко разсейване на сигнала, както е показано на фигура 2.26.

Прякото разсейване е ефект, при който наличието на препятствие в зоната на разпространение на радиовълната, частично ще блокира разпространението на вълната на сигнала от предавателя [32-38]. В резултат на това блокиране се получава дупка в разпространението на радио вълната, известен като радио сянка на целта. Радио сянката всъщност е електромагнитното поле, разпръснато от целта. Това следва от теорията на електромагнитните полета: "когато има абсолютно черно тяло, което е поставено на пътя на вълната, и размерите на това тяло са по-големи в сравнение с дължината на вълната, тогава съществува разсейване на вълната в областта зад тялото, наречено ("сянка)". Този ефект се получава в резултат на дифракцията на електромагнитната вълна. Разсейването на вълната в този случай може да бъде представена като сянката, следваща направлението на вълната, и тя представлява отрицателна осветеност спрямо основното поле. Тъй като видът на сянката зависи от силуета на целта, тя не зависи от формата и повърхността на обекта. Тази характеристика показва независимостта на пряко разсейваната вълна от целта, състояща се от абсорбиращ материал. Друг важен аспект на прякото разсейване е постигането на висока кохерентност и стабилност на предавателя и приемника. Това е пряко следствие от загубата на разрешение по разстояние.



Фиг. 2.26. Радио система с пряко разсейване на сигнала

В дисертацията са изследвани две ситуации: когато GPS приемника е неподвижен и когато е монтиран на движещ се автомобил. Получената информация може да се използва в приложения подобни на тези в класическата радио локация,

включително и като радио бариери, охрана, класификация и идентификация на подвижни и неподвижни обекти.

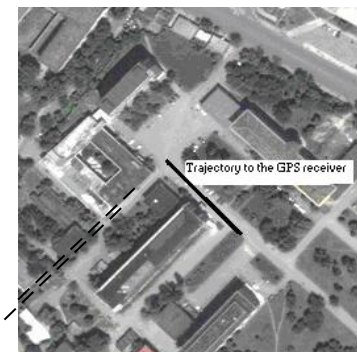
2.2.1 Експериментални резултати получени от подвижен GPS приемник и неподвижни обекти (сгради и мостове): По време на експериментите е използвана комерсиална ненасочена GPS антена и GPS приемник, показани на фигура 2.27.



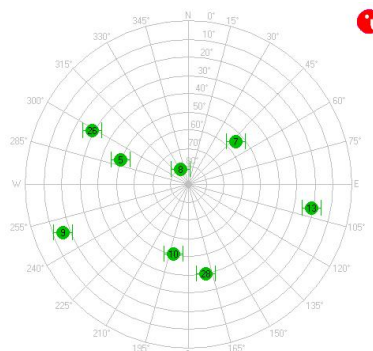
Фиг. 2.27. Експериментална апаратура за регистрация на GPS сенките

Експеримент 1: Топологията на експерименталния сценарий е показана на фигура 2.28. С плътна линия е показана траекторията на движение на GPS приемника, монтиран на подвижен автомобил. Видимите сателити по време на експеримента са показани на фиг. 2.29, като с помощта на пунктираната линия избираме най-подходящия за експеримента сателит, а именно сателит номер 9, който е най-близо до направлението на базовата линия, най-ниско над хоризонта и за него възниква най-силен ефект на пряко разпространение на GPS сигнала. След интегриране на I_p компонентата на GPS сигнала за 200ms се получава резултатът от фигура 2.30. При настоящия експеримент е изследвано влиянието на времето на интегриране на сигнала и е установено, че е най-добре то да бъде 200ms. Интервала на интегриране от 200ms позволява да се запази формата на сянката и да се отстранят случайните флукуации. От получения резултат се вижда пропадане на GPS сигнала в

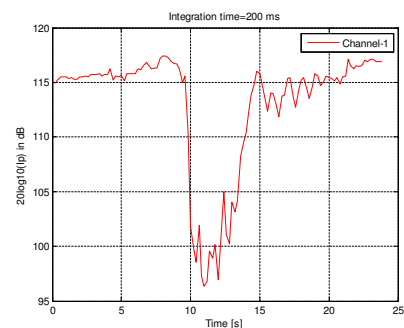
резултат от наличието на сграда на пътя между GPS предавателя и GPS приемника (радио сянка).



Фиг. 2.28 Сценарий

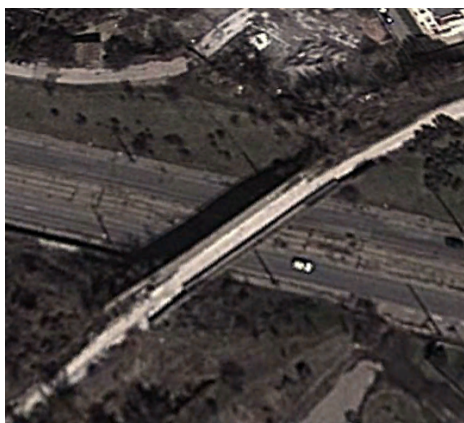


Фиг. 2.29 Видими сателити

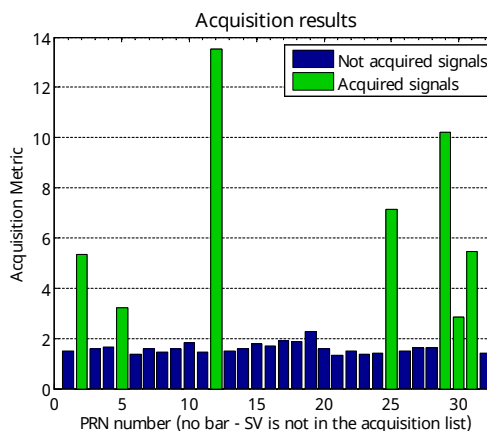


Фиг. 2.30 Интегриран сигнал

Експеримент 2: По време на този експеримент, една кола със системата за запис на GPS сигнали (SDR GNSS) пътува със скорост 60-70 км / час под мост с едно платно (Фиг. 2.31). Използването на приемника АЕК-4R, позволява да следим местоположението на спътниците (Фиг. 2.32) и да изберем подходящ спътник, сигналът от който ще бъде записан от системата за записване на сигнала SDR GNSS.

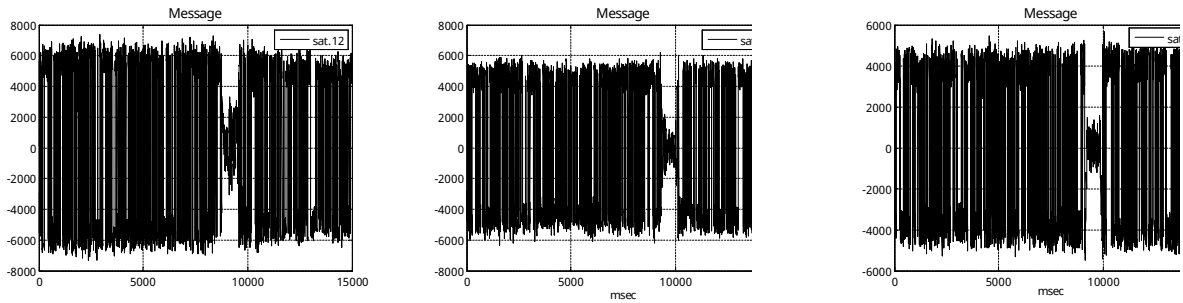


Фиг. 2.31: Топология на 1-вия експеримент



Фиг. 2.32: Мощност на сигнали от сателитите

От Фиг. 2.32 се вижда, че най-силните сигнали (acquired signals – Фиг. 2.32) идват към системата за запис от три видими сателита - 12, 29 и 25. Квадратурните компоненти I_p на изходния сигнал на следящия блок (Code&Carrier tracking block) в софтуерен GPS приемник, получени за трите видими сателита, са показани на Фиг. 2.33. Сигнал от сателит 29, разположен на височина 40^0 над хоризонта, е използван по-нататък за обработка и откриване на радио сянка.



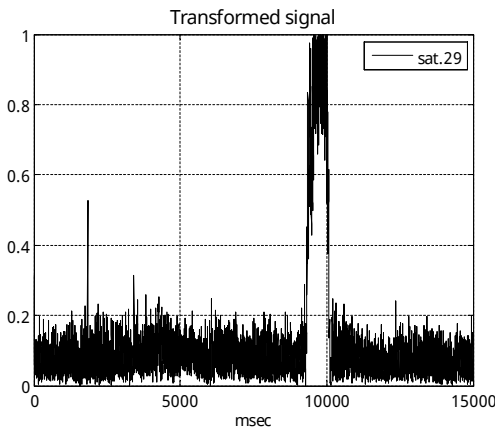
Сателит 12

Сателит 29

Сателит 25

Фиг. 2.33: Квадратурна компонента I_p на изхода на следящия блок Code&Carrier в софтуерен GPS приемник

След математическа трансформация на квадратурната компонента I_p на сателит 29 е показана на Фиг. 2.34. Спектърът на трансформирания сигнал е показан съответно на Фиг. 2.35.

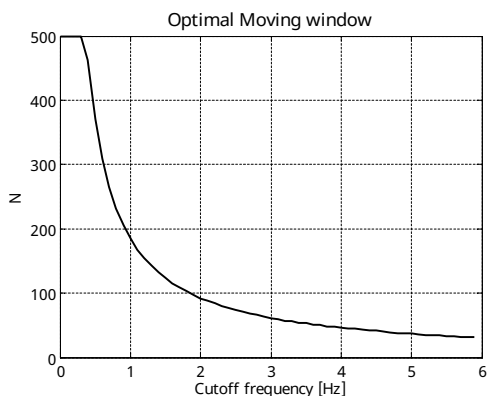


Фиг. 2.34. Трансформиран сигнал 29

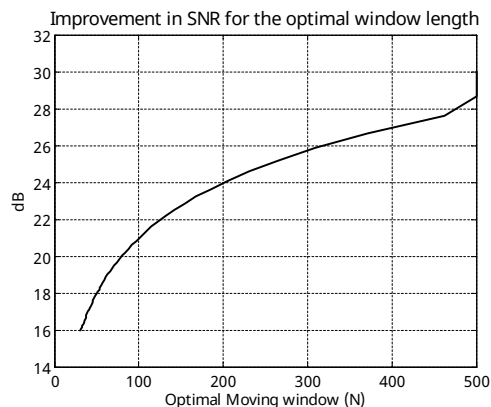


Фиг. 2.35. Спектър на трансформирания сигнал

Оптималните стойности на параметъра N необходими за определяне на пълзящ прозорец на осредняващия филтър (Moving Average Filter, MAF) са пресметнати съгласно оптимизационния критерий, описан по-горе. Тези стойности са представени във вид на график на Фиг. 2.36, в зависимост от честотата на срязване на филтъра. Съответстващите стойности на коефициента на подобрение на отношението „сигнал/шум“ (SNR) на изхода на филтъра са представени на Фиг. 2.37 като функция от параметъра N .

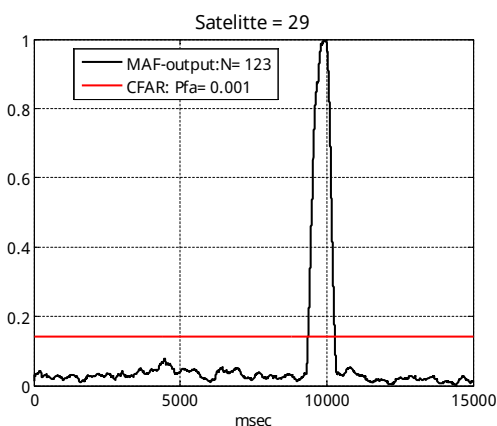


Фиг. 2.36. Оптимални стойности на N като функция от f_{cut}

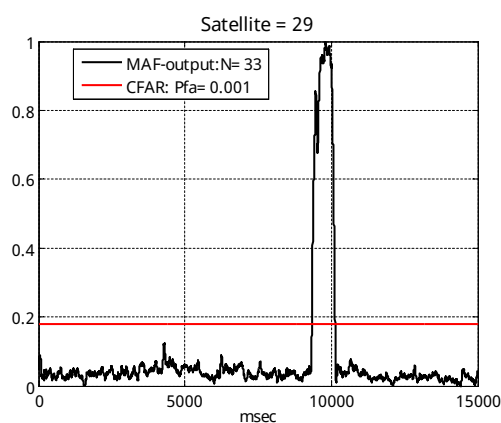


Фиг. 2.37. Коэффициент на подобрен на SNR като функция от N

За сравнение две стойности на честотата на срязване на филтъра са избрани от спектъра на Фиг. 2.35 за определяне на параметъра N . Тези стойности са - 1.5 Hz and 5.6Hz. От Фиг. 2.36 следва, че $N=123$ - честотата на срязване $f_{\text{cut}} = 1.5$ Hz, и $N=33$ – за честотата на срязване $f_{\text{cut}} = 5.6$ Hz. Изходният сигнал на филтъра MAF заедно с прага за откриване установен от CFAR детектора е показан на Фиг. 2.38 – за $N=123$ и на Фиг. 2.39. – за $N=33$. И в двата случая прагът за откриване в CFAR детектора е изчислен за поддържане на вероятността за лъжлива тревога 0.001.



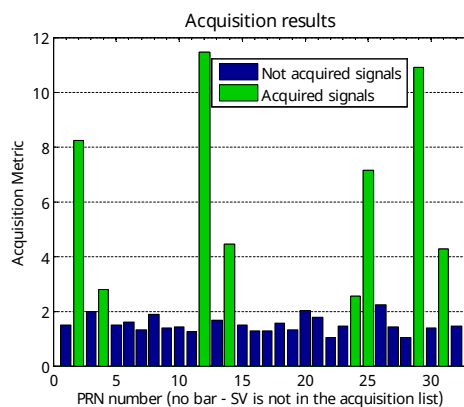
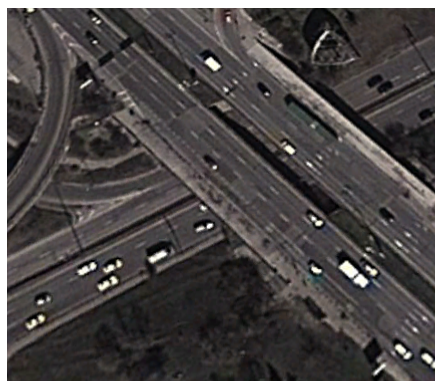
Фиг. 2.38. Изходен сигнал на MAF за $N=123$



Фиг. 2.39. Изходен сигнала на MAF за $N=33$

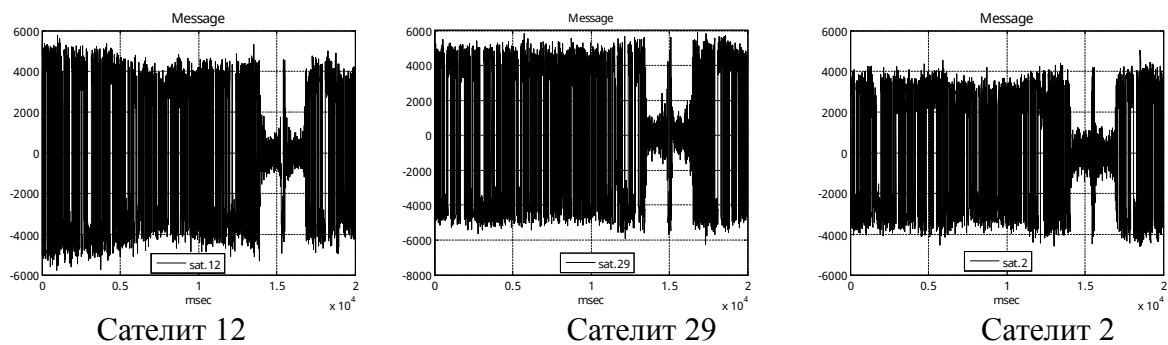
Резултатите представени на Фиг. 2.38 и 2.39 показват, че радио сянка от обекта може да бъде открита с помощта на обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник.

Трети експеримент. По време на този експеримент лека кола със записващата система GNSS SDR пътува със скорост 60-70 км/час под един мост с две разделени платна. Топологията на този експеримент е показана на Фиг. 2.40. Мощността на приетите от сателитите сигнали е показана на Фиг. 2.41.



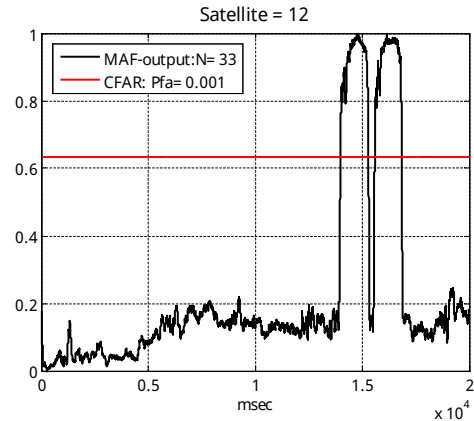
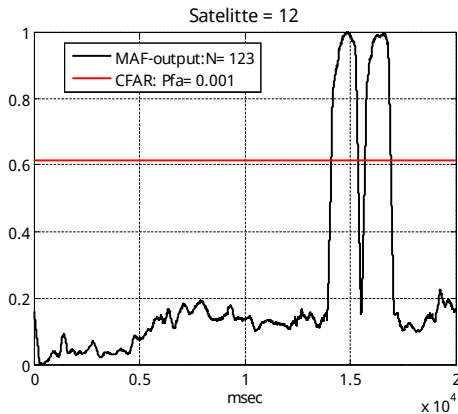
Фиг. 2.40. Топология на 2-ри експеримент Фиг. 2.41. Мощност на сигналите от сателитите

Стойностите на квадратурната компонента I_p на изхода на следящия блок Code&Carrier в софтуерния GPS приемник са показани на Фиг. 2.42 за трите видими сателити – 12, 29 и 2.



Фиг. 2.42: Компонента I_p на изхода на следящия блок Code&Carrier в софтуерния GPS приемник

Сигналът от сателит 12 е използван за по-нататъшна сигнална обработка. Изходният сигнал на филтъра MAF заедно със съответния праг за откриване, установен от CFAR детектор е представен на Фиг. 2.43 – за $N=123$ и на Фиг. 2.44 – за $N=33$. И в двата случая прагът за откриване е изчислен за $P_{fa}=0.001$.



Фиг. 2.43. Изходен сигнал на MAF за $N=123$ Фиг. 2.44. Изходен сигнал на MAF за $N=33$

От получените резултати се вижда, че радиосянка на двата обекта (две платна на моста) са успешно открита с помощта на предложени в дисертацията алгоритъм. Лесно се вижда, че топологията на двата експеримента удовлетворява условията за поява на FS ефект. Това означава, че обектите са разположени близо линията „сателит-GPS приемник“.

Изводи:

1. Дисертантът е извършил съвместно с ръководителите си редица експерименти по записи на сенки от GPS сигнали облъчващи неподвижни или подвижни обекти в бистатична радарна ФС система с подвижен приемник разположен на кола;
2. Радиосянка от подвижни или неподвижни обекти облъчени от GPS сигнали, може да бъде открита с помощта на предложените алгоритми за обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник;
3. Получените експерименти потвърждават хипотезата, за откриване на радиосянка от различни обекти в бистатични радарни системи, състоящи от GPS предавател – спътник и конвенционален GPS приемник, когато са разположени достатъчно близо до приемната система;
4. Реализирането на неподвижна бистатична GPS FS радарна система, използваща GPS спътник – предавател и неподвижен пасивен комерсиален GPS приемник и антена с слабо усилване на сигнала, е възможно само в случай на изпълнение на условията на формиране на разпространение напред, изискващо пряка „визуална

връзка“ между GPS сателита обекта и приемника, т.е. да са разположени на една линия и целта да е в зоната на сянка до приемника.

5. От получените резултати се вижда, че в зоната на сянката на приемника на неподвижна бистатична GPS FS радарна система, с предложените в дисертацията алгоритми за сигнална обработка, е възможно да се откриват GPS сенките на подвижни наземни цели, като леки коли, автобуси и човек;

2.2.2. Експериментални резултати получени от неподвижен GPS приемник и подвижни наземни цели (автобуси, бусове, коли и хора):

Експеримент 1: По време на експериментите е използвана комерсиална не насочена GPS антена, GPS приемник и видео камера показани на фигура 2.45.

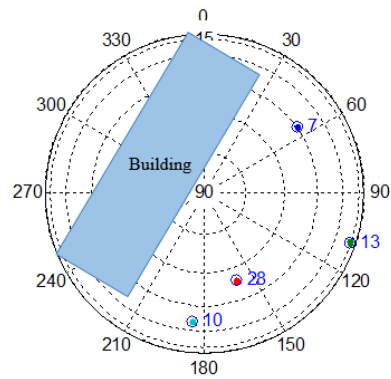


Фиг. 2.45. Експериментална апаратура за регистрация на GPS сенките

GPS антената е закрепена неподвижно на 1 метър над земята и се намира на края на улично платно. Заедно с антената е използвана и видео камера за заснемане на експеримента. Платното се състои от четири ленти, по две във всяка посока (3 метра всяка лента), и движещи се превозни средства в двете посоки. По време на експеримента са видими четири сателити, един от които с номер 13 отговаря най-много на условията на пряко разпространение на сигнала. Този спътник е ниско над хоризонта и бистатичният ъгъл е близо до 180 градуса (фиг. 2.46).



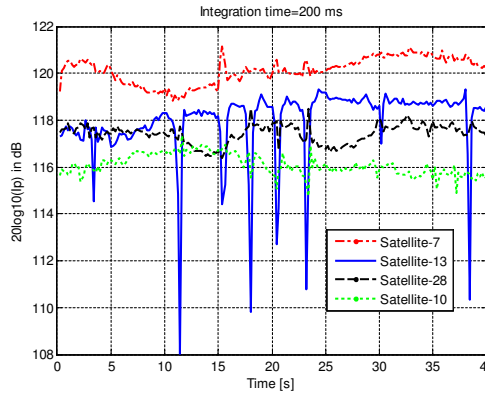
Фиг. 2.46 Экспериментален сценарий



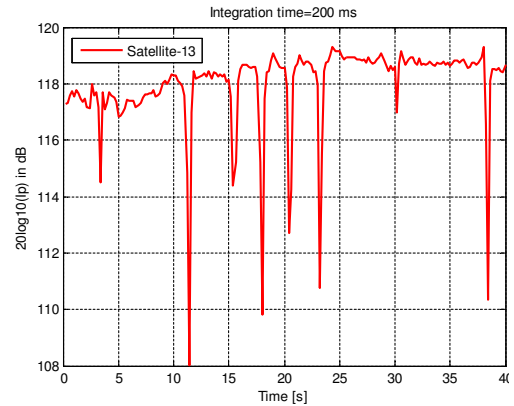
Фиг. 2.47 Видими сателити

Интегрираните сигнали от сателити 7, 10, 13 и 28 са показани на фигура 2.48. Сателитите 7 и 10 са също ниско над хоризонта, но бистатичният ъгъл при тях не е 180 градуса. Сигналите от тези сателити не могат да бъдат използвани за откриване на GPS сянката, създадена от автомобили. Сателит 28 е високо над хоризонта и в този случай по-голямата част от енергията на предадения сигнал преминава над целта и сигналът не може да се използва за откриване на GPS сянката, създадена от автомобилите.

Интегрираният сигнал от спътник 13 е показан на фигура 2.49. Колите, минаващи в близост до приемника, имат най-голяма радио сянка (около 8-10 децибела).

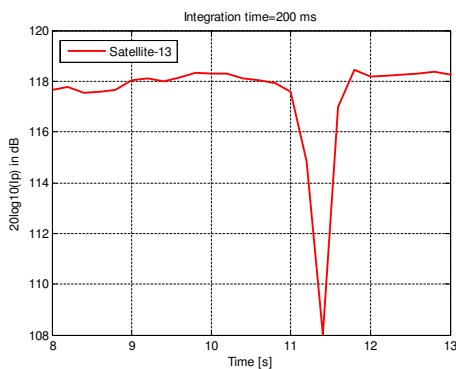


Фиг. 2.48 Интегриран сигнал от 7, 10, 13 и 28 сателити

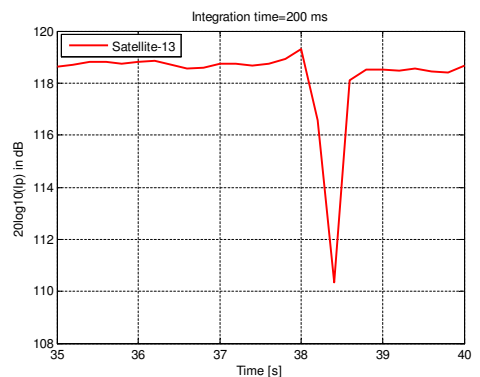


Фиг. 2.49 Интегриран сигнал от 13 сателит

Дълбочината и размерът на сянката може да послужи като информация за развитието на GPS софтуерни приложения за определяне на скоростта на колата и посоката ѝ на движение. Използвайки прагова обработка на няколко нива, е възможно да се определи разстоянието до превозното средство. От формата на сянката (първи пик) може да се определи посоката на движение на превозното средство. По вида на сянката е възможно да се направи класификация на превозните средства. Видът на радио сянката може да се използва за определяне на посоката на движение на автомобилите. На фиг. 2.50 е показана сянката на автомобил, движещ се наляво спрямо GPS антената, а на фигура 2.51 - в дясна посока.



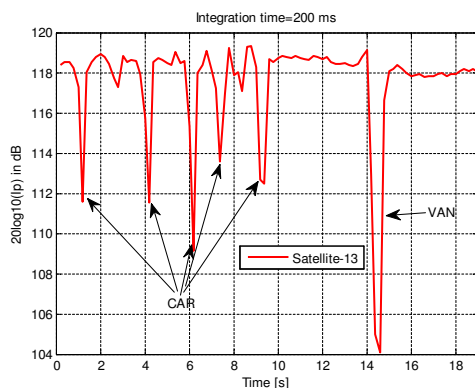
Фиг. 2.50 Автомобил, движещ се наляво



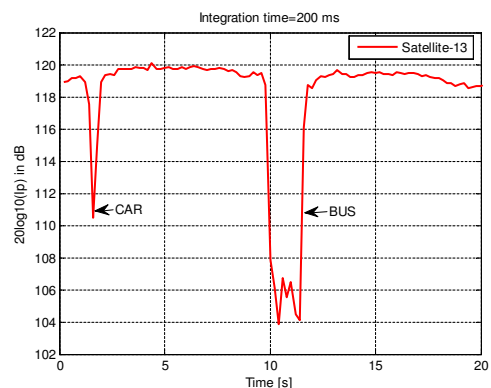
Фиг. 2.51 Автомобил, движещ се надясно

Параметрите (широчина и амплитуда) на радио сянката могат да се използват за класификация на вида превозно средство. На фиг. 2.52 са показани радио сенките на коли и един ван. На фигура 2.53 са коли и автобус. От фигурите се вижда, че видът на тези сенки може да се използва за класификация на целите. Колкото е по-дълго превозното средство, толкова е по-голяма неговата радио сянка.

Широчината е пропорционална на дължината на автомобила и неговата скорост на движение. На фигури 2.52 и 2.53 всички автомобили се движат с почти еднаква скорост около 20-30 км/ч. Амплитудата на интегрирания сигнал е пропорционална на разстоянието до приемника. Колкото по-малко е това разстояние, толкова по-голяма е амплитудата на сянката. Колкото е по-голямо това разстояние, толкова тази амплитуда е по-малка. От фигурите се вижда, че мощността на сигнала във всяко следващо платно се различава с около 2 dB. Дължината на автомобила е 4м, вана - 6м, буса - 12м.



Фиг. 2.52 Интегриран сигнал от 13 сателит

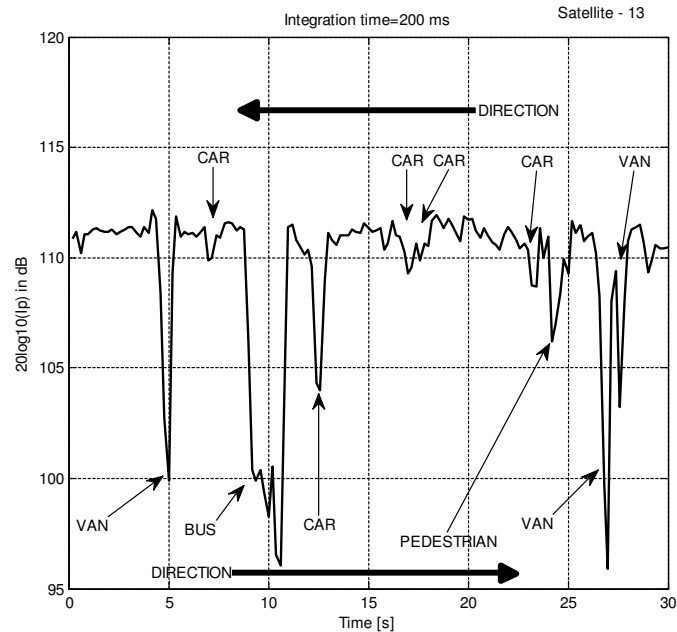


Фиг. 2.53 Интегриран сигнал от 13 сателит

С помощта на комерсиални GPS антена и GPS приемник са проведени експерименти с подвижни и неподвижни обекти и приемник. Топологията на експеримента предполага наличието на условията за възникване на ефект на пряко разпространение на сигнала. Това означава, че сателитен приемник и предавател са разположени на една и съща линия, която пресича обекта. Експериментите показват, че GPS сянката може да предостави информация за параметрите на обекта (размер, скорост и посока на движение, разстояние до приемника). Появата на GPS сянка е физическо явление, което може да се използва за извличане на полезна информация за обектите, които го

създават. Получената информация може да се използва в различни приложения като тези в класическите радари, включително радио бариери, сигурност, класификация и идентификация на движещи се и неподвижни обекти.

На фиг. 2.54 се виждат радио сенките на коли, бусове, автобус и пешеходец. Видът на тези сенки може да се използва за класификация на целите. Мощността на сигнала във всяко следващо платно се различава с около 2 dB.



Фиг. 2.54 Интегриран сигнал от сателит 13

GPS радио сянката може да предостави информация за параметрите на обекта (размер, скорост и посока на движение, разстояние до приемника). Получената информация може да се използва в различни приложения като тези в класическите радари, включително радио бариери, сигурност, класификация и идентификация на движещи се и неподвижни обекти.

Изводи:

1. Реализирането на неподвижна бистатична GPS FS радарна система, използваща GPS спътник – предавател и неподвижен пасивен комерсиален GPS приемник и антена с слабо усилване на сигнала, е възможно само в случай на изпълнение на

условията на формиране на разпространение напред, изискващо пряка „визуална връзка“ между GPS сателита обекта и приемника, т.е. да са разположени на една линия, и целта да е в зоната на сянка до приемника.

2. От получените резултати се вижда, че в зоната на сянката на приемника на неподвижна бистатична GPS FS радарна система, с предложените в дисертацията алгоритми за сигнална обработка, е възможно да се открият GPS сенките на подвижни наземни цели, като леки коли, автобуси и човек;
3. Експериментите показват, че параметрите на GPS сянката от обектите съдържа информация за параметрите на обекта (размер, разстояние до приемника).

2.2.3. Експериментални резултати получени от неподвижен GPS приемник и подвижни въздушни цели (самолети):

Направен е енергетичен разчет на БРЛС с обратно и пряко разсейване на GPS сигнал, което цели да се определи максималното разстояние на откриване на транспортен самолет [9]. Избран е самолет с площ на крилете 120 m^2 и ЕОП около 50 m^2 , коефициент на усилване на антената $G_r = 0,5, 10 \text{ dB}$, интервал на интегриране $N = 100, 200 \text{ ms}$ и $SNR_{det,min} = 10 \text{ dB}$. Получените резултати за максималната далечина на откриване за право и обратно разсейване на сигнала в бистатична GPS система са показани в таблица 1.

Табл. 1 Максимална далечина на откриване на транспортен самолет в BS и FS GPS системи

G_r dB	Бистатична система с обратно разсейване (BS)		Бистатична система с пряко разсейване (FS)	
	$N=100 \text{ ms}$	$N=200 \text{ ms}$	$N=100 \text{ ms}$	$N=200 \text{ ms}$
0	32 m	45 m	10126 m	14320 m
5	57 m	80 m	18006 m	25465 m
10	101 m	143 m	32020 m	45284 m

От таблицата се вижда, че с увеличаване на усилването коефициента на усилване на антената както и на времето на интегриране се получава по голямо разстояние на

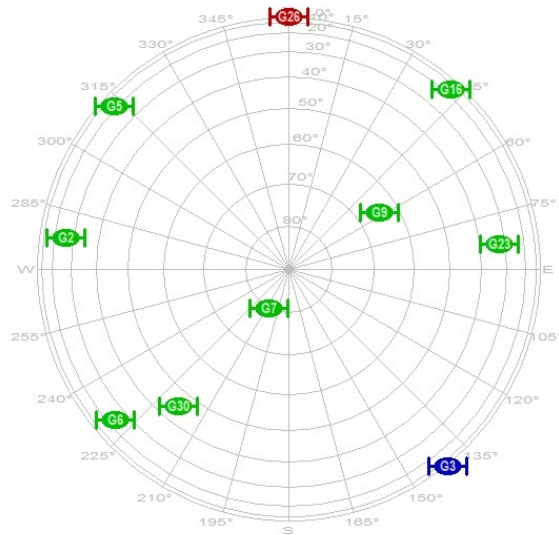
откриване на цел при отношение сигнал шум 10 dB. При стойност на бистатичният ъгъл 180 градуса или при бистатична система с пряко разсейване на сигнала, разстоянието за откриване на целта е многократно по голямо.

Провеждайки експериментални изследвания до летище София със сценарии показан на фиг. 2.55 е получен запис на GPS сигнал от система GNSS_SDR в момент на кацане на пътнически самолет. GPS антената е позиционирана на 900 м. от началото на пистата.



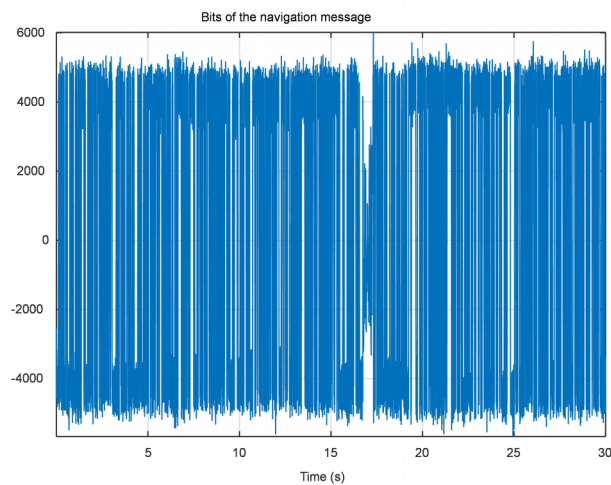
Фиг. 2.55. Експериментален сценарии

В момента на записа, над антената прелита кацаш самолет. Положението на сателитите по време на експеримента е получено от Antaris АЕК-4R и е показано на фиг. 2.56



Фиг. 2.56 Положение на сателитите по време на експеримента

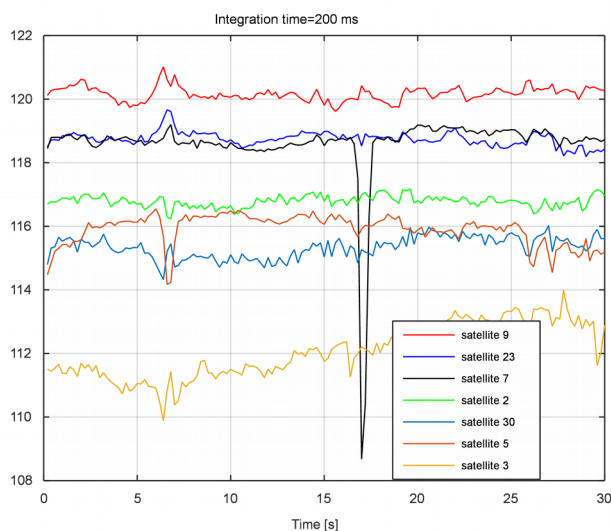
Бистатичния ъгъл е най-близо до 180^0 при сателит номер 7. Навигационното съобщение от него е показано на фиг. 2.57, от която се вижда, че в 16-17 секунда от записа сигнала намалява своята мощност или се получава така наречената радио сянка.



Фиг. 2.57. Навигационно съобщение от сателит номер 7

След обработка и интегриране на сигналите от всички видими сателити а с време на интегриране 200 ms се получава резултата на фиг. 2.58. Радио сянката от сателит номер 7 има SNR около 10 dB. В момента на кацане, самолета прелита над на GPS

приемника на около 80 m. Използваната антена е с коефициент на усилване с $G_r = 0 \text{ dB}$



Фиг. 2.58. Интегриране на сигналите от сателитите

Изводи:

1. Реализирането на неподвижна бистатична GPS FS радарна система, използваща GPS спътник – предавател и неподвижен пасивен комерсиален GPS приемник и антена с слабо усилване на сигнала, е възможно само в случай на изпълнение на условията на формиране на разпространение напред, изискващо пряка „визуална връзка“ между GPS сателита обекта и приемника, т.е. да са разположени на една линия, и целта да е в зоната на сенка до приемника.
2. От получените резултати се вижда, че в зоната на сянката на приемника на неподвижна бистатична GPS FS радарна система, с предложените в дисертацията алгоритми за сигнална обработка, е възможно да се откриват GPS сенките на подвижни наземни цели, като леки коли, автобуси и човек;
3. Експериментите показват, че параметрите на GPS сянката от обектите съдържа информация за параметрите на обекта (размер, разстояние до приемника).
4. От получените резултати се вижда, че с помощта на бистатична GPS FS радарна система реализирана чрез, GPS спътник – предавател и неподвижен пасивен

комерсиален GPS приемник и антена с слабо усилване на сигнала е възможно да се откриват ниско летящи цели;

5. В режим на пряко разсейване на сигнала е възможно да бъдат открити и летящи цели на големи височини, но ограничението в този случай е необходимостта от получаване на бистатичен ъгъл от 180° , в този случай е възможно дори без усилване на приемната антена да се открие въздушна цел от приемника.

2.3. Изводи по глава 2:

1. Проведени в МПС измервания с приемната GPS система, показват че извършените настройките на програмите в софтуерния приемник са коректни и демонстрират достоверност на определяне на координатите, т.е. готовността ѝ да се използва за провеждане на записи на GPS сигнали при различни експериментални условия;
2. Дисертантът е участвал съвместно с ръководители си от СУ и УниБИТ в редица експерименти по записи на сенки от GPS сигнали облъчващи неподвижни или подвижни обекти в бистатична радарна ФС система с подвижен приемник или неподвижен приемник;
3. Получените експериментални резултати потвърждават хипотезата, за възможност за поява на радиосянка от различни обекти в бистатични радарни системи, състоящи от GPS предавател – спътник и конвенционален GPS приемник, при изпълнение на условията: за наличие на явлениято разпространение напред и целите да са разположени достатъчно близко до приемната система;
4. Условието на формиране на разпространение напред, изисква пряка „визуална връзка“ между GPS сателита обекта и приемника, т.е. да са разположени на една линия, и целта да е в зоната на сенка до приемника.
5. Получените експериментални резултати показват, че радиосянка от подвижни или неподвижни обекти сгради, мостове, леки коли, автобуси и пешеходци облъчени от GPS сигнали, може да бъде открита в близката зона на дифракция с помощта на предложените алгоритми и програми разработени от колективите на СУ и УниБит за обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник;

6. В режим на пряко разсейване на GPS сигнала, условие формирано между GPS сателита обекта и приемника, е възможно да бъдат открити и ниско летящи цели (кацащи или излитащи) в по далечната зона на дифракцията.

ГЛАВА III. Алгоритмите за откриване на подвижни цели в радиоизображения от доплеров радар с непрекъснато излъчване

В тази глава се описват предлаганите от екипа на Софийския Университет и УниБИТ подходи и алгоритми за автоматично откриване на различни реални радиоизображения, получени от доплеров радар, с непрекъснато излъчване. Записите от доплеровия радар НР-100М са предоставени любезно от фирма „Черно море“ АД с цел модернизация на радара. В главата са описани функциите и параметрите на записващия доплеров радар НР-100М. Описани са методите за възстановяване на сигнала, както и начините за настройка на алгоритмите за обработка на радиоизображенията. Извършено е тестване на алгоритми върху получените реални записи на радиоизображения, получени в различни ситуации и с различни обекти, на предлаганите в дисертационния труд алгоритми за откриване на радиоизображения на подвижни наземни цели.

1.1 Наземен радар НР-100М

Наземният радар НР-100М е предназначен за откриване на движещи се наземни цели, за класифицирането им и определяне на техните координати по всяко време на годината при всякакви климатични условия (мъгла, сняг, прах, дъжд и др.) [23]. Може да се използва за охрана на важни обекти (атомни централи, летища, складове), граници, тръбопроводи и др.

НР-100М е преносим радар с непрекъснато излъчване, с ниска изходна мощност, което намалява вероятността за откриване и противодействие. Използва се бързо преобразуване на Фурие за автоматично откриване на движещи се наземни цели и анализиране на техния спектър. Когато амплитудите на спектралните съставлящи надвишават настройваемите прагове се включва аудио и визуална аларма, която сигнализира за открита цел. Операторът може да наблюдава разположението на целите, посоката им на движение, както и траекторията им на LCD дисплей. Той

може да избира обхвата по разстояние, разрешаваща способност, сектора на въртене(в границите от 0 до 360 градуса), усилването и други функции.

Главните функции на НР-100М са :

- автоматичен обзор
- автоматично включване на аларма за всяка открита цел
- аудиоканал за точно класифициране на целите от оператора
- визуализация на спектъра на откритите цели
- възможност за въвеждане на електронна карта
- автоматично следене на една или повече цели
- възможност за увеличаване на мащаба

Вида на радара е показан на фиг. 3.1.



Фиг. 3.1 Наземен радар НР-100М

1.2 Основни технически данни и характеристики

Обхват: 0 - 8000 м		
Режим	Обхват (метри)	Разр. способност (метри)
Наблюдение	4000	200
	2000	100
	1000	50
	500	25
Идентификация	4000	200; 100; 50; 25

Проследяване		200; 100; 50; 25
Максимално разстояние на откриване на наземни цели в условията на пряка радиолокационна видимост		
Единичен човек движещ се с радиална скорост > 2 км/ч		> 2500 м
Движеща се група хора		>3000 м
Леко МПС при радиална скорост от 2 до 80 км/ч		> 5000 м
Тежко МПС при радиална скорост от 2 до 80 км/ч		> 6000 м
Допуска се намаляване на максималното разстояние на откриване при вятър със скорост по-голяма от 10 м/сек, валежи по-интензивни от 4 мм/ч и в мъгла		
Максимална грешка при измерване на разстояние		< 25 м
Разрешаваща способност	По разстояние	По-добра от 50 м
	По ъгъл	По-добра от 6°
Сектор на сканиране по азимут		0° - 360°
Бланк сектор		0° - 360°
Аларма		Аудио визуална
Антенa		
Тип		Микролентова
Скорост на въртене		5° /сек
Ширина на диаграмата	хоризонтална плоскост	(5 ± 1)°
	вертикална плоскост	(12 ± 2)°
Ниво на страничните листи		< 15 dB
Поляризация		вертикална
Предавател	Мощност на излъчване	> 200mW
	Честота	(9720 ± 20) MHz
Приемник	Честотна лента на видеоусилвателя	150Hz ÷ 10MHz на ниво -3 dB
	Честотни ленти на доплеровия филтър	50 ÷ 1400 Hz
захранване	Входно напрежение	(10÷30)VDC (220VAC- опция)
	Консумирана мощност	< 15 W
Тегло		< 21 кг
Време за непрекъсната работа с една акумулаторна батерия		> 8 ч.
Максимално разстояние между радарния и операторския блок		100 м (>2000 м с допълнителни усилватели)
Средно време за възстановяване		1 ч.

Размери	Радарен блок	(410 x 340 x 95)mm
	Редуктор	(150 x 140 x 170)mm
	Операторски блок	(305 x 249 x 60)mm
	тринога	Ефективна височина 1.1м

1.3 Принцип на действие на наземен радар НР-100М

Радарът е с непрекъснато излъчване и фазова манипулация на излъчвания сигнал. Откриването на движещи се цели се осъществява благодарение на ефекта на Доплер [5]. Същността на този ефект е, че при отразяване на сигнала от движещ се обект с дадена радиална скорост (по посока на радара или противоположна) се променя честотата му пропорционално на тази скорост. Амплитудата на доплеровия сигнал се определя от големината на ефективната отразяваща повърхност на целта и далечината до нея. За да се определи далечината до целта се използва корелационна обработка на отразения сигнал. Точността на определяне на координатите и разрешаващата способност на радара зависят от ширината на спектъра на излъчения сигнал. Поради това се използва фазова манипулация на излъчения сигнал, която се осъществява с псевдослучайна последователност от импулси. Избраната последователност обезпечава неповторяемост на фазата за обхватите по разстояние на радара.

Фазово манипулираният сигнал се излъчва от предавателната антена, отразява се от целта и се улавя от приемната антена (Фиг. 3.2). Полученият сигнал е със закъснение два пъти по времето необходимо на сигнала за достигане на целта. След приемането му, сигнала постъпва в смесителя, където кодовата последователност се извлича и така полученият сигнал се корелира с излъчения. След това сигналът се прави цифров посредством 12 битов Аналогово-Цифров Преобразувател (АЦП) и се записва в паметта на процесора. След прилагане на Бърза трансформация на Фурие БТФ (Fast Fourier Transformation FFT) върху цифровите данни се получава спектъра на сигнала в честотната област.

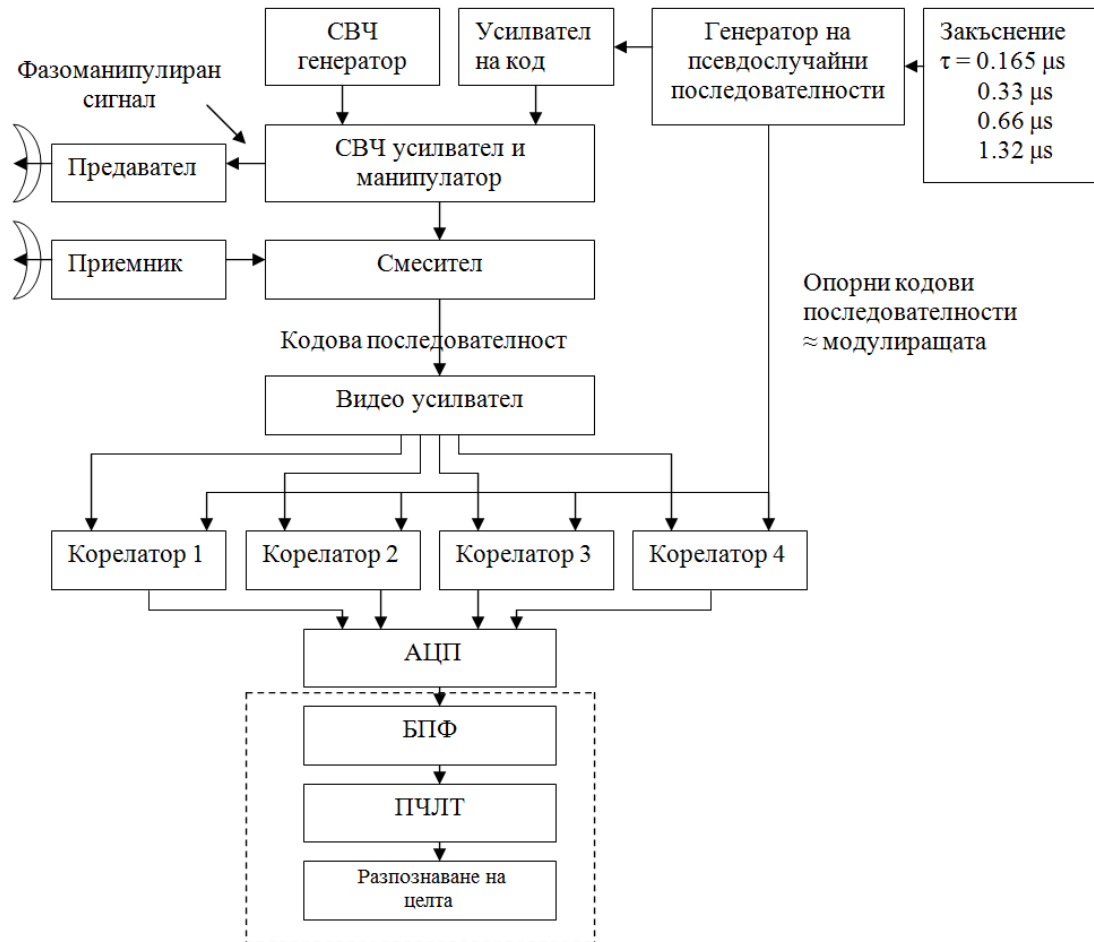
Локализират се целите, които надвишават праг, определен от оператор и се проследяват. Класификацията на целите се извършва от оператора, който слуша силата и честотата на звуков сигнал, отговарящ на получения и обработен такъв.

Най-общо действието на радара е показано на Фиг. 3.2:

Целта на настоящата работа е да се изследват и настройват сигнални алгоритми които да могат заменят работата на оператора с цел модернизация на радара. Предмет на настоящето изследване ще са бързата фурье трансформация и алгоритъма за откриване на целта при поддържане на зададена вероятност на лъжлива тревога. Класифицирането на целите ще бъде тема на следващи изследвания.

На фигура 3.2, областта, заградена с пунктир е предмет на изследването в настоящата работа.

За изследване и настройване на сигналните алгоритми в настоящата работа ще бъдат използвани реални записи, любезно предоставени от фирма “Черно Море” АД, гр. Варна.



Фиг. 3.2 Блок схема на НР-100М

3.3.1. Описание на записите от доплеровия радар НР-100М

Предоставените ни записите са на най-характерните и често срещани цели с които работи наземният радар НР-100М.

1. Вървящ човек - най-честото приложение на радара е откриване на движещи се хора. Тяхната доплерова честота е в най-ниския честотен спектър, с който работи НР-100М. Поради малката си отразяваща повърхност, този тип цел е най-трудна за откриване на по-голямо разстояние, но и най-ценна. Звукът наподобява „туптене“, което се получава при движението на краката на целта.

2. Автобуси и коли – радара също така трябва да може да открива и превозни средства. Амплитудата на тези цели зависи от големината им, звукът наподобява

„свирене“. Доста по-лесни са за откриване на големи разстояния, особено когато се движат с по-висока скорост.

3. Движение на дърво при вятър – много често срещана цел, която е нежелана. Амплитудата и зависи от силата на вятъра. Доплеровата ѝ честота е около тази на вървящ човек, поради което при силен вятър близко разположени дървета сериозно възпрепятстват откриване на хора. Желателно е влиянието на този тип цел да се намали максимално.

4. Коли и дървета – това е запис, в който се съдържат смесени звуци от движещи се автомобили и близко разположени дървета, при сравнително силен вятър.

3.3.2. Описание на файла на записа

Записът представлява файл от 16-битови числа, като първо е записан младшият байт на числото, след него старшия. Файлът съдържа последователни "кадри" от $16+4*1024=4112$ числа или 8224 байта. Първите 16 числа са описание на състоянието, след това 1024 семпла - звук от първи канал, 1024 от втори, 1024 от трети и 1024 от четвърти канал.

Значението на първите числа (с индекси от 0 до 15) е следното:

[0] - Режим на радара: 0 - StandBy; 1 - Identification; 2 - Surveillance; 3 - Tracking; 4 - SurvR

[1] - Азимут*10 (0...3599)

[2] - Разстояние (Range) в метри за първи канал

[3] - Разрешаваща способност в метри (25, 50, 100, 200)

(Ако разстоянието е 300, а разрешението е 50 метра, първи канал "наблюдава" от 250..300, втори 300..350, трети 350..400, четвърти 400..450). Останалите са системна информация за състоянието на радара. Семплите са информацията, свалена от АЦП, което цифровизира доплеровото аудио. От 16-те бита най-старшите 4 са системна информация за самият АЦП, а останалите 12 са цифровизирания звук. Използва се стандартно цифровизиране, където най-ниската амплитуда е 0, а най-високата 4095 (FFT).

След преминаването на сигнала през аналогово-цифровия преобразувател при обработката му в радара данните са записани в паметта на сигналния процесор, от където могат да се вземат за последваща обработка.

Изводи:

1. Описани са функциите и параметрите на записващия доплеров радар НР-100М
2. Разгледани са най-характерните и често срещани цели с които работи наземният радар НР-100М, както и формата на цифровия запис на файловете.
3. Записите от доплеровия радар НР-100М са предоставени любезно от фирма „Черно море“ АД с цел модернизация на радара, посредством избор на алгоритми за автоматично откриване на радиоизображения на подвижни цели.

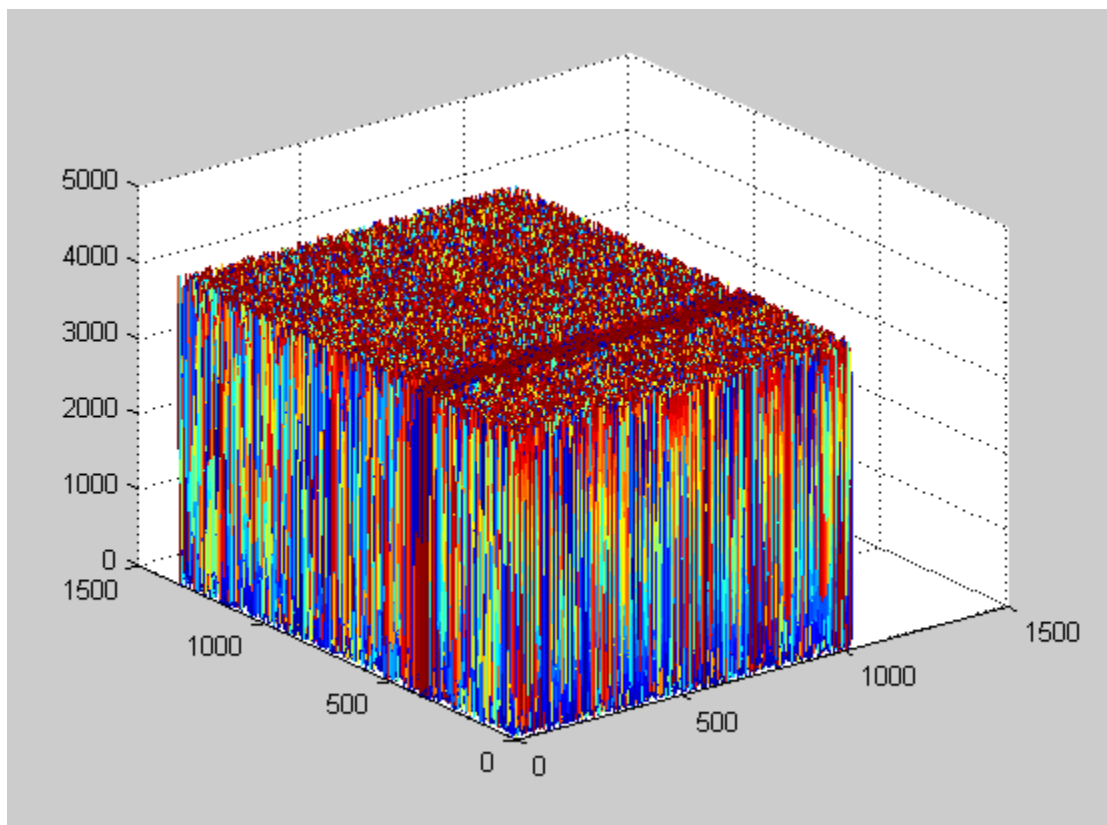
За съжаление във вида в който са предоставени записите от фирма „Черно море“ АД, не могат да се използват, и се налага да се извърши предварителна обработка, т.е. възстановяването им.

1.4 Възстановяване на истинските стойности на сигнала в радиоизображенията

3.1.1 Описание на алгоритъма за възстановяване на реалното цифрово изображение на радара предложен от колектива на фирма „Черно море“.

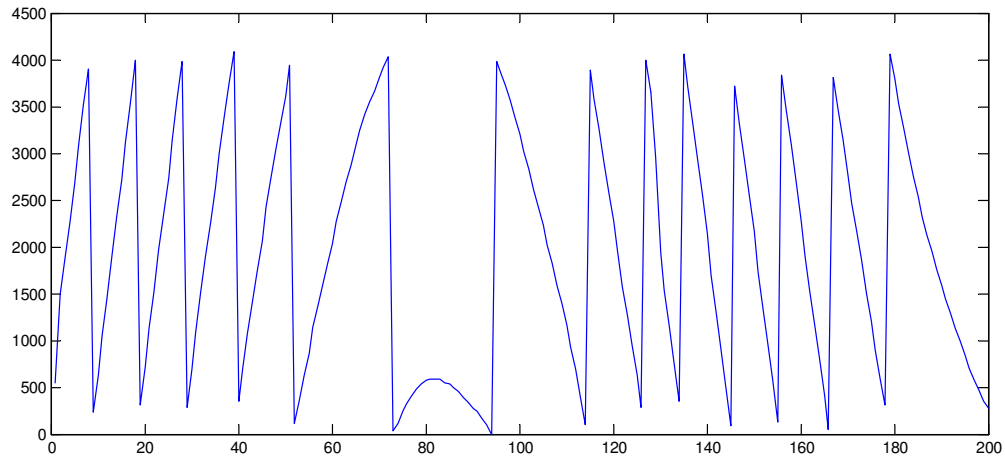
Понеже АЦП е 12 битов, цифровото изражение на амплитудата на сигнала може да приема стойности от 1 до 4096, което в общия случай е няколко порядъка по-малко от реалните стойности на сигнала. При записването се получава многократно препълване на 12-битовите стойности, които трябва да се възстановят впоследствие, за да се работи с реалната амплитуда. Данните, които се получават на изхода на аналогово-цифровия преобразувател са във вид на матрица, която съдържа сигнала от непрекъснатото излъчване на радара за определено време. Този сигнал е разделен на редове в матрицата, като всеки ред се интерпретира като отделен опит за измерване, а в отделния ред е записан сигнала на този опит през времетраенето му. На фиг. 3.3 се вижда сигналната матрица в първия канал на записа на вървящ човек. На фигурата

ясно личи, че аналогово цифровия преобразувател е 12 битов, тъй като няма стойност, която да надвишава 4096. Общо взето от този вид на данните не могат да се направят никакви по-конкретни изводи.



Фиг. 3.3 Изображение на сигналната матрица на изхода на АЦП

На фиг. 3.4 е показана част от един изваден ред от матрицата на фиг 3.3. Тук ясно личат препълванията в 12 битовите стойности, т.е. след като сигнала надвиши максималното число, започва да се записва от 0. Също така личи че това се е случвало многократно. За да се получат истинските стойности на сигнала, трябва да се приложи съответната обработка.



Фиг. 3.4 Част от ред от сигналната матрица

Това може да се постигне например със следния алгоритъм:

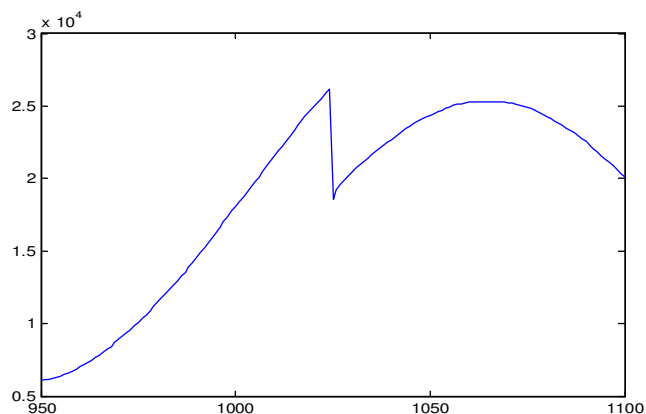
Обхождат се една по една клетките на масива X , в който е записан сигнала и се сравнява текущата клетка $X[i]$ със следващата $X[i+1]$. Ако имаме разлика от порядъка на 4096, т.е. $\text{round}((X[i] - X[i+1])/4096) = 1$, то прибавяме 4096 към $X[i+1]$. По този начин получаваме истинските стойности на всички клетки, които са от същия или по-голям порядък, както първата. За да получим и тези с по-малък порядък, обхождаме отново масива – този път отзад напред и правим същата операция – ако $\text{round}((X[i+1] - X[i])/4096) = 1$, прибавяме 4096 към $X[i]$. След двойното обхождане на масива получаваме реалните стойности.

Този алгоритъм възстановява сигнала в един ред от матрицата. Трябва да се приложи за всеки отделен ред, за да се обработи цялата. Ако редовете на матрицата бяха независими опити с радара, това би била достатъчна обработка, но тъй като радара е с непрекъснато излъчване, се знае че сигнала е един в цялата матрица и трябва да е непрекъснат (в смисъл на непрекъснатата функция). С други думи, трябва крайт на всеки ред да съвпада с началото на следващия за да бъде всичко коректно. Това може да се постигне например със следния алгоритъм:

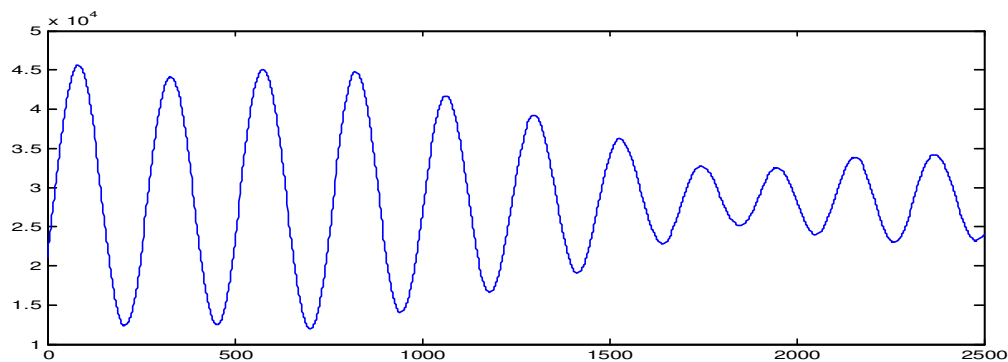
Нека матрицата M е с размери $a \times b$. Обхожда се матрицата ред по ред и се сравняват последния елемент на текущия ред $M[i,b]$, $i=1..a$, с първия на следващия ред $M[i+1,1]$. Разликата $M[i+1,1] - M[i,b]$ се разделя на 4096 и така се получава колко порядъка е разликата между текущия ред и следващия. Като се започне от

първия ред се записват разликите на всички редове спрямо него $diff[i]$. Тези разлики могат да бъдат положителни или отрицателни. Намира се максималната разлика $max = \max(diff[i])$, $i = 1..a$, и всеки ред се повдига с толкова, колкото е разликата между този максимум и разликата на текущия ред: $up[i] = max - diff[i]$.

Прекъсването на сигнала преди обработката може да се види на фиг. 3.5. Дадена е част от два слепени реда от матрицата. Тъй като редовете на матрицата са с по 1024 клетки, прекъсването се получава точно между 1024-тата и 1025-тата, където е направено слепването. След прилагането на алгоритъма всички прекъсвания на сигнала са отстранени, което може да се види на Фиг. 3.6, където е показана частта от сигнала отговаряща на първите два реда и част от третия.



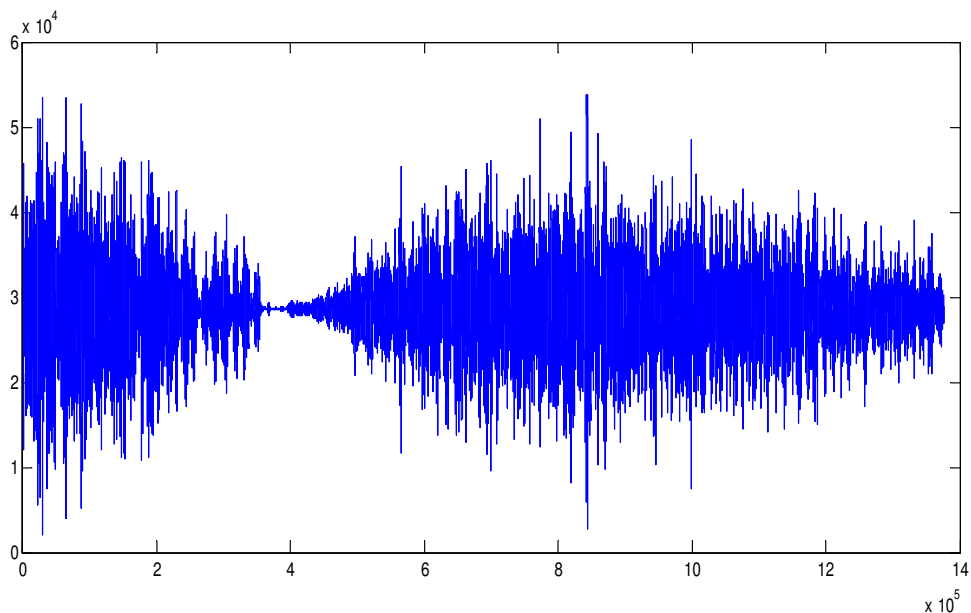
Фиг. 3.5 Прекъсване на сигнала в различните редове на сигналната матрица



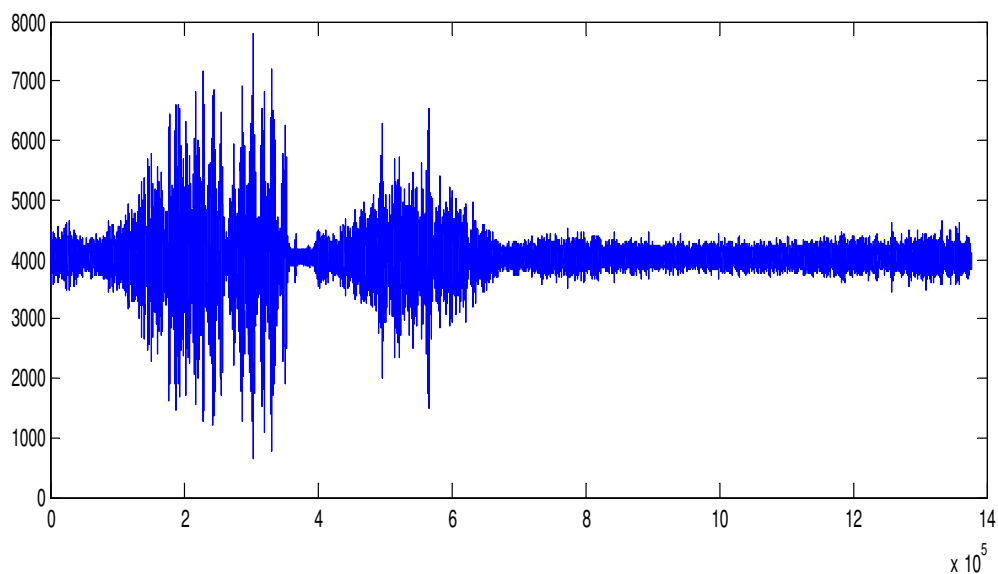
Фиг. 3.6 Част от възстановения реален сигнал

3.4.2. Получени резултати от възстановяването на изображенията с предложения алгоритъм

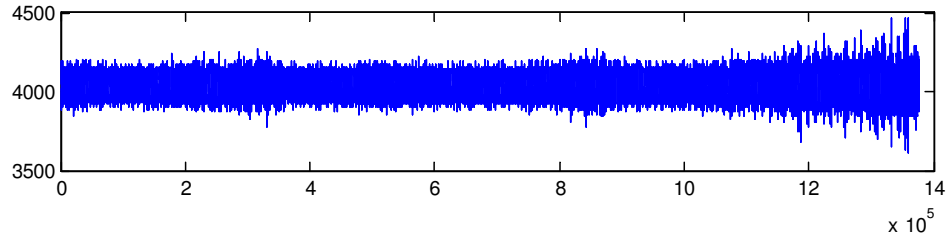
На фигури 3.7-3.10 са показани записите на един ред от реалните сигнали във всеки един от четирите корелационни канала след прилагането на предложения алгоритъм за възстановяване на сигналите. Радиоизображението се получава, като се слепят последователно всички редове на съответната сигнална матрица виж по долу.



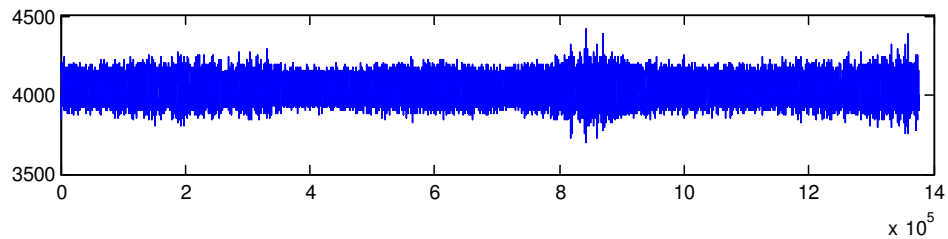
Фиг. 3.7 Възстановен реален сигнал в първи корелационен канал на запис с вървящ човек



Фиг. 3.8 Възстановен сигнал във втори корелационен канал на запис с вървящ човек



Фиг. 3.9 Възстановен реален сигнал в трети корелационен канал на запис с вървящ човек

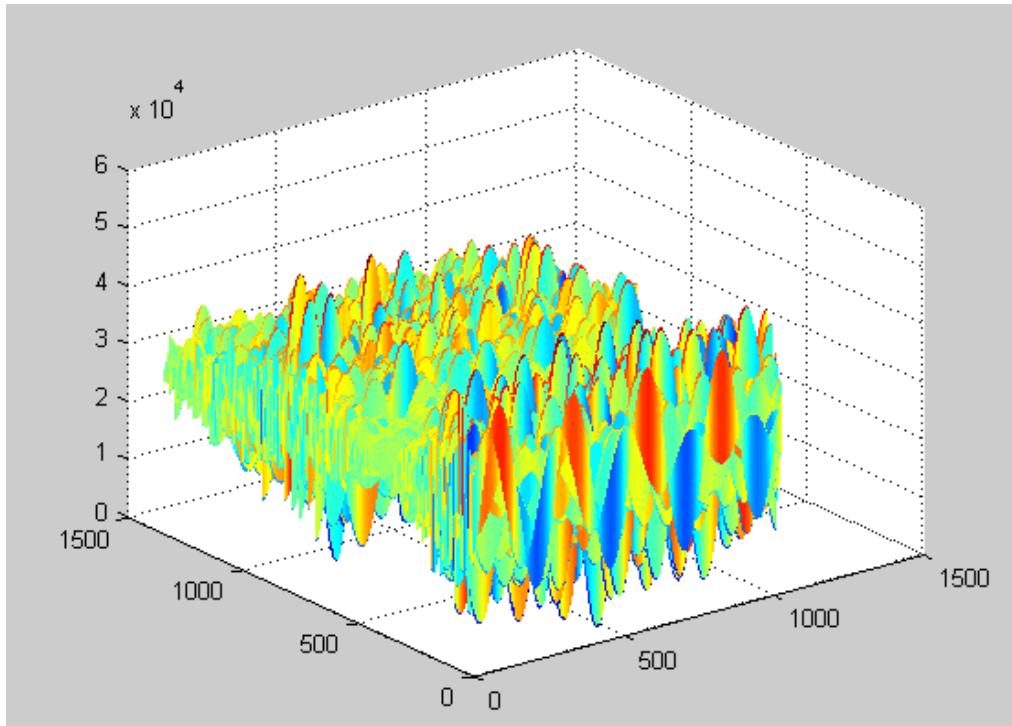


Фиг. 3.10 Възстановен реален сигнал в четвърти корелационен канал при вървящ човек

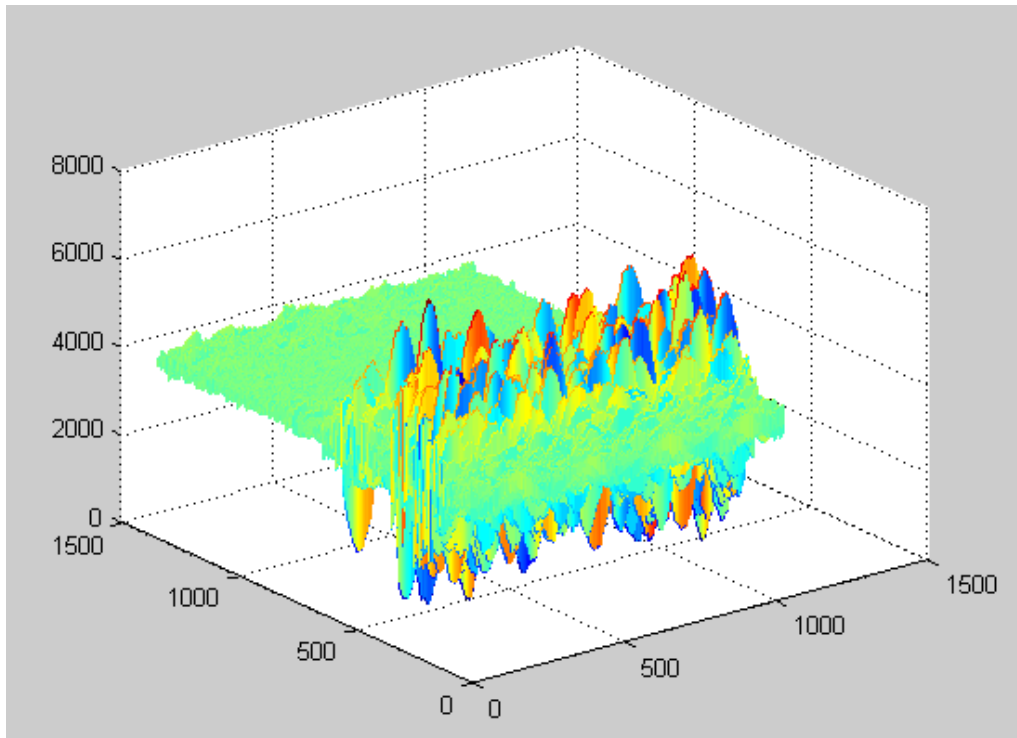
- **Коментари по получените резултати от възстановяването:**

В първи корелационен канал се забелязва голяма амплитуда на сигнала – от порядък $5 \cdot 10^4$. Това може да се възприеме като наличие на отразен сигнал в този диапазон по разстояние. Във втори корелационен канал имаме относително малка амплитуда в сравнение с първия – достига до $1/6$ от нея в първата половина от измерването. Във втората половина имаме малки колебания, които могат да бъдат интерпретирани като вътрешен шум на приемника. В трети и четвърти канал, положението е същото както във втората половина на втори канал. Имаме сравнително постоянна големина на амплитудата с много по-малък порядък от тази в първи канал, следователно може да се допусне, че нямаме полезен сигнал.

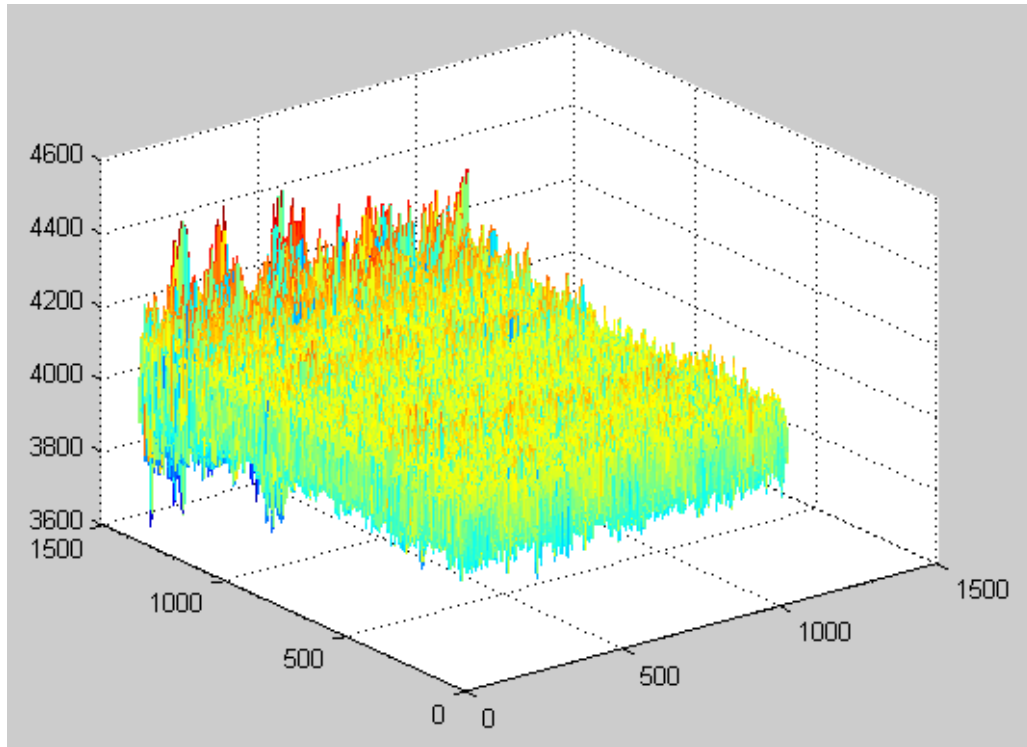
На следващите четири фигури (3.11-3.14) са дадени сигналните матрици след обработката им за получаване на реалните стойности на сигнала. Както вече се забеляза по-рано, в трети и четвърти корелационни канали резултатите показват, че с голяма вероятност може да се твърди, че сигналът там е само от вътрешен шум на приемника.



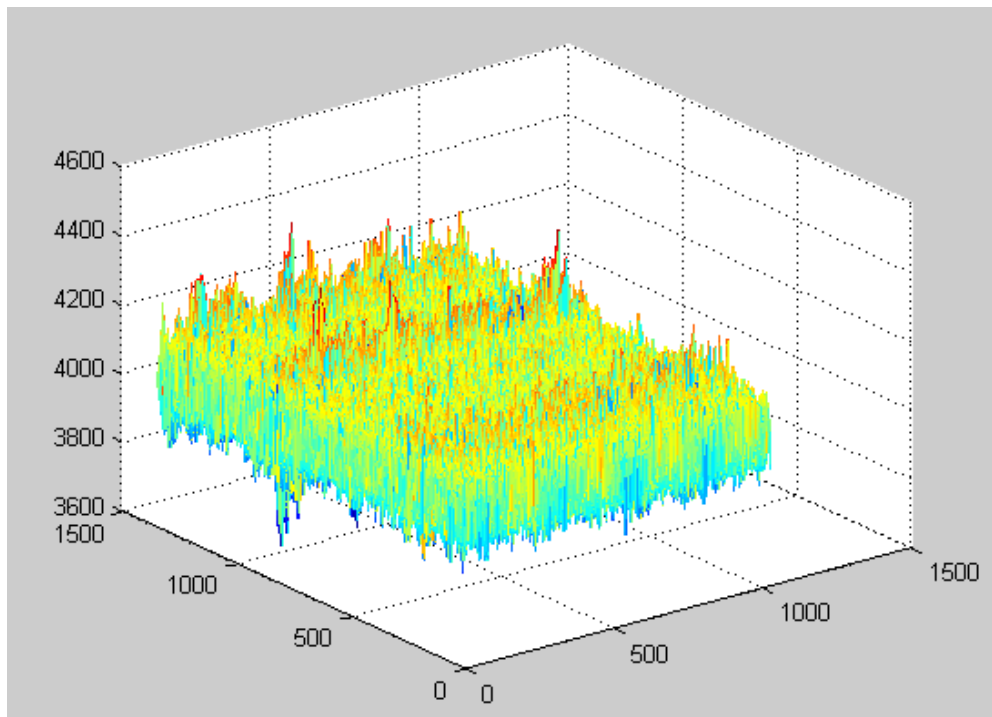
Фиг. 3.11 Реален сигнал в сигналната матрица за първи канал



Фиг. 3.12 Реален сигнал в сигналната матрица за втори канал



Фиг. 3.13 Реален сигнал в сигналната матрица за трети канал



Фиг. 3.14 Реален сигнал в сигналната матрица за четвърти канал

Разглеждането на целия диапазон на даден корелационен канал е полезно от гледна точка на по-лесното разпознаване на появата или липсата на отразен сигнал.

В общия случай, обаче, данните в дадените сигнални матрици трябва да се разглеждат, като независими по редове, т.е. редовете се разглеждат като различни опити проведени с радара. От тук нататък матриците ще се разглеждат точно по този начин и последващите обработки върху данните ще бъдат на основата на това представяне на данните.

1.5 Избор и настройка на алгоритмите за обработка на изображения в доплеров радар

За да се извърши автоматизирането на откриването на движеща се цел от доплеровия радар без оператор трябва да се потърсят клас автоматични алгоритми – устройства поддържащи постоянна честота на лъжлива тревога (ПЧЛТ), работещи в честотната област. Това е необходимо защото сигналната матрица в доплеровия радар, е трансформирана в матрица с доплерова скорост - време (номер на запис) с помощта на Бързата Трансформация на Фуруе (FFT).

По принцип в стария руски прототип на радара обработката на сигналите се извършваше във времевата област, като оператора слуша със слушалки приетите сигнали. Модернизацията на завода се състоеше в пълната цифровизация на обработката на радара, и избора им да се измерва скоростта на движещата се цел по големината на Доплеровото изместване на сигналите от целта, извършвано с помощта на Бързата Трансформация на Фуруе (FFT). Точността на това измерване на големината на скоростта на целите, зависи от броя на избраните канали или от разрешението на единичния канал. Следователно, избрания алгоритъм за автоматичен откривател в доплеровия радар, ще извършва едновременно откриване – измерване на скоростта на целта, по номера на честотния канал. За удобство в дисертацията, в сигналните матрици по ордината са нанесени вече преизчислени стойности на доплеровата скорост, а не номера на честотните канали.

В обзорните радарите, които извършват автоматично откриване на целите и измерване на параметрите им, дистанция - азимут, работят със сигнални матрици с дименсии дистанция – фиксиран азимут или дистанция – азимут. Известно е, че за този клас радари, напоследък успешно се използват CA-CFAR процесори, или тъй наречените осредняващи ПЧЛТ откриватели [45-50]. Това е клас автоматични откриватели

поддържащи постоянна вероятност на лъжливата тревога в условията на стационарни смущения с неизвестна мощност.

Най-разпространен от тях е адаптивен плъзгащ се **откривател на единични импулси** по азимут, извършващ това за всички дистанции в сигналната матрица. Той поддържа постоянна вероятност на лъжлива тревога, с усредняване на оценката на мощността на смущението - (CA-CFAR). На практика той открива най висок единичен импулс, ако той надскача адаптивния праг формиран от мощността или сумата на съседните отляво и отдясно клетки на сигналната матрица.

В статиите [45-50], от колективите на СУ и УниБИТ, се предлага да се използват същия подход и структура на осредняващ ПЧЛТ в случая за откриване на цели в доплеров радар, т.е. в честотната област, по канали. т.е. откривател на единични амплитуди на доплеровата скорост, плъзгащ се по елементите на сигнална матрица по скорост и извършващ откриване на най-висока амплитуда на доплеровия сигнал в честотния канал.

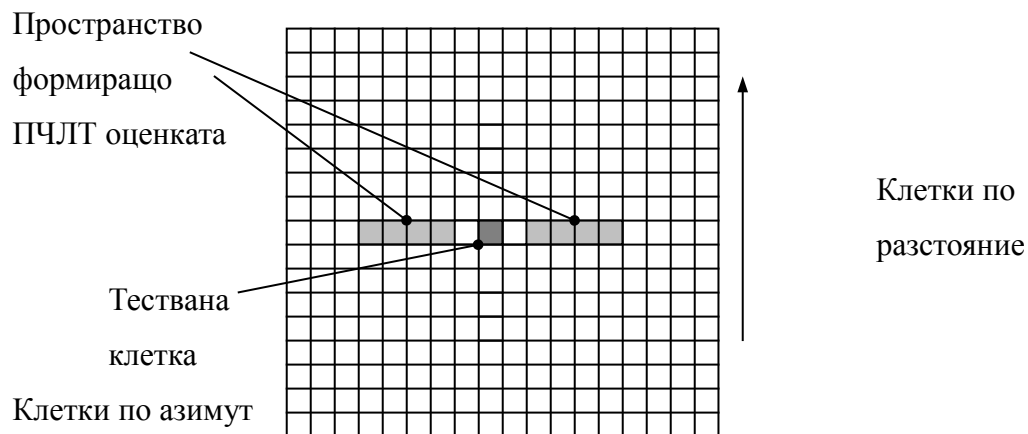
Естествено праговата му стойност, трябва предварително да се настрои съгласно изискванията за вероятност на лъжлива тревога, т.е. да не се извърши откриване на амплитудата на доплеровия сигнал, в една матрица при условие, че в нея не присъства сигнал от цел.

За да настроим алгоритмите, използвани в дисертацията - ФФТ и ПЧЛТ откривателя, ще бъде по-подробно изследван реалният запис с вървящ човек.

3.5.1. Устройства за автоматично откриване на радарни сигнали поддържащи постоянна честота на лъжлива тревога.

Формиране на обучаващ прозорец в осредняващ ПЧЛТ откривател.

Ще припомним, че в автоматичните осредняващи ПЧЛТ откриватели се използват се основно три начина за формиране на обучаващия прозорец в получените в паметта на радара сигнални матрици формиранни по разстояние и азимут, или по разстояние и скорост в доплеровите радари [15]. Ние избрахме вторият начин на формиране на извадката е "плъзящ прозорец" по азимут (фиг. 3.15), или по в нашия случай по честота на доплеровия сигнал. Структурата му е посочена по долу.



Фиг. 3.15 Обучаващ прозорец по азимут

Формиране на прага на откриване в усредняващ ПЧЛТ откривател.

В усредняващия УС- ПЧЛТ откривател, прага за откриване H_D се формира на базата на текущо оценяване на нивото на смущението в обучаващата извадка, като получената оценка на мощността на смущението V се умножава по предварително определен скаларен фактор T . Скаларният фактор T е функция на избраната вероятност на лъжлива тревога, дължина на обучаващия прозорец и от средата в която работи.

3.5.2. Избор на размерността на ФФТ алгоритъма

Преди да се приложи Бърза трансформация на Фурие върху реалните данни, трябва да се направят някои предварителни действия и да се определят конкретни параметри за трансформацията. Естествено, тази параметризация трябва да е съобразена с решаваната задача. В случая, конкретната задача е откриване и разпознаване на цел, на фона на смущение от клатещи се дървета, храсти и трева. Имаме сигнал с определена доплерова честота, която е пропорционална на радиалната скорост на целта. Поради тази причина, след като данните се преобразуват в честотния диапазон, честотата може да бъде интерпретирана като скорост. Може да се направи очевидното допускане, че радиалната скорост на човека спрямо радара ще бъде от порядъка на 1 – 5 км/ч. Освен това имаме характеристиките на радара и размерността на получените данни. Също така трябва да се има предвид

и ефективността при използването на алгоритмите за БФТ. От всичката тази информация трябва да се определи колко точкова да бъде трансформацията, т.е. каква да бъде резолюцията (по скорост) след прилагането на БФТ.

От спецификацията на радара имаме следните данни:

Честота на излъчвателя F	(9720 \pm 20) MHz
Честотна лента на видео усилвателя	150Hz- 10MHz
Честотна лента на доплеровия филтър	50Hz – 1400Hz
Максимално разстояние на целта R_{max}	4 000 m
Резолюция по разстояние ΔR	25, 50, 100, 200 m
Максимална очаквана скорост на целта V_{Dmax}	\pm 80 km/h

Размерността на фурие трансформацията - N_{FFT} зависи от резолюцията по скорост - ΔV_D , която искаме да постигнем. Определянето на броя на честотните канали в FFT се извършва с използването на формулата:

$$N_{FFT} = \frac{2\Delta F_{Dmax}}{F_D} \quad (3.1)$$

Знаейки, че честотите са

$$F_{Dmax} = \frac{2\Delta V_{Dmax}}{\lambda} \quad \text{и} \quad F_D = \frac{2V_D}{\lambda} \quad (3.2)$$

за размерността на фурие трансформацията се получава израза:

$$N_{FFT} = \frac{2\Delta V_{Dmax}}{V_D} \quad (3.3)$$

където ΔV_{Dmax} е максималната доплерова скорост на целта, а V_D е разрешаващата способност по скорост.

От спецификацията на наземният радар HP-100M следва, че максималната доплерова скорост е 160км/ч.

$$\Delta V_{D\max} = \pm 80 \text{ km/h} \quad (3.4)$$

От задачата произлиза, че е напълно достатъчно ние да откриваме цели през 1 км/ч – или това е скоростта на различаване на целите (velocity resolution ΔV_D).

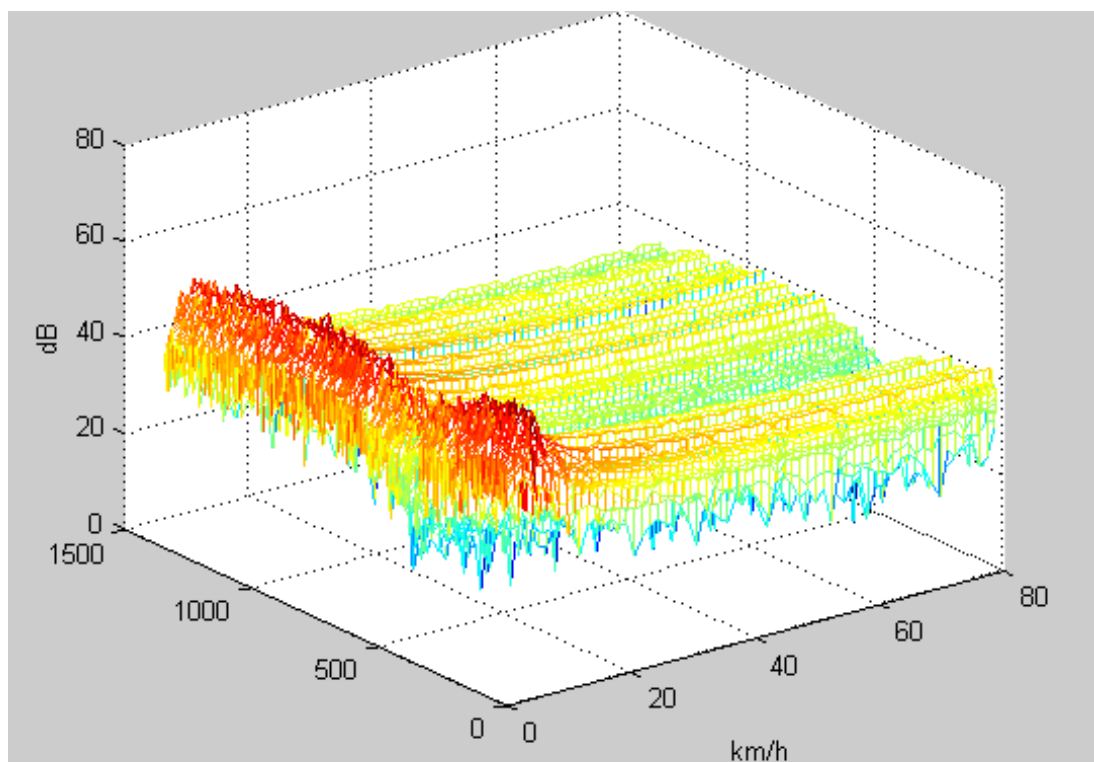
$$V_D = 1 \text{ km/h} = 0,2777 \text{ m/s} \quad (3.6)$$

Замествайки в 3.3 максималната доплерова скорост и желаната от нас разрешаваща способност по скорост, се получава, че размерността на БФТ е $N_{FFT} = 160$.

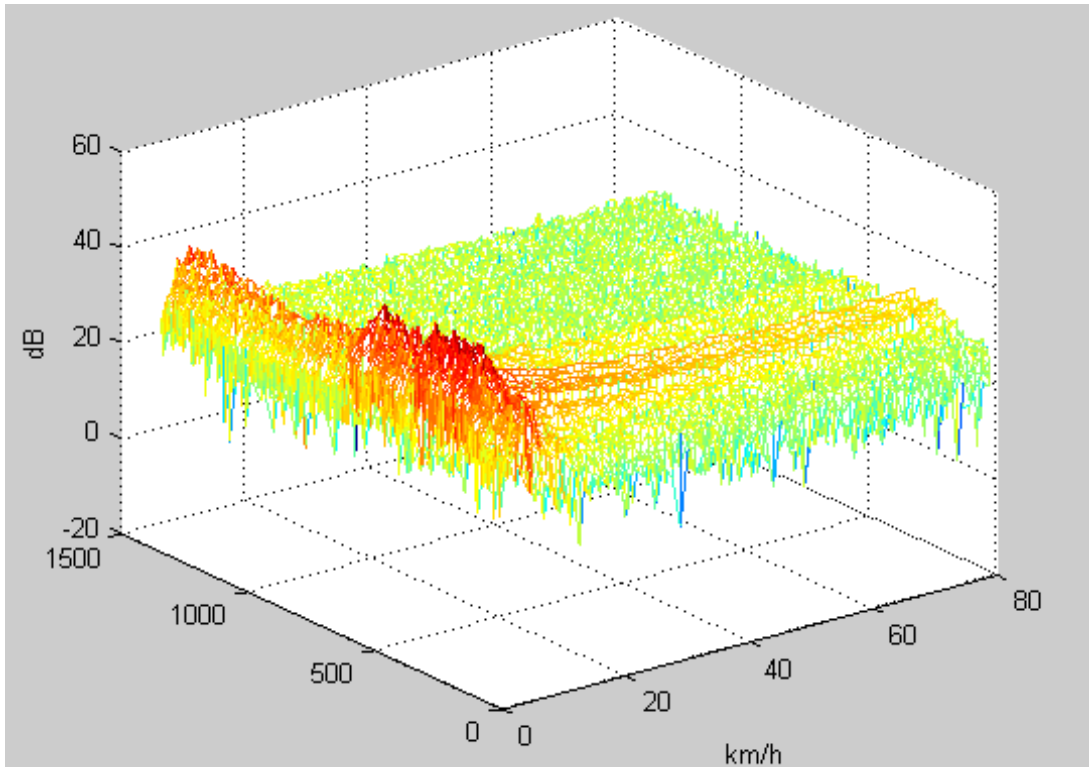
Ние избираме размерността на БФТ да бъде $N_{FFT} = 128$, по този начин разрешаващата способност по скорост е $V_D = 1.25$ км/ч, което е достатъчно за разглежданата от нас задача.

1.5.1 Визуализиране на сигналната доплерова матрица на запис на вървящ човек

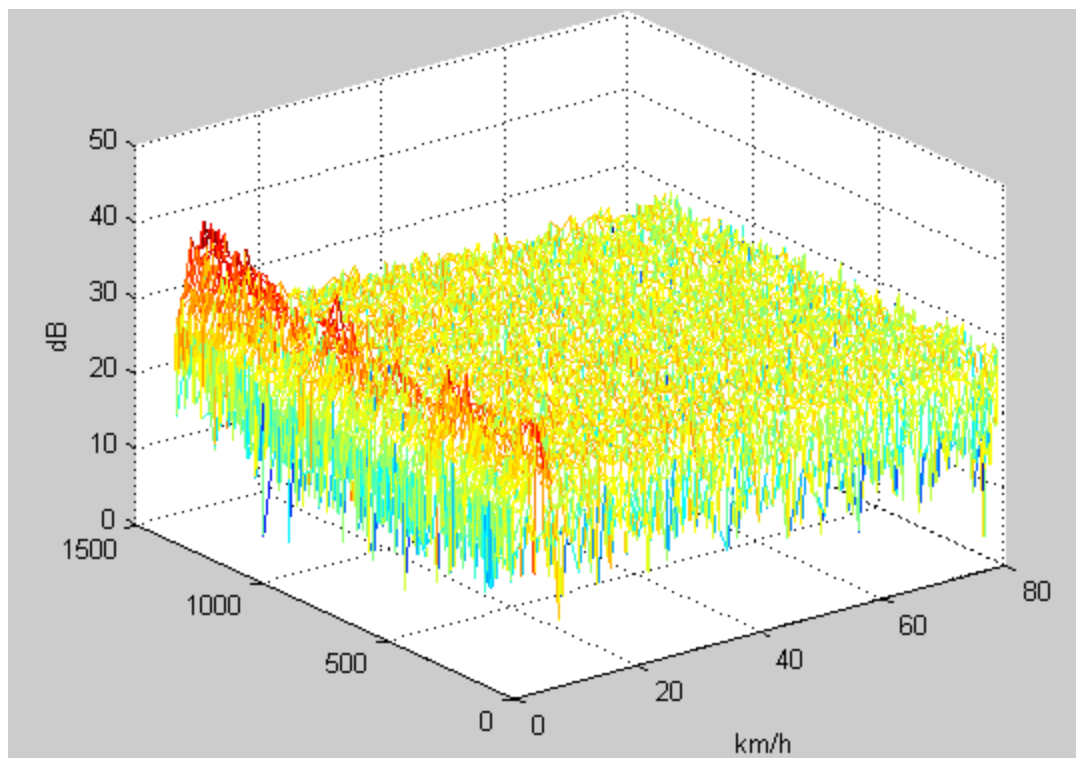
По долу са представени сигналните доплерови матрици на четирите корелационни канала. Те са получени чрез Бързата Трансформация на Фурие с $N_{FFT} = 128$ приложена върху всеки ред на всяка от 4 матрици.



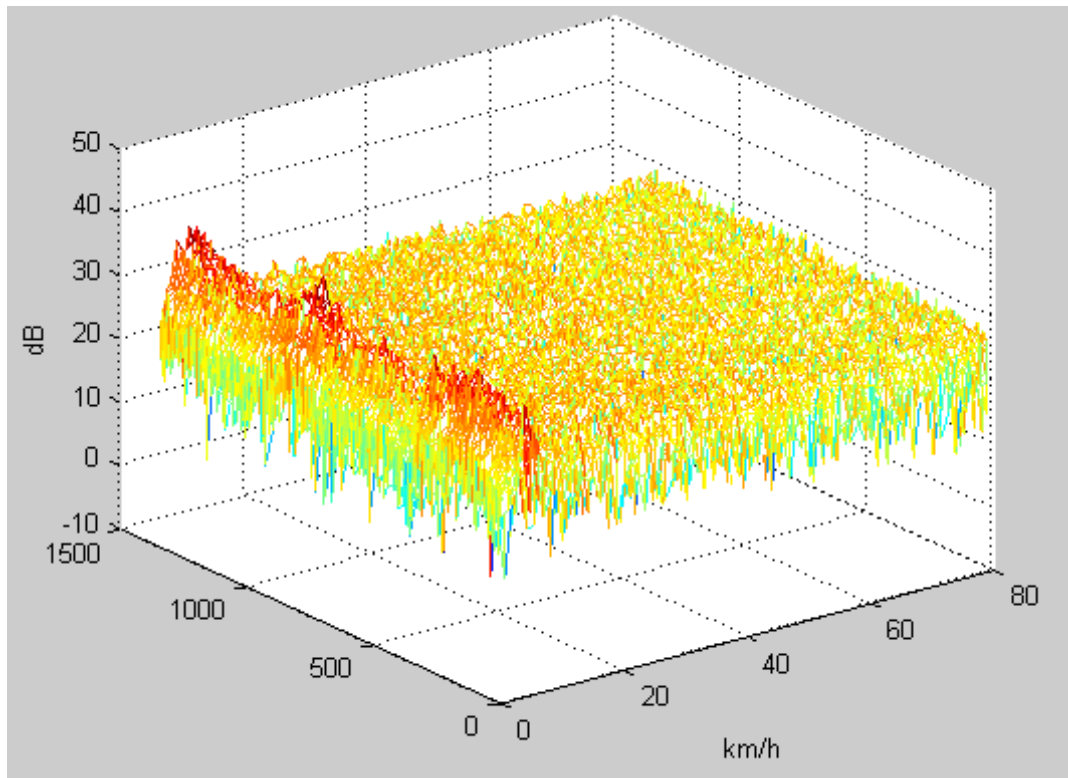
Фиг. 3.16 Честотен спектър на канал 1, $N_{FFT} = 128$ (запис на вървящ човек)



Фиг. 3.17 Честотен спектър на канал 2, $N_{\text{FFT}} = 128$ (запис на вървящ човек)



Фиг. 3.18 Честотен спектър на канал 3, $N_{\text{FFT}} = 128$ (запис на вървящ човек)



Фиг. 3.19 Честотен спектър на канал 4, $N_{\text{FFT}} = 128$ (запис на вървящ човек)

След прилагане на Фурие трансформацията се получава симетричен спектър. Поради тази причина на графиките е изобразена само едната половина на данните. Освен това за по-добра прегледност амплитудата е изобразена в децибели. Честотата се интерпретира като скорост и затова на практика, по абсцисата имаме скорост, по ординатата – брой записи, а по апликатата – амплитуда в децибели. В различните канали се вижда, че имаме високи амплитуди в малките скорости и постепенно намаляващи към големите.

3.5.3. Настройка на вероятността на лъжлива тревога в изчисления ПЧЛТ доплеров откривател върху запис на вървящ човек

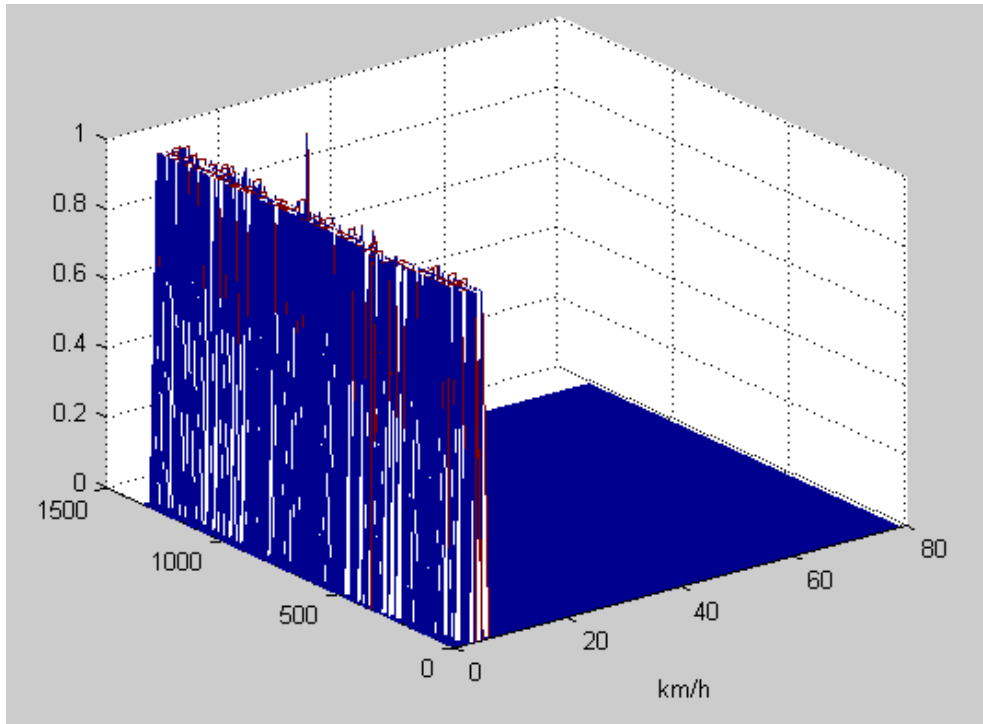
Обучаващият прозорец на откривателя ще се движи по редовете на матриците, т.е. по честота (скорост). Целта е за всеки ред да се открие евентуално наличие на полезен сигнал или да се покаже, че такъв липсва. След като се обработят данните в цялата матрица, може да се направи общ поглед върху откритите цели, тяхната скорост на движение и да се интерпретира резултата. При получената информация от

обработките на всички матрици, могат да се направят по-общи изводи за параметризирането на обработките и да се определят оптималните параметри за конкретните данни.

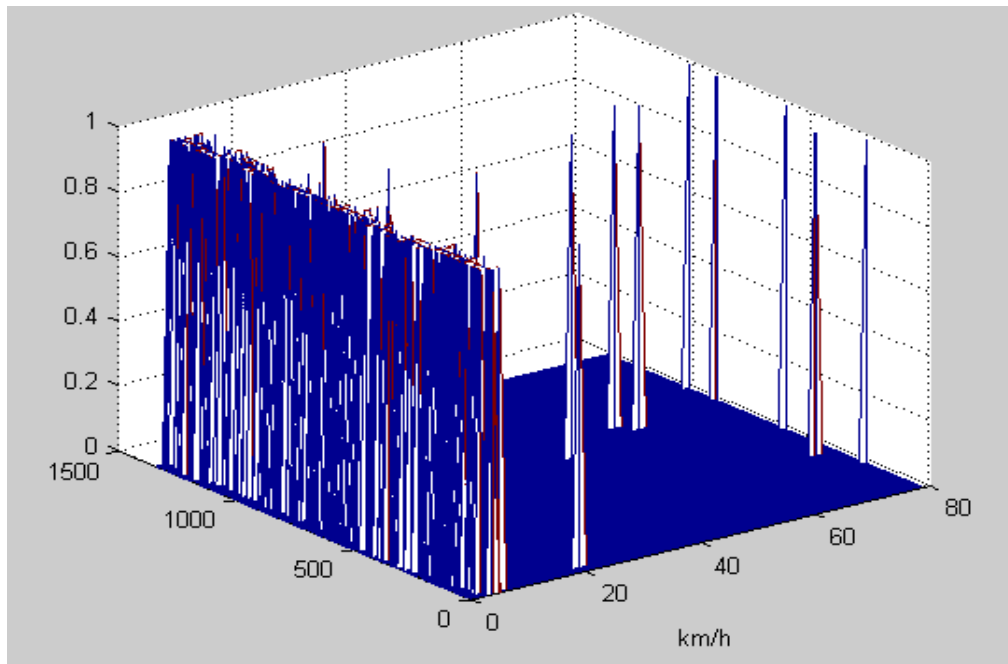
При използването на УС- ПЧЛТ, основния параметър, с който ще се настройва е коефициента T (скаларният фактор). Според теорията, целта на този коефициент е да се осигури постоянна вероятността за лъжлива тревога.

В конкретния случай нямаме информация за естеството на шума и на възможните интерференции и импулсни смущения, а имаме само експериментални данни. Поради тази причина, коефициента T трябва да се настори по тези експериментални данни с помощта на откривателя. Т.е. настройката на скаларният фактор на УС – ПЧЛТ се извършва експериментално по сигналната матрица съдържаща информация за реални смущения от гората.

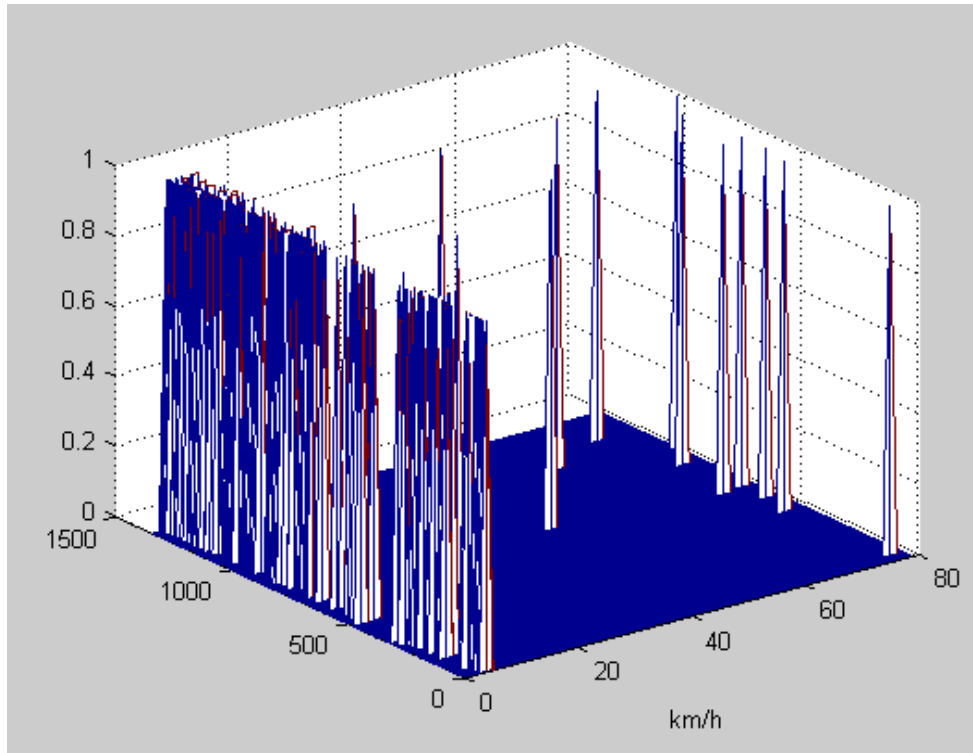
Вървящият човек се намира в канал 1, а във останалите канали има само шум от приемника и движението на тревата, храстите и дърветата. Това означава, че осредняващият ПЧЛТ откривател, трябва да се настрой там където няма полезна цел, т.е. в корелационните канали 2, 3 и 4. Целта е на настройката е, прага на откривателя да се вдигне толкова, че в тези няколко канала да имаме по една две открити фалшиви отметки, т.е. ниска вероятност на лъжливата тревога. Резултатите по-долу са получени при големина на обучаващият прозорец 16 и стойности на избран експертно скаларен фактор $T = 4, 6$ и 8 . Увеличавайки стойността на скаларният фактор, се увеличава големината на прага на откривателя и съответно вероятността за поява на лъжливи цели намалява.



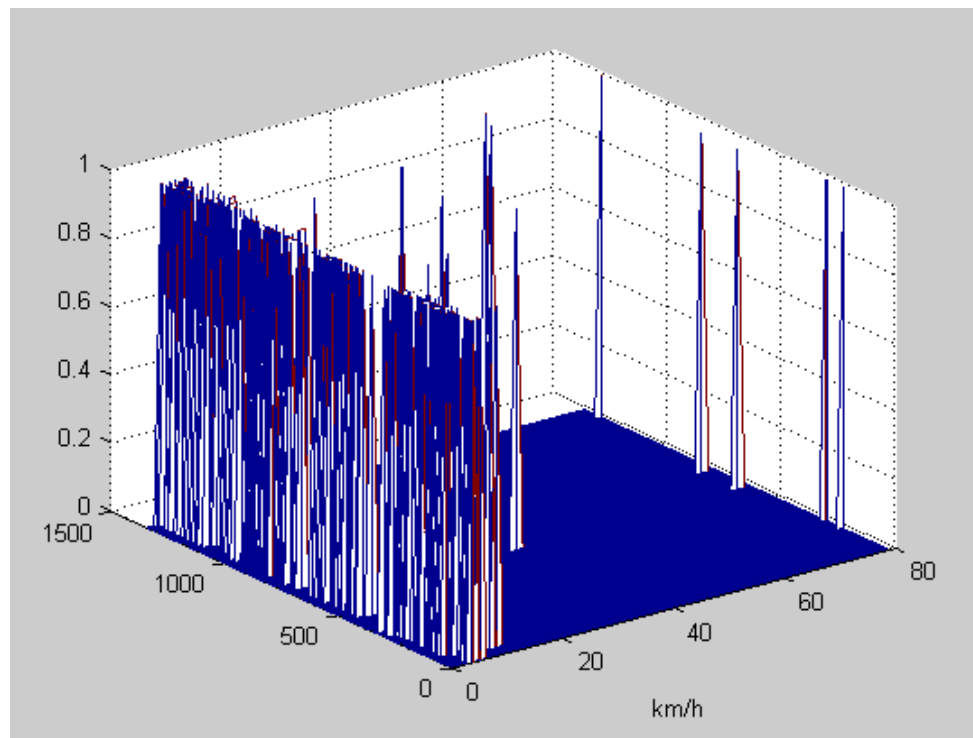
Фиг. 3.20 Канал 1, $T = 4$, $N_{\text{FFT}} = 128$



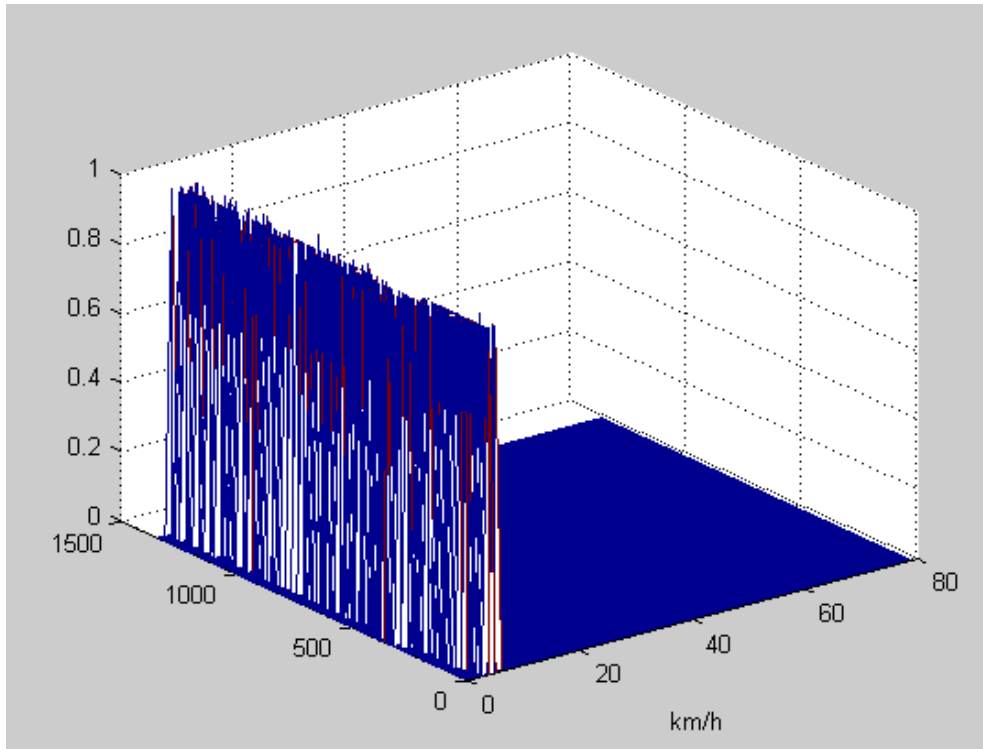
Фиг. 3.21 Канал 2, $T = 4$, $N_{\text{FFT}} = 128$



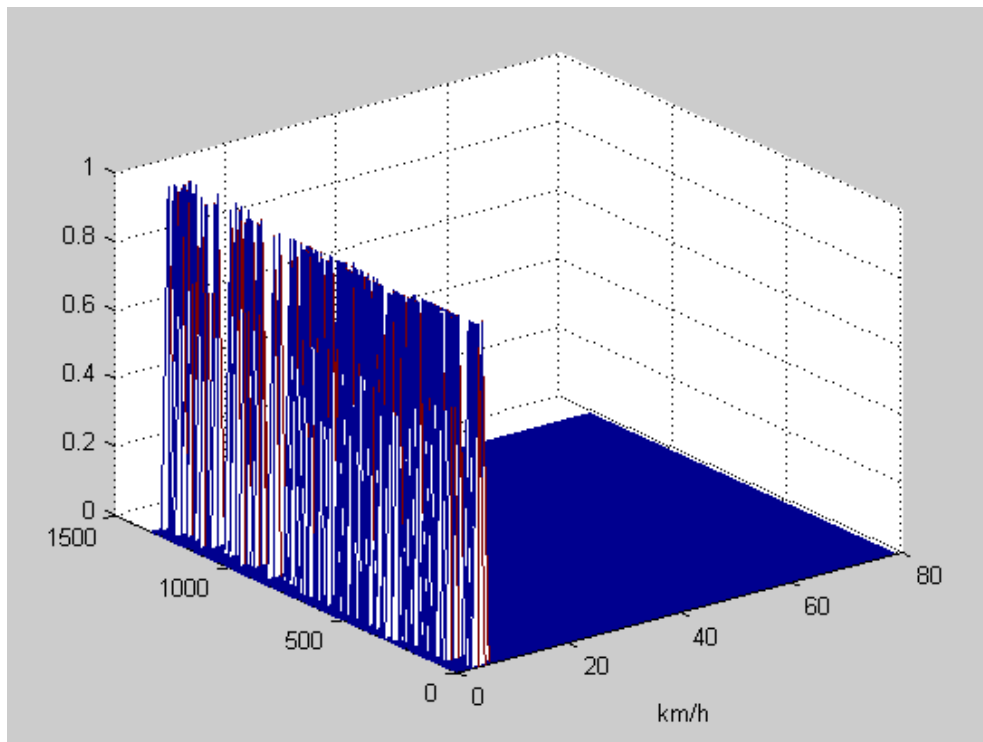
Фиг. 3.22 Канал 3, $T = 4$, $N_{\text{FFT}} = 128$



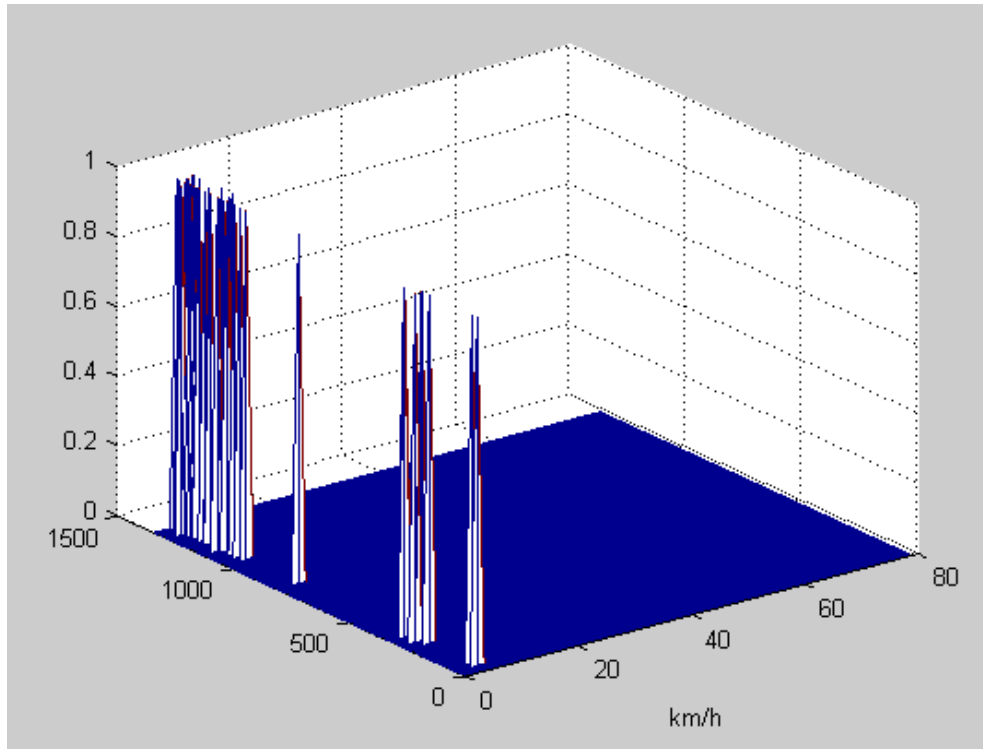
Фиг. 3.23 Канал 4, $T = 4$, $N_{\text{FFT}} = 128$



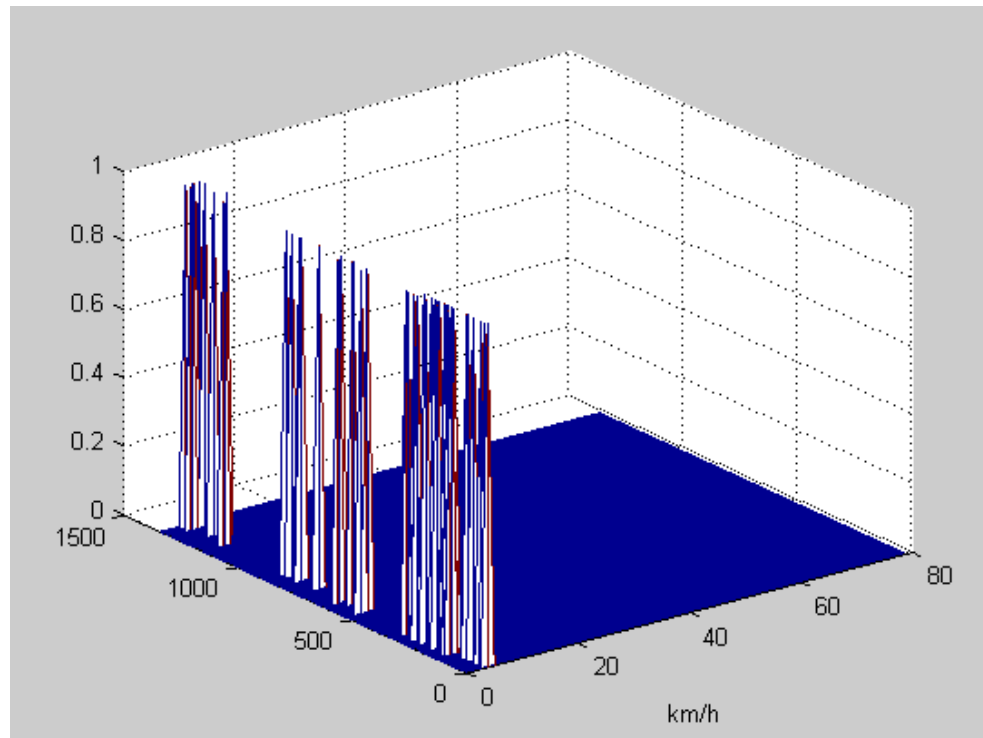
Фиг. 3.24 Канал 1, $T = 6$, $N_{\text{FFT}} = 128$



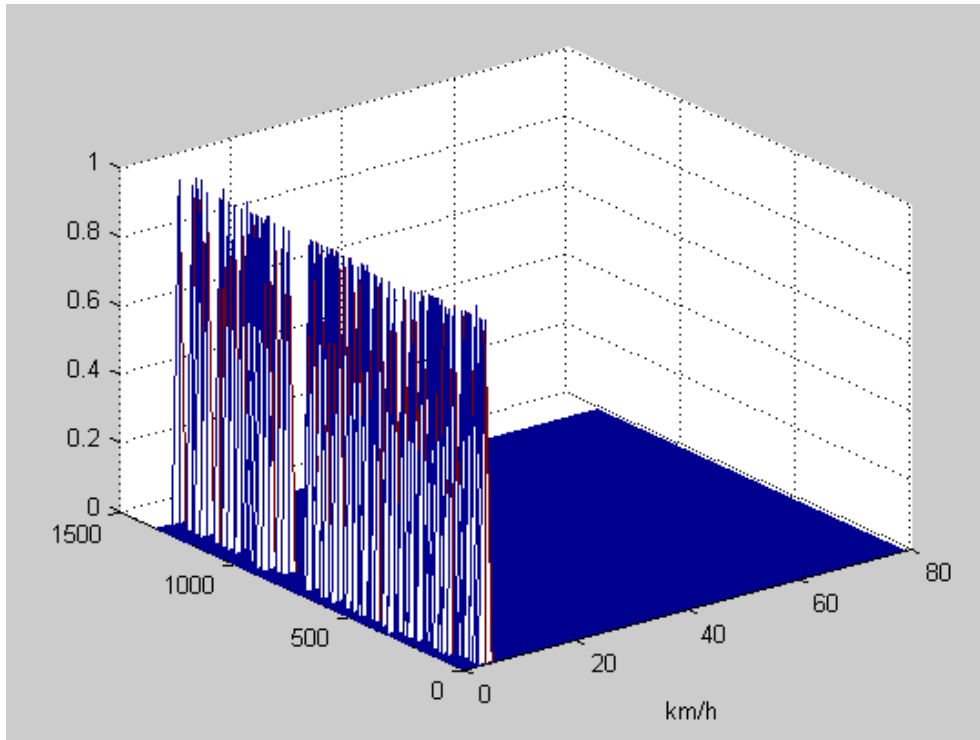
Фиг. 3.25 Канал 2, $T = 6$, $N_{\text{FFT}} = 128$



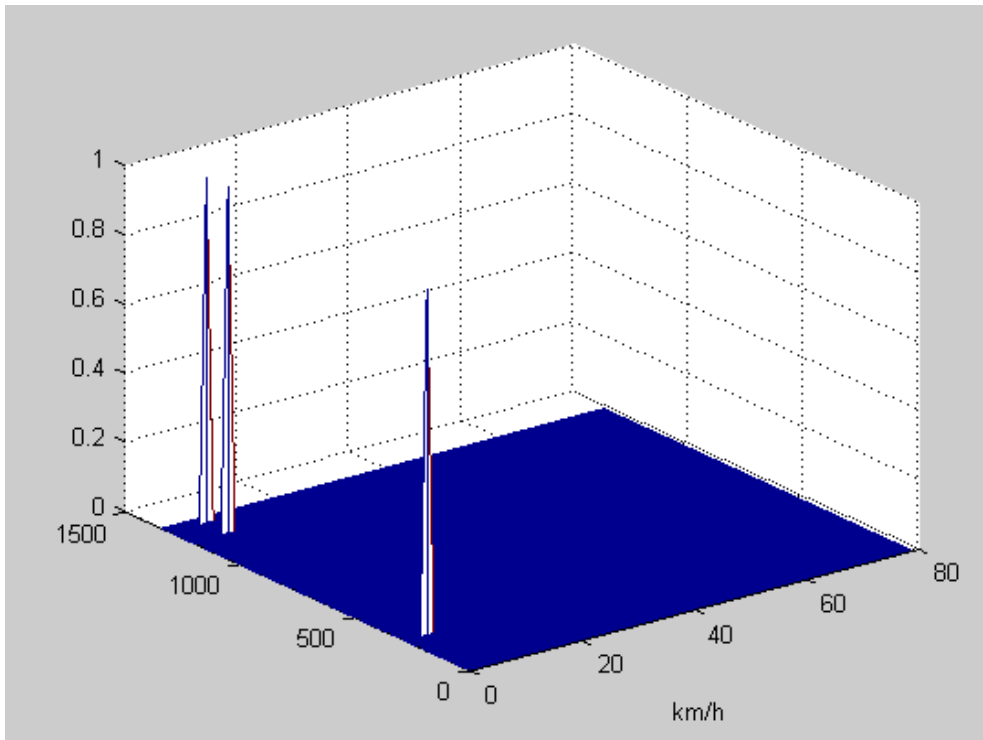
Фиг. 3.26 Канал 3, $T = 6$, $N_{\text{FFT}} = 128$



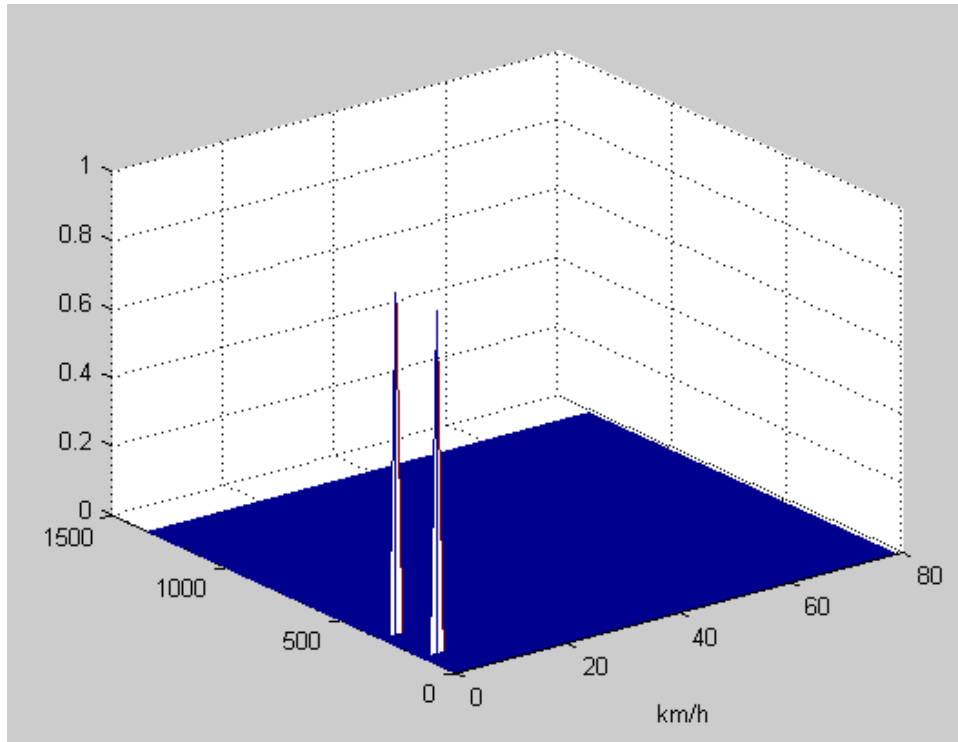
Фиг. 3.27 Канал 4, $T = 6$, $N_{\text{FFT}} = 128$



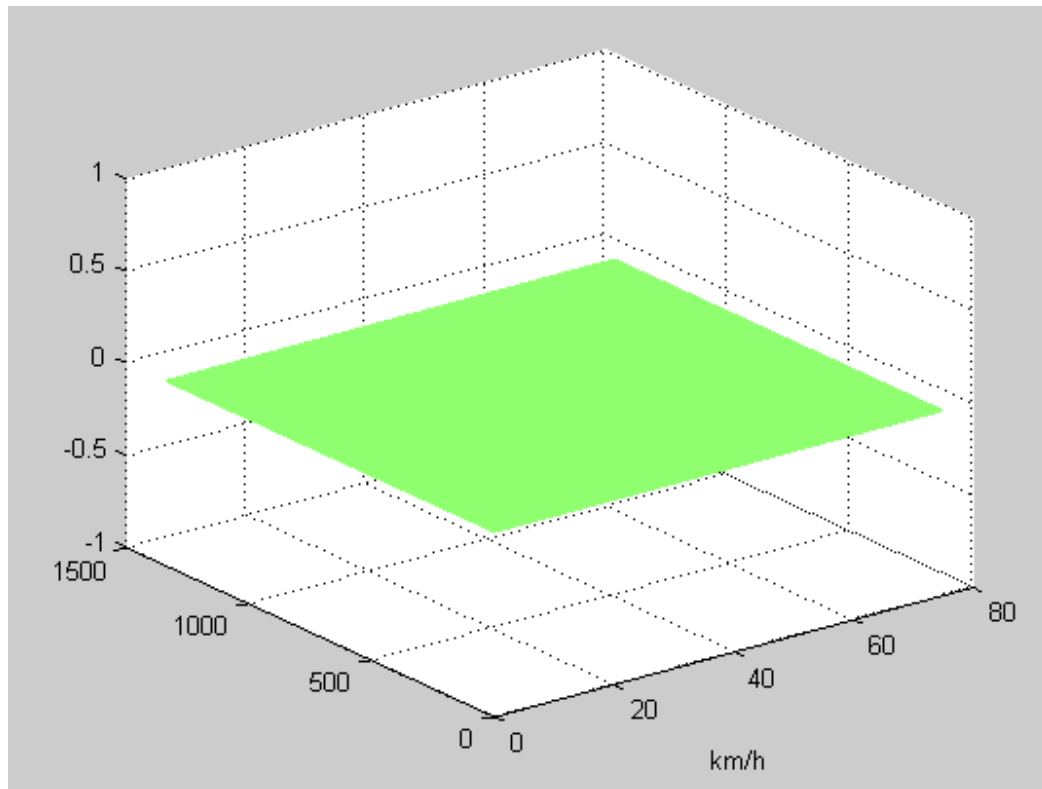
Фиг. 3.28 Канал 1, $T = 8$, $N_{\text{FFT}} = 128$



Фиг. 3.29 Канал 2, $T = 8$, $N_{\text{FFT}} = 128$



Фиг. 3.30 Канал 3, $T = 8$, $N_{\text{FFT}} = 128$



Фиг. 3.31 Канал 4, $T = 8$, $N_{\text{FFT}} = 128$

След настройка на прага се установи, че при избор на скаларният фактор 8, вероятността на лъжлива тревога, която се поддържа от откривателя е от порядъка на $6 \cdot 10^{-6}$. От получените резултати (фиг. 3.28-3.31) се вижда, че в първи канал има открита цел, движеща се със скорост около 5 км/ч, а във канали 2,3 и 4 няма открита цел.

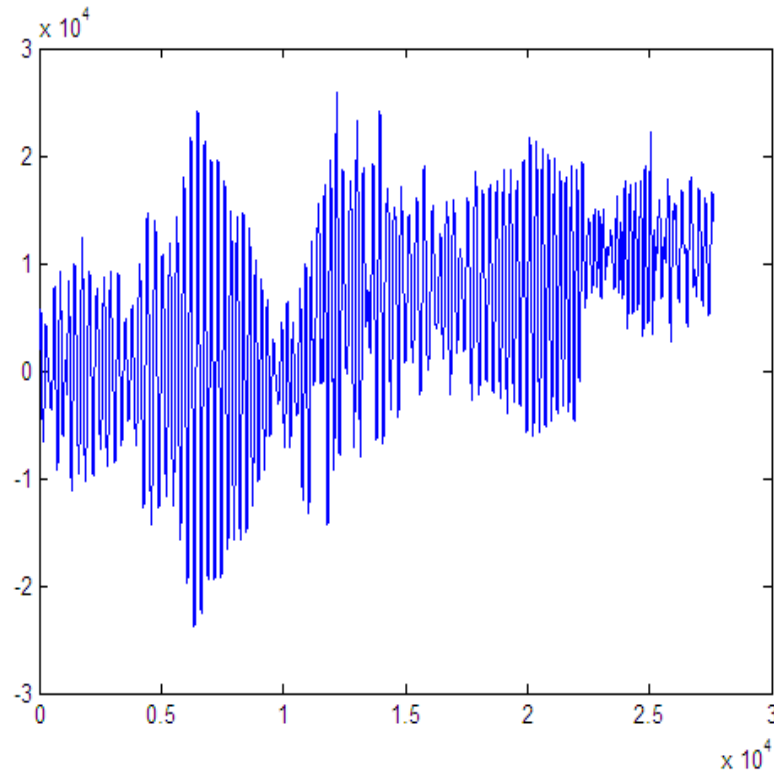
Всичко това означава, че настройката на скаларния фактор, е извършена правилно, и може да се очаква че избрания алгоритъм УС – ПЧЛТ за автоматично откриване на доплерови сигнали, ще ги открива успешно на фона на гора с фиксирана вероятност на лъжливата тревога.

3.6. Автоматично откриване на движещи се цели с доплеров радар HP-100M на фона на естествени смущения

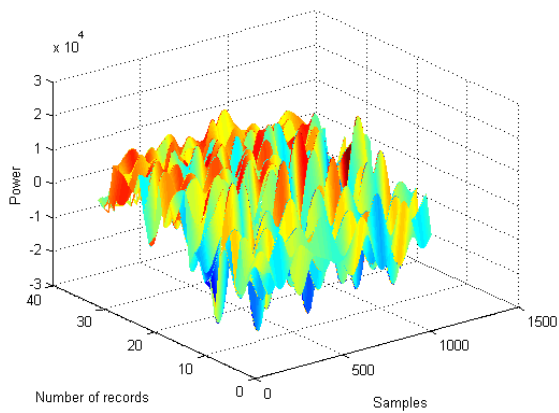
За да проверим работоспособността на УС- ПЧЛТ алгоритми за откриване, ще бъде апробиран върху записи от наземен радар HP-100M, на цели движещи се с различни скорости. Резултатите от това изследване са публикувани в едни от най-реномираните международни конференции - *IRS'2010* и *EuRAD'2010*.

3.6.1. Автоматично откриване на движещ се човек

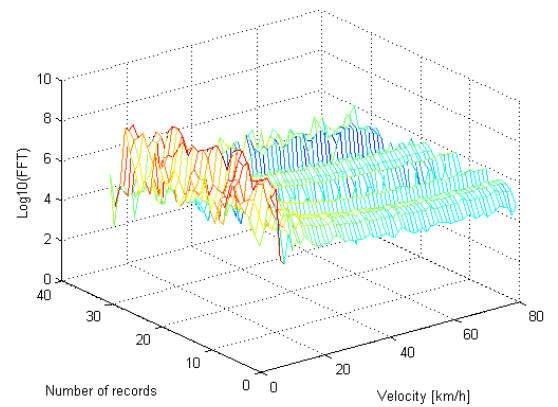
Сигнална доплерова матрица се състои от 26 записа - реда, всеки от които е от 1024 семпла (фиг.3.32-3.33). Сигнала от един ред е представен на 3.32., а спектъра в сигнална матрица е получен след 128 точкова ФФТ обработка (фиг. 3.34-3.35). На фигурата е показан спектъра, като функция от скоростта (от 1 до 80 км/ч). Най-показателна е спектрална матрица с поглед отгоре, виж фиг. 3.35., защото най точно отразява осреднено поведението на доплеровата скорост по спектралната повърхност на сместа сигнал и смущения. Там като че ли най ясно се очертават зоните на движение на целта виж червения цвят.



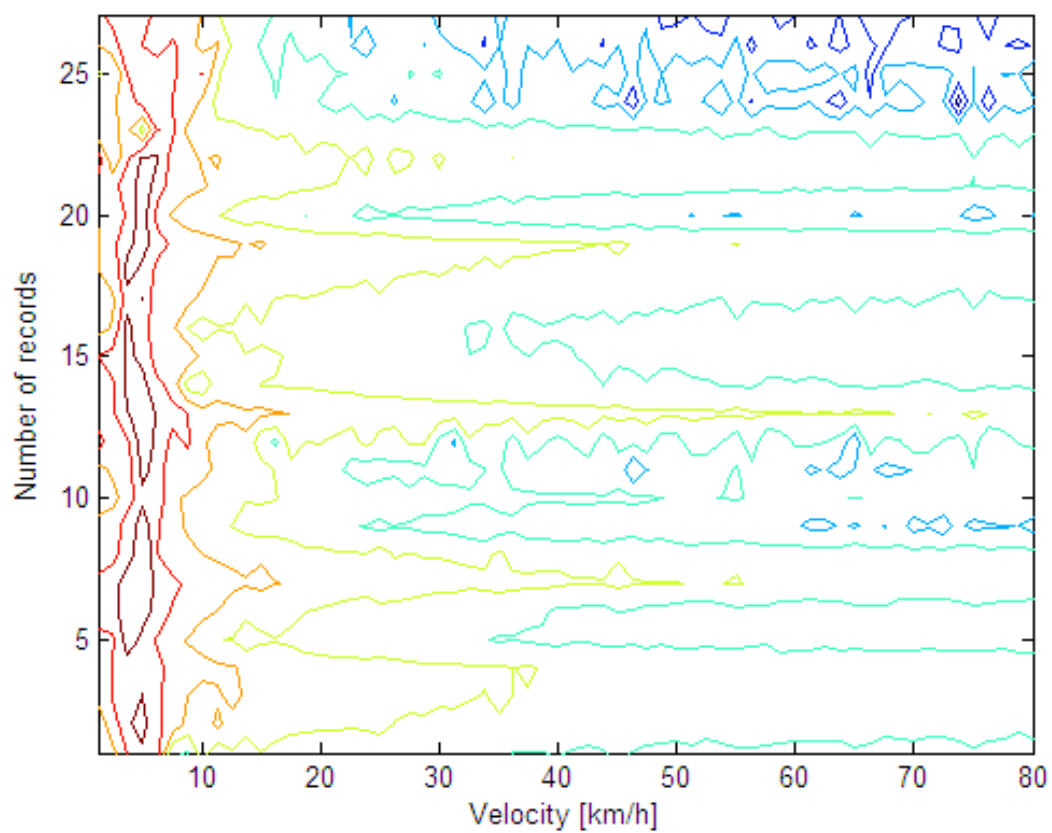
Фиг. 3.32 Сигнал, отразен от движещ се човек



Фиг. 3.33 Сигнала от фиг. 3.31, представен в матричен вид, (26 записа) движещ се човек

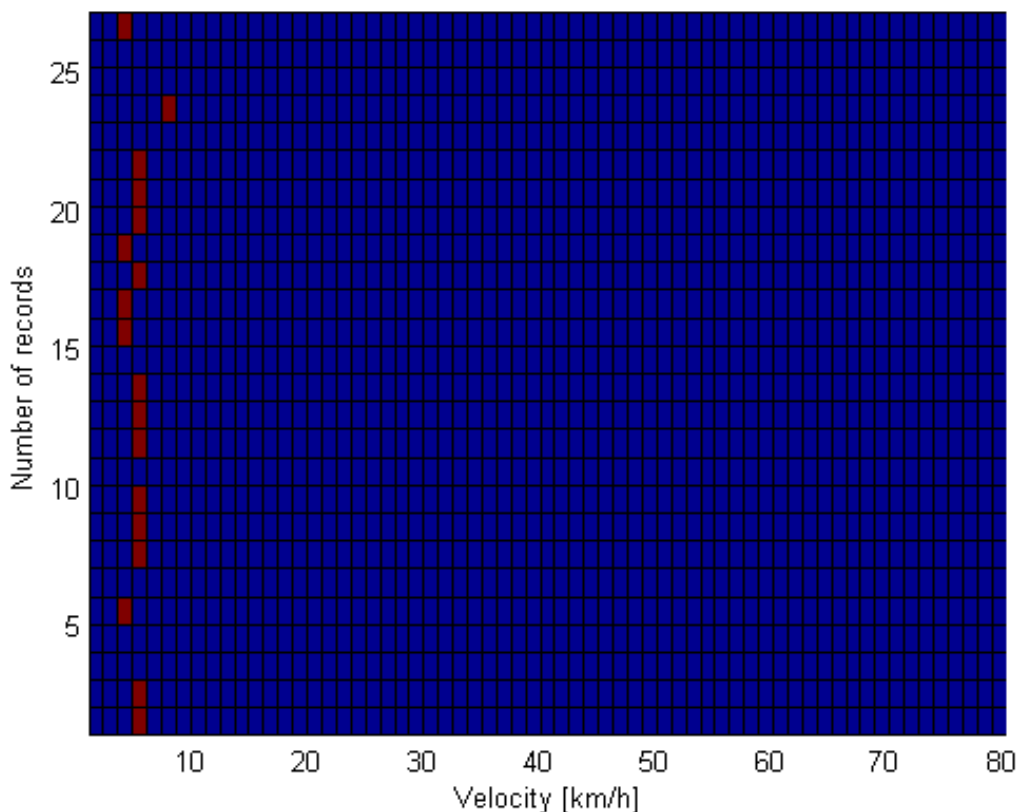


Фиг. 3.34 Спектъра на сигнал, отразен от движещ се човек, получен след ФФТ



Фиг. 3.35 Спектъра на сигнала - погле отгоре (движещ се човек)

След прилагане на осредняващ ПЧЛГ откривател върху спектъра на сигнала се получава резултата на фиг. 3.36.



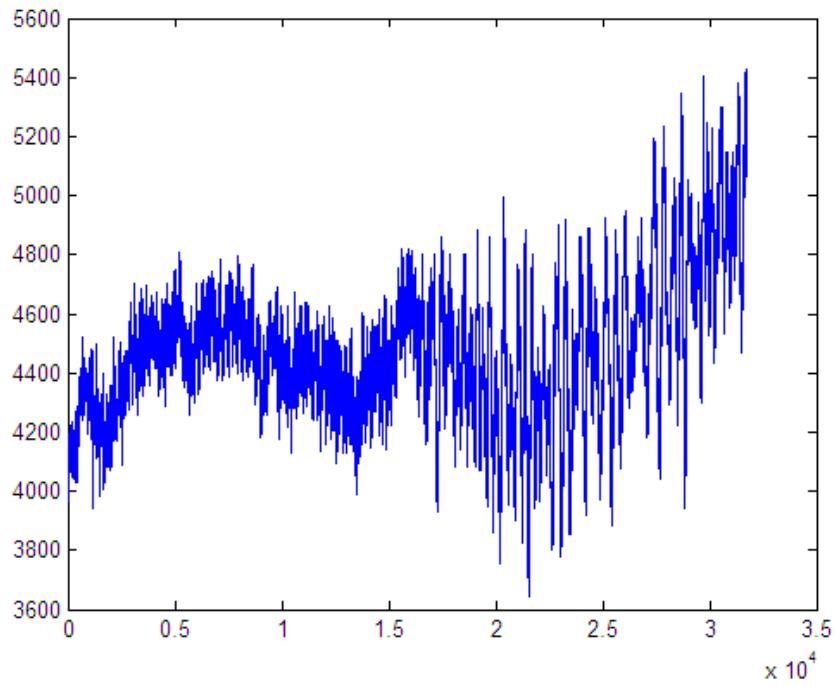
Фиг. 3.36 Изходна матрица, след прилагане на СА CFAR откривател

От полученият резултат се вижда, че е открита цел, движеща се със скорост около 5 км/ч. За разпознаване (класифициране) на целта е необходима последваща обработка. Откривателят е настроен така, че да поддържа $1 \cdot 10^{-5}$ вероятност на лъжлива тревога.

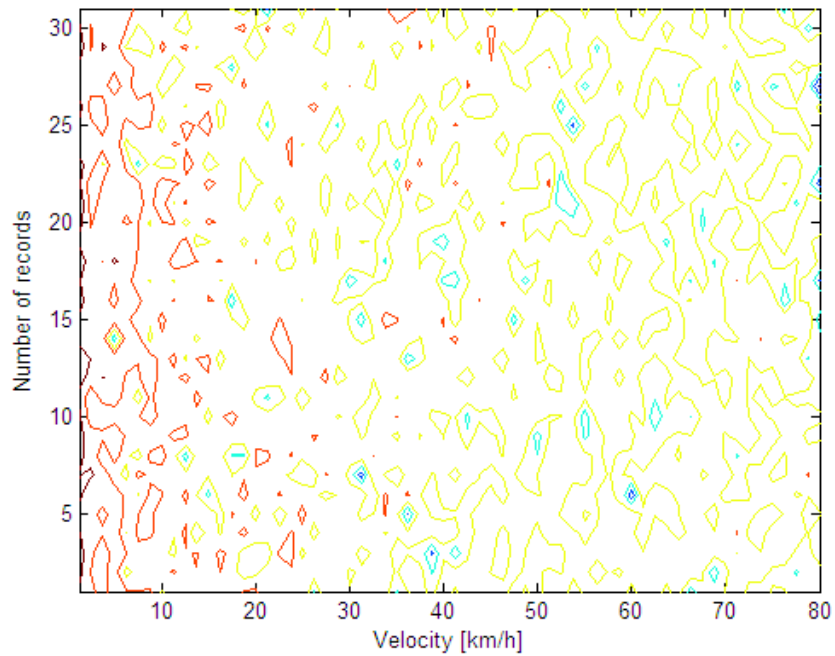
3.6.2. Автоматично откриване на движещ се човек в гора, при наличие на вятър

Това е трудна задача за оператора на наземният радар HP-100M, откриване на движещ се човек в гора, при наличие на вятър.

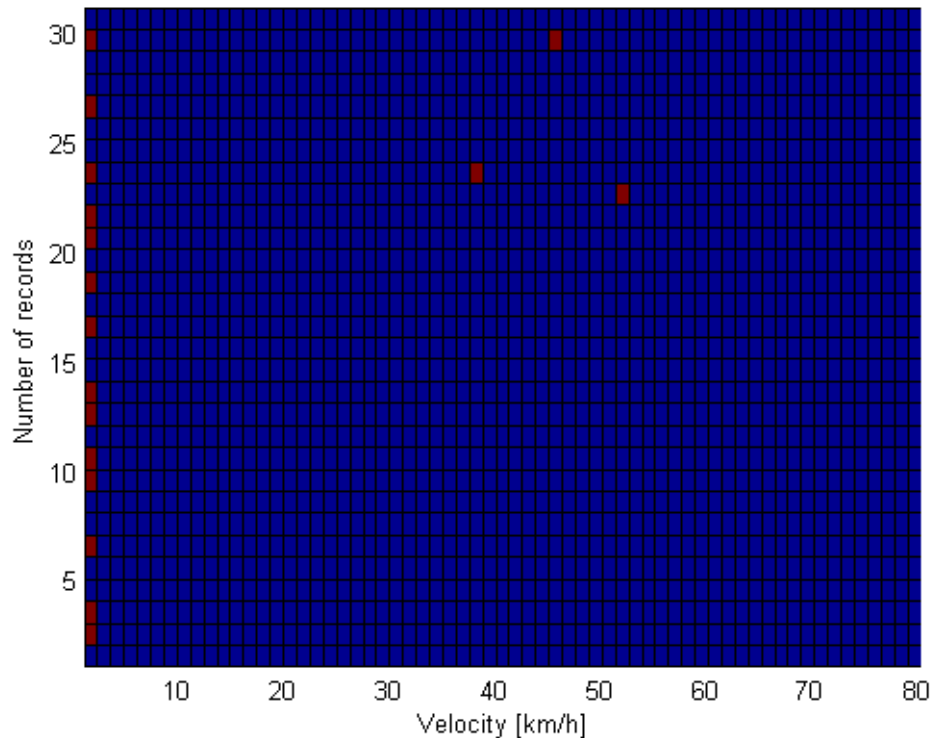
За да настроим изследваните от нас алгоритми е необходимо да знаем как ще работят те при наличието на дърво при вятър. За тази цел е разгледан следващият пример, а именно "дърво при вятър". Изследваният сигнал се състои от 31 записа с по 1024 семпла (фиг.3.37). На този запис е приложено 128 точково ФФТ и резултата е показан на фиг.3.38.



Фиг. 3.37 Сигнал, отразен от дърво при наличие на вятър



Фиг. 3.38 Спектъра на сигнал, отразен от дърво при наличие на вятър
След прилагане на осредняващ ПЧЛГ откривател върху спектъра на сигнала се получава резултата на фиг. 3.39.



Фиг. 3.39 Изходна матрица, след прилагане на CA CFAR откривател

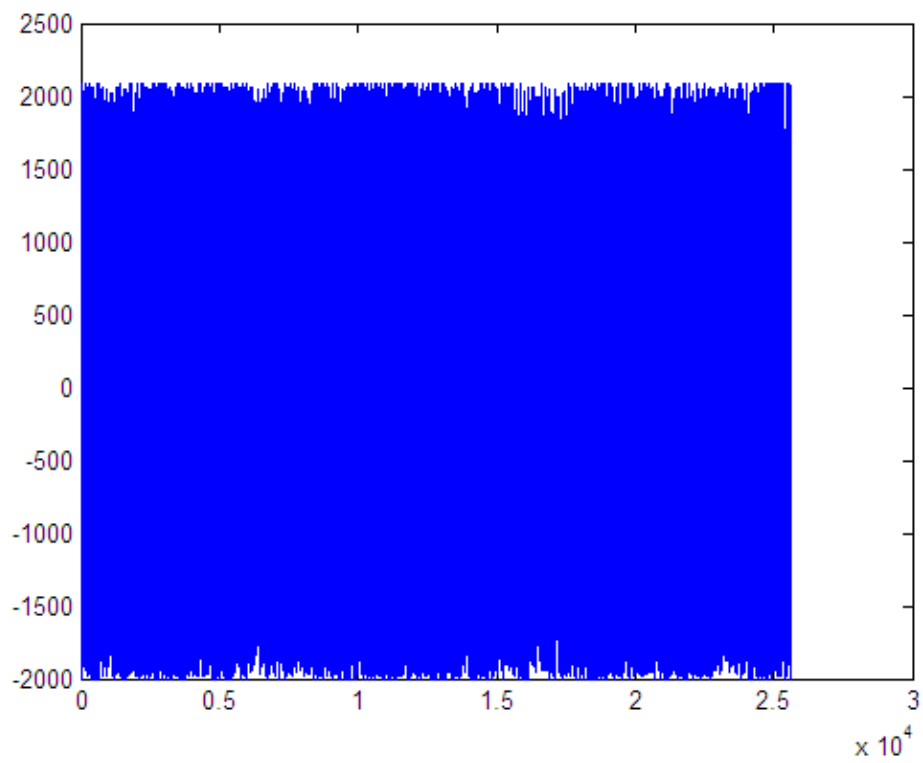
На фиг. 3.39 се вижда, че дървото при наличие на вятър се открива от изследвания от нас алгоритъм, като то се характеризира със скорост на движение около 1-2 км/ч. За разлика от човека тук скоростта е по-малка. За разпознаването на дървото ще трябва да се погрижи алгоритъма за класификация, който ще бъде предмет на следващи наши изследвания.

3.4.3. Откриване на бързо движеща се цел автобус

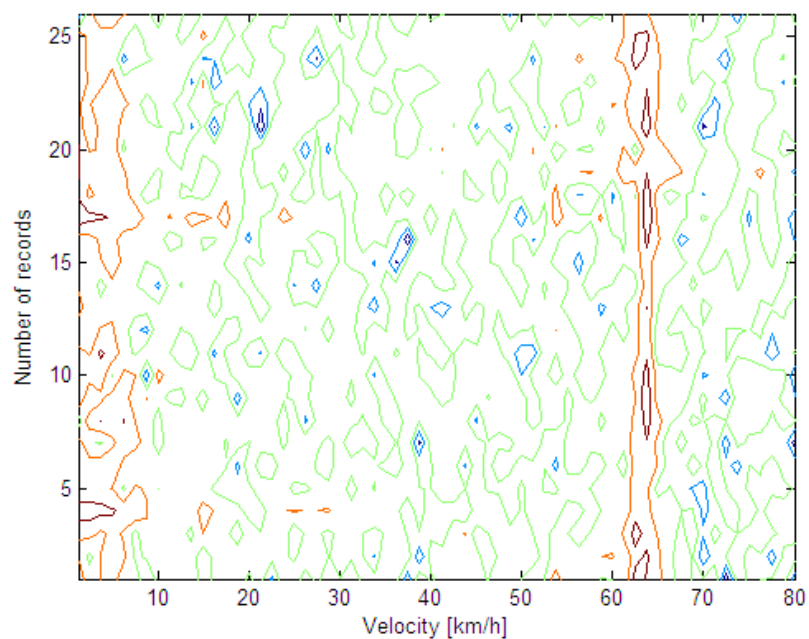
За да получим пълна представа за работоспособността на нашият алгоритъм, ще изследваме и бързо движеща се цел "автобус". Запис на движещ се автобус е показан на фиг. 3.39. От фигурата се вижда, че сигнала е с висока честота на повторение, което би трябвало означава, че целта се движи с висока скорост. Сигналната времева матрица се състои от 25 записа - реда, всеки един от които е от 1024 семпла. Най-показателен в случая е поглед отгоре на сигнална долерова матрица на движещ се автобус Фиг. 3.40. На това радиоизображение на поведението на доплеровата скорост по време, ясно се вижда че в областта на малките доплерови

скорости се движи вятъра в гората и на полето виж е червено, а автобуса се движи с достатъчно постоянна скорост около 65 км .ч.

Естествено само оператор, може да види това радиоизображение на долеровата скорост. На нас ни нужна верификация - проверка на възможността да се открие автоматично бързо движещ се автобус с избрания от нас УС- ПЧЛТ откривател.

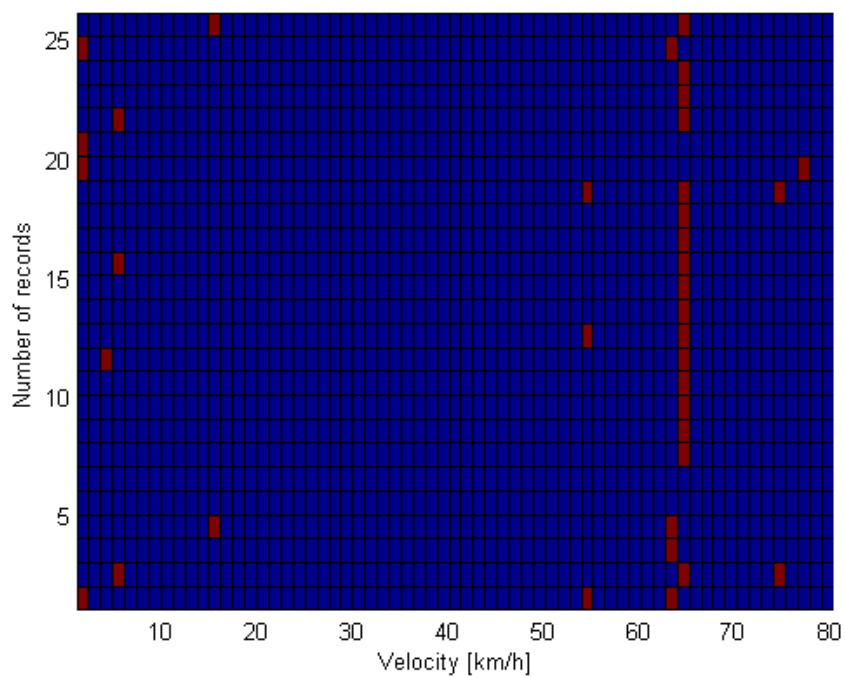


Фиг. 3.40 Сигнал, отразен от движещ се автобус



Фиг. 3.41 Спектъра на сигнал, отразен от движещ се автобус

След прилагане на осредняващ ПЧЛГ откривател върху спектъра на сигнала се получава резултата на фиг. 3.42.



Фиг. 3.42 Изходна матрица, след прилагане на CA CFAR откривател

От фиг. 3.42 се вижда, че е предложена УС- ПЧЛТ алгоритъм за откриване, успешно открива целта, движеща се със скорост около 65км/ч. Вярно е че се откриват и много други допълнителни фалшиви цели. Коего изисква допълнителни настройки на параметрите на УС- ПЧЛТ алгоритъма, като големина на прозореца, и както и скаларния фактор регулираш вероятността на лъжлива тревога.

3.7. Изводи по глава 3:

1. Описани са функциите и параметрите на записващия доплеров радар НР-100М.
2. Описват се предлаганите от екипа на Софийския Университет и УниБИТ подходи и алгоритми за автоматично откриване на различни цели в реални радиоизображения получени от доплеров радар с непрекъснато излъчване любезно предоставени от комбинат „Черно Море“ АД.
3. Показано е възстановяване на сигналите от записите в радиоизображенията, по методика предложена от комбинат „Черно Море“ АД.
4. Извършена е настройка на параметрите на изчисления в дисертацията УС – ПЧЛТ алгоритъм за откриване на доплерови сигнали с оценка на скоростта им, върху възстановените радиоизображения.
5. Извършено е успешно тестването на работоспособност на автоматичния откривател - измервател на скорост на цели върху реални радиоизображения и с различни подвижни обекти, като движещ се човек или човек в гора и с вятър или автобус на пътя.

Заклучение:

В настоящия дисертационен труд е предложена и разработена оригинална методология за дизайн на приложение „мениджър на устройства“, система за комуникацията между централна компютърна система и неограничен брой навигационни устройства на автомобили, позволяваща вграждането на нови възможности в навигационните устройства и предоставяне на нови услуги на потребителите, чрез използването на мрежата на мобилен оператор с преносна среда за данни чрез GPRS протокола и TCP/IP протокол за комуникация, позволяваща контрол на целия автомобил и управление, от която и да е точка в света, чрез обикновен web браузър.

Методология за дизайн на приложение „мениджър на устройства“, система за комуникацията между централна компютърна система и неограничен брой навигационни устройства вградени в автомобили.

Предложения в дисертацията дизайн и програмната реализация на мениджъра на устройства е изключително гъвкав. Създаден е чрез прилагането на стандартни широко използвани технологии, които позволяват лесен и бърз начин за интегриране на нови модели навигационни устройства към системата. Комуникацията на информацията между мениджъра и автомобилите се осъществява чрез използването на GPRS протокола в мобилните мрежи от 2; и 2,5 поколение. Избрания GPRS протокол предлага много по-високи скорости при преноса на данни, постоянна свързаност с отдалечената страна. Този протокол е основан на традиционния за компютърните мрежи TCP/IP протокол за комуникация, с което се позволява вграждането на нови възможности в навигационните устройства и предоставяне на нови услуги на потребителите. Съвременните услуги предлагани за потребителите: са контрол на целия автомобил и управление, от която и да е точка в света, използвайки обикновен web браузър.

Подобни системи за управление и навигация на служебни или частни паркове – флотилии от автомобили, са се предлагали на пазара на мобилните услугите от доста фирми. Фирма МПС е предложила свой вариант, система за проследяване и навигация на автомобили виж глава 1., наречена Follow Me on the Web, реализираната Web базирана услуга с участието на автора на дисертационния труд. В МПС, с участието на докторанта, бяха разработени и оживени в периода 2005 – 2007 г. редица други изчислителни среди за цифрова сигнална обработка с използването на GPS системи с различно приложение.

Получени в дисертационния труд няколко резултата за сенки от обекти облъчени от GPS сигнали, потвърждават известни такива представени в теорията и практиката на обработка на сигнали разпространяващи се напред след облъчване на обекти в бистатични радарни системи.

В дисертацията се разглеждат спецификата на получаване на сенки от различни обекти подвижни и неподвижни, облъчени от GPS сигнали в бистатични радарни пасивни системи, удовлетворяващи условието на пряко разпространение на сигнала. Дисертантът е взел участие съвместно с колективите на СУ и УниБИТ в редица експерименти по записи на сенки от GPS сигнали облъчващи неподвижни или подвижни обекти в бистатична радарна система с подвижен или неподвижен GPS приемник, при условие на разпространение на GPS сигнала напред. Условието на формиране на разпространение напред, изисква пряка „визуална връзка“ между GPS сателита обекта и приемника, т.е. да са разположени на една линия, и целта да е в зоната на сянка до приемника. При изследванията в дисертацията се използва специфичната обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник предложена от колективите на СУ и УниБИТ.

В дисертацията е получен полезен резултат, показващ възможността да бъде открита в близката зона на дифракция след специфична обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник, радио сянка от неподвижни обекти – сгради и мостове и подвижни обекти - леки коли, автобуси и пешеходци и др. облъчени от GPS сигнали.

Получения резултат за откриването на ниско летящи цели, кацащи или излитащи пътнически самолети, в по далечната зона на дифракцията, при изпълнение на условията на пряко разсейване на GPS сигнала, след обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник, се доближават до поведението на обекти намиращи се в зоната на усилването на енергията на сигнала при разпространяването му напред.

Получените резултати потвърждават и допълват теорията и практиката на бистатичните радарни системи използващи ефекта на разпространение напред, но в нова и доста неизследвана област на приложение и откриване в областта на дифракция на радиосенки от обекти облъчени от GPS сигнали.

Извършените в дисертацията настройки и тестване на работоспособност на автоматичния откривател - измервател на скорост на цели върху реални радиоизображения

с различни подвижни обекти, като: движещ се човек или човек в гора с вятър или автобус на пътя,

В дисертацията се разглежда работата на автоматичния откривател - измервател на скорост на цели върху реални радиоизображения с различни подвижни обекти. В дисертацията се използват и изследват радио изображения получени от доплеров радар с непрекъснато излъчване - любезно предоставени от фирма „Черно Море“ АД.

Получените резултати в дисертацията потвърждават експериментално възможността да се използва една и съща структура на осредняващ автоматичен откривател поддържащ постоянна честота на лъжлива тревога, при обработка на времеви и честотни сигнални матрици.

На теория е известно, че могат да се използват едни и същи структури на алгоритми за обработка на сигнали. Предполага се че едната е синтезирана за конкретна статистическа ситуация. Тя може да се приложи към друга статистическа сигнална ситуация, и в този случай този подход се нарича под оптимален.

В дисертацията се показва възможност да се използва структура синтезирана за обработка на времеви матрици, върху матрици съдържащи спектри, или честоти. С което се потвърждава факта за универсалност на някои структури за обработка, като осредняващ плъзгаш автоматичен откривател поддържащ постоянна вероятност на лъжливата тревога, предложен от екипа на Софийския Университет и УниБИТ.

Списък на публикациите по дисертацията

➤ Публикации реферирани и индексирани в Scopus и Web of Science:

1. Kabakchiev C., I. Garvanov, P. Daskalov, "Target Detection in Doppler Radar with PSK Signals", Proc. of the 18th International Conference on Microwave, Radar and Wireless Communications MIKON-2010, ISBN 978-9955-690-20-7, Vilnius, Lithuania, 2010, pp.780-783.
2. Kabakchiev C., I. Garvanov, P. Daskalov, P. Donkov, D. Kabakchieva, "Comparison of Target Detection Schemes in Doppler Radar with PSK Signals", Proc. of the European Radar Conference EuRAD-2010, Parish, France 2010, ISBN 978-2-87487-015-6, pp. 268-271.
3. Kabakchiev C., I. Garvanov, M. Cherniakov, M. Gashinova, A. Kabakchiev, V. Kiovtorov, M. Vladimirova, P. Daskalov, "CFAR BI Detector for Mariner Targets in Time Domain for Bistatic Forward Scattering Radar", Proc of the Signal Processing Symposium SPS-2011, Jachranka, Poland, 2011.
4. Kabakchiev C., I. Garvanov, M. Cherniakov, M. Gashinova, A. Kabakchiev, V. Kiovtorov, M. Vladimirova, P. Daskalov, "CFAR BI Detector for Mariner Targets in Time Domain for Bistatic Forward Scattering Radar", Proceedings of SPIE, 0277-786X, v. 8008, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments 2011, ISSN 0277-786X, ISBN 9780819485823, pp. 8008 1U, 2011.
5. Garvanov I., C. Kabakchiev, V. Behar, P. Daskalov, Air target detection with a GPS forward-scattering radar, XVIII-th International Symposium on Electrical Apparatus and Technologies SIELA 2016, 29 May - 1 June 2016, Bourgas, Bulgaria.

➤ Публикации на български език:

6. Гарванов И., Х. Кабакчиев, М. Владимирова, В. Къовторив, П. Даскалов, "Алгоритми за откриване на подвижни цели на фона на пасивни и активни смущения в Доплеров радар", Нови информационни технологии в образователния процес. Доклади и съобщения на УниБИТ, проведен в Костенец на 24-27 март 2011 г., София: "За буквите – О писменех", ISSN 1313-2768, стр. 90-99, 2012.
7. Гарванов И., Х. Кабакчиев, М. Владимирова, П. Даскалов, С. Владимиров, "Оценяване на параметрите на подвижна цел в система за радио охрана", Нови информационни технологии в образователния процес VII. Доклади и съобщения от Седмия научен семинар на УниБИТ, проведен в Охрид, Македония на 29-31 май 2012 г., "За буквите – О писменех", ISBN: 1313-2768, стр. 133-144, 2013.
8. Гарванов И., М. Владимирова, П. Даскалов, Откриване на въздушни цели с GPS приемник, IV Международна научна конференция „ТЕХНИКА. ТЕХНОЛОГИИ. ОБРАЗОВАНИЕ. СИГУРНОСТ”, 01-03 юни 2016 г. в гр. Велико Търново, България, 2016.

Апробация на резултатите

Резултатите от изследванията са публикувани в 8 статии, докладвани в 5 престижни специализирани международни научни конференции попадащи в реферирани бази от данни Scopus и Web of Science, както и 3 в национални конференции. Забелязани са 7 цитирания на научните публикации. Част от научно-приложни приноси в дисертацията са реализирани в промишлеността (МПС-ООД и Черно море АД).

Основни изводи от дисертационния труд

Изводи по глава 1

1. Предложено е приложение, мениджър на устройства - комплексна система за автоматизиране на комуникацията между централна компютърна система и на практика неограничен брой навигационни устройства, които използват мрежата на мобилен оператор, като преносна среда за данни.
2. Дизайна и програмната реализация, на мениджъра на устройства е изключително гъвкав, създаден чрез стандартни широко използвани технологии, предлага лесен и бърз начин за интегриране на нови модели навигационни устройства към системата, в която работи и може лесно да бъде интегриран във вече съществуващи такива системи.
3. Предлага се комуникацията да се осъществява GPRS протокола, който предлага много по-високи скорости при преноса на данни, постоянна свързаност с отдалечената страна, TCP/IP протокол за комуникация, което позволява вграждането на нови възможности в навигационните устройства и предоставяне на нови услуги на потребителите, например контрол на целия автомобил и управление, от която и да е точка в света, използвайки обикновен web браузър.
4. Във фирма МПС, за нуждите на реализираната от тях Web базираната услуга, наречена **Follow Me on the Web**, система за проследяване и навигация на автомобили (виж глава 1.), с участието на дисертанта бяха разработени и оживени в периода 2005 – 2007г, редица изчислителни среди за цифрова сигнална обработка с използването на GPS системи с различно приложение, което има и необходимите документи приложени в дисертацията.

Изводи по глава 2:

1. Проведени в МПС измервания с приемната GPS система, показват че извършените настройките на програмите в софтуерния приемник са коректни и демонстрират достоверност на определяне на координатите, т.е. готовността и да се използва за провеждане на записи на GPS сигнали при различни експериментални условия;
2. Дисертантът е участвал съвместно с колективите на СУ и УниБит в редица експерименти по записи на сенки от GPS сигнали облъчващи неподвижни или подвижни обекти в бистатична радарна ФС система с подвижен приемник или неподвижен приемник;
3. Получените експериментални резултати потвърждават хипотезата, за възможност за поява на радиосянка от различни обекти в бистатични радарни системи, състоящи от GPS предавател – спътник и конвенционален GPS приемник, при изпълнение на условията: за наличие на явлението разпространение напред и целите да са разположени достатъчно близко до приемната система;
4. Условието на формиране на разпространение напред, изисква пряка „визуална връзка“ между GPS сателита обекта и приемника, т.е. да са разположени на една линия, и целта да е в зоната на сянка до приемника.
5. Получените експериментални резултати показват, че радиосянка от подвижни или неподвижни обекти сгради, мостове, леки коли, автобуси и пешеходци облъчени от GPS сигнали, може да бъде открита в близката зона на дифракция с помощта на предложените алгоритми и програми разработени от колективите на СУ и УниБит за обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник;
6. В режим на пряко разсейване на GPS сигнала, условие формирано между GPS сателита обекта и приемника, е възможно да бъдат открити и ниско летящи цели (кацащи или излитащи) в по далечната зона на дифракцията.

Изводи по глава 3:

1. Описани са функциите и параметрите на записващия доплеров радар НР-100М.

2. Описват се предлаганите от екипа на Софийския Университет и УниБИТ подходи и алгоритми за автоматично откриване на различни цели в реални радиоизображения получени от доплеров радар с непрекъснато излъчване любезно предоставени от комбинат „Черно Море“ .
3. Показано е възстановяване на сигналите от записите в радиоизображенията, по методика предложена от комбинат „Черно Море“.
4. Извършена е настройка на параметрите на изчисления в дисертацията УС – ПЧЛТ алгоритъм за откриване на доплерови сигнали с оценка на скоростта им, върху възстановените радиоизображения.
5. Извършено е успешно тестването на работоспособност на автоматичния откривател - измервател на скорост на цели върху реални радиоизображения и с различни подвижни обекти, като движещ се човек или човек в гора и с вятър или автобус на пътя.

Основни научни и научно приложни приноси

По важните *научни, научно приложни и приложни приноси в дисертацията*, с характер обогатяване на съществуващи знания и приложение на научните постижения в практиката, са представени в следващите групи: получаване и доказване на нови факти, потвърдителни факти, приноси за внедряване, и са както следва:

А) Научни приноси: Получаване на нови факти, зависимости, алгоритми, изводи и заключения

1. **Предложена е оригинална методология за дизайн на приложение „мениджър на устройства“**, базирана на изчислителна архитектура за навигация и система за комуникация между централната компютърна система и неограничен брой навигационни устройства, позволяваща вграждането на нови възможности в навигационните устройства и предоставяне на нови услуги на потребителите:

- чрез използването на мрежата на мобилен оператор с преносна среда за данни чрез GPRS протокола и TCP/IP протокол за комуникация;
- позволяваща контрол на целия автомобил и управление от която и да е точка в света, чрез обикновен web браузър.

Б) Научно – приложни приноси: Получаване на потвърдителни факти

2. **Изследвани са методи и алгоритми за откриване на цели** пресичащи базовата линия в система с пряко разпространение на сигнала. Всички изследвани алгоритми са с полиномиална сложност, което не налага прилагането на специални техники за ускоряване на изчислителния процес. Основният алгоритъм за откриване на цели, използван в дисертацията, е осредняващ автоматичен откривател поддържащ постоянна честота на лъжлива тревога, който е приложен успешно какво във времевата така и в честотната област на сигнала.

3. **Получени са оригинални резултати, потвърждаващи известни резултати в областта на обработка на сигнали разпространяващи се напред след**

облъчване на обекти с GPS сигнали в бистатични радарни системи, а именно, че радиосянка от подвижни или неподвижни обекти (сгради, мостове, леки коли, автобуси и пешеходци и др.) облъчени от GPS сигнали, може да бъде открита в близката зона на дифракция, след обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник;

4. **Потвърдена е възможността да бъдат открити ниско летящи цели, кацащи или излитащи пътнически самолети**, в по далечната зона на дифракцията, при изпълнение на условията на пряко разсейване на GPS сигнала, след обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник;

В) Приложни приноси: Приноси за внедряване: методи, методики, конструкции, по ефективни средства за приложения

1. **Апробирана е методиката на изследването за откриване на радиоизображения на движещи се цели с помощта на избрания автоматичен откривател УС-ПЧЛТ**, и е извършена настройка на параметрите на му, върху реални радиоизображения предоставени от комбинат „Черно Море“.

2. **Извършена е настройка на програмната система** приложение „мениджър на устройства“, система за комуникацията между централна компютърна система и неограничен брой навигационни устройства, чрез използването GPRS протокола и TCP/IP протокол за комуникация, позволяващи контрол на целия автомобил и управление, чрез обикновен web браузър.

3. **Апробирана е методика за провеждане на експериментите и алгоритмите за откриване на целите** в бистатични GPS системи с разпространение напред, за различни подвижни или неподвижни цели.

4. **Предложен е автоматичен откривател на подвижни цели в радиоизображения** тестван в условията на естествени смущения за нуждите на фирма „Черно Море“ АД.

5. **Част от получените резултати се използват в проектите:**

- 2007г. проекта МУ-ФС-05/2007 в конкурса “Стипендии за млади учени, които подготвят докторантски труд в национална фирмена структура” с темата на проекта: „Разработка на GPS системи от второ поколение – избор, паралелизация и

изпълнение в съвременни високо производителни изчислителни архитектури на алгоритми, предназначени за пространствено временно адаптивно (STAP) откриване и съпровождане на GPS сигнали от различни спътници при условията на интензивни градски смущения или в закрити помещения”, с продължителност четири години с МПС и ИИКТ -БАН.

- 2008- 2010г. Проекта с фирма „Черно море“ ООД е била да се автоматизира целия процес по откриване и идентифициране на целите в произвеждания от тях модернизация на руския лиценз на доплеров радар НР-100М. Те са предоставени любезно и записи на сигнали от различни обекти и ситуации на доплеровия радар НР-100М.
- 2014 -2017г., ДФНИ Т02/14, Конкурс за финансиране на научните изследвания в приоритетни области, 2014г., с ФНИ на МОН и СУ "Св. Кл.Охридски" и УниБИТ “Откриване и класификация на обекти в градски условия от техните радиосенки от GPS сигнали”

ДЕКЛАРАЦИЯ

за оригиналност

от Панайот Пламенов Даскалов

адрес: гр. София

Телефон/GSM: 0888548011

Долуподписаният Панайот Пламенов Даскалов декларирам, че представеният от мен дисертационен труд на тема „Методи, алгоритми и изчислителни архитектури за откриване на движещи се цели в радиоизображения” за придобиване на образователна и научна степен „доктор” по Професионално направление 4.6. “Информатика и компютърни науки“ по научна специалност: „Информатика“, код 01.01.12 представлява авторска разработка, а приложените документи са достоверни. Резултатите, които са получени, описани и/или публикувани от други учени, са надлежно и подробно цитирани в библиографията. Настоящата дисертация не е прилагана за придобиване на научна степен в друго висше училище, университет или научен институт на БАН.

Декларатор:.....

/ Панайот Пламенов Даскалов /

15.01.2018 г.

гр. София

Благодарности

Изследванията в дисертацията, свързани с въпросите за дизайн на приложение „мениджър на устройства“, система за комуникацията между централна компютърна система и неограничен брой навигационни устройства, са осъществени с подкрепа и в резултат от дейностите, проведени по проект 2007 – 2010 г. МУ-ФС-05/2007 в конкурса “Стипендии за млади учени, които подготвят докторантски труд в национална фирмена структура”, на ИИТ – БАН и МПС.

Изследванията в дисертацията, свързани с въпросите за откриване в близката зона на дифракция на радиосвянка от подвижни или неподвижни обекти сгради, мостове, леки коли, автобуси и пешеходци облъчени от GPS сигнали, след обработката на GPS сигнали в софтуерния GPS приемник, са осъществени с подкрепа и в резултат от дейностите, проведени по проект ДФНИ Т02/14 г. през 2014-2017г. Конкурс за финансиране на научните изследвания в приоритетни области, 2014г., с ФНИ на МОН и СУ "Св. Кл.Охридски" и УниБИТ.

Изследванията в дисертацията, свързани с въпросите за автоматично откриване на подвижни цели в радиоизображения в условията на естествени смущения за нуждите на фирма „Черно Море“ АД, са осъществени с подкрепа и в резултат от дейностите, проведени по проект за модернизация на доплеров радар НР-100М през 2008- 2010 г. по проекта с фирма „Черно море“ АД,

ЛИТЕРАТУРА

1. Арчър, Т., С# Поглед отвътре, СофтПрес, 2001
2. Василев, Б., Б.Василева, EGNOS-спътникова навигация за европейското въздушно пространство, Сборник доклади от международната научна конференция по случай 100 години българска авиация, Военно издателство, ISBN 978-954-509-479-8, април 2012, стр 209-219.
3. Василев Б., Определяне на ъглови координати с използване на спътникови навигационни системи, Научна конференция с международно участие VulTrans-2012, Созопол, България, 26-28 септември 2012, ISSN 1313-955X, стр. 67-70.
4. Гарванов, И., „Мобилни технологии”, София, „За буквите – О писменех”, ISBN 978-619-185-097-6, 198 стр., 2014 г.
5. Гарванов И., „Откриване на подвижни цели и траектории”, София, „За буквите – О писменех”, ISBN 978-954-2946-90-8, 270 стр., 2013 г.
6. Гарванов, И., „Моделиране на процеси и системи”, София, „За буквите – О писменех”, ISBN 978-619-185-096-9, 197 стр., 2014 г.
7. Гарванов, И., М. Гарванова, „Въведение в MATLAB и SIMULINK“, София, „За буквите – О писменех”, ISBN 978-619-185-121-8, стр. 121, 2014 г.
8. Гарванов И., М. Гарванова, Влиянието на съвременните информационни и комуникационни технологии върху човека, Международен пътуващ семинар на УниБИТ "Съвременни измерения на европейското образователно и научно пространство. Българо-гръцки културни общувания", 29.05.2017 – 05.06.2017 г., Солун, Гърция.
9. Гарванов И., Хр. Кабакчиев, В. Бехар, М. Владимирова, К. Димитров, С. Владимирова, Откриване на нисколетящи самолети чрез GPS сигнали, Първа научна конференция с международно участие "Единно европейско въздушно пространство - същност и предизвикателства пред въздушния суверенитет и бизнеса", 11-12 октомври 2016, София, 2017 г., стр. 7-23.
10. Добош, Л., Я. Духа, С. Мархевски, В. Визер, Мобилни Радиомрежи, Джиев Трейд, 2005
11. Джефри Рихтер, Microsoft .NET Framework, СофтПрес, 2002
12. Иванов. Вл., „Апаратно програмна среда за проектиране и реализиране на вградени процесори” 100 години от рождението на капитан Димитър Списаревски 14-15 април 2016г. гр. Долна Митрополия, стр.119-124
13. Иванов Вл., ”Обобщен подход за проектиране на системи за управление на кръстовища” 24 международен симпозиум управление на топло енергийни обекти и системи 12-13 май 2016 Баня, стр.101-104
14. Иванов Вл., Стоянов П. Следене и управление на пътен градски трафик. Сборник с доклади от XXII Международен симпозиум Управление на енергийни, индустриални и екологични системи,Баня, 2015, стр. 103 – 107
15. Изворска, Д., Р. Тарандова „Още един начин за намиране на опорен план на транспортна задача и интерпретацията му чрез използване на граф” ,”Осма международна научно-практическа конференция ”Преподаване, учене и качество

- във висшето образование през 2011 г.”, Международно висше бизнес училище, София, Бояна,(2011), 939-949.
16. Изворска, Д., Математические модели- междупредметная связь курса высшей математики и специальных дисциплин в экономическом профиле, II Международная научно-методическая конференция, Пенза,(2006),145-148.
 17. Изворска, Д., Приложение аналитической геометрий для создания математических моделей экономических процессов, Третьи Курдюмовские чтения: Синергетика в естественных науках, Тверь, (2007), 68-74.
 18. Изворска, Д., С. Славова, Моделюемо графи в системі Maple з учнями початкової школи, сп. Заступник директора школи, бр.2, МОН на Украйна, Киев, (2016), 40-51
 19. Изворска, Д., Изучение теории вероятности и математической статистики системами компьютерной математики, VI международный симпозиум «Симетрии: теоретические и методические аспекты» г. Астрахань, Россия, 8-13 сентября 2016 г., 103-120.
 20. Майкъл Х. Ернандес, Проектиране на Бази от Данни, СофтПрес, 2004
 21. Славова, С., Д. Изворска, Использование Maple при изучение дифференциальных уравнений, Международная научно-методическая конференция, Пенза,(2008),206-218.
 22. Славова, С., Д. Изворска, Использование Maple при линейной алгебре, Международная научно-методическая конференция, Пенза, (2008), 218
 23. Спецификация на радар NR-100M, Варна, България, 2009.
 24. Addison-Wesley, Reading Massachusetts, 1987.
 25. Akos, D. (1997). A Software Radio Approach to Global Navigation Satellite System Receiver Design. PhD thesis, Ohio University
 26. Ahmed El-Rabbany, “Introduction to GPS: The Global Positioning System”, Artech House, Boston. 2002
 27. Azaola-Sa’enz, M.; Cosmen-Schortmann, J.: Autonomous integrity. An error isotropy-based approach for multiple fault conditions. Inside GNSS, 4 (1) (2009), 28–36.
 28. Bate, R. R., Mueller, D. D., White, J. E., Fundamentals of Astrodynamics, Dover Publications, New York, 1971
 29. Bowick, C., RF Circuit Design, SAMS, Carmel, Indiana, 1995.
 30. Brown, R. G., Hwang, P. Y. C., Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1992.
 31. Caccioppoli, N.; Chirita, A.; Duchet, D.: Validating PEGASUS in support of EGNOS certification. http://www.enc-gnss09.it/proceedingsPDF/D3b/2_D3b.PDF, 2009, 1–8.
 32. Chernyak M., V., ‘Fundamentals of Multisite Radar Systems’, Gordon and Breach Science Publishers, 1998, pp. 41
 33. Cherniakov M (Editor) (2008) Bistatic Radar: Emerging Technology, John Wiley & Sons, UK
 34. Cherniakov M (Editor) (2007) Bistatic Radar: Principles and Practice, John Wiley & Sons, UK
 35. Cherniakov M, Nezhlin D, Kubik K (2002) Air Target Detection via Bistatic Radar Based on LEOS Communication Signals, IEE Proceedings –Radar, Sonar and Navigation, V.149 (1), pp. 33-38
 36. Cherniakov M, Zeng Tao (2008), Passive Bistatic Radar with GNSS Transmitter, “Bistatic Radar: Emerging Technology”, pp. 339-360, Wiley

37. Cherniakov M, Saini R, Antoniou M, Rui Zuo, Plakidis E (2008) (Invited), Experiences Gained during the Development of a Passive BSAR with GNSS Transmitters of Opportunity, *International Journal of Navigation and Observation*, 2008, Article ID 807958, 13 pages, doi:10.1155/2008/807958
38. Cherniakov M., R.S.A.R. Abdullah, P. Jancovic , M. Salous and V.Chapursky, “Automatic ground target classification using forward scattering radar”, *IEE Proc.- Radar Sonar Navig.*, Vol. 153, No. 5, October 2006, pp. 427 – 437
39. Davidoff, M., *The Satellite experimenter’s Handbook*, Second Edition, The American Radio Relay League, Newington, CT, 1990.
40. De Cleene, B.: Defining pseudorange integrity-overbounding, in *Proc. ION GPS-2000*, Salt Lake City, Utah, September 2000, 19–22.
41. Deitel, H.M., P.J. Deitel, B. Du Walt, L.K. Trees, *Web Services: A Technical Introduction*, Prentice Hall, 2003
42. Franklin, G. F., Powell, J. D., Emami-Naeini, A., *Feedback Control of Dynamic Systems*, United States Department of Defense, Global Positioning System Standard Positioning Service Performance Standard, Pentagon, Washington D.C., 2001.
43. Gagliardi, R.M., *Satellite Communications*, Second Edition, University of Southern California
44. Garvanov I., C. Kabakchiev, V. Behar, H. Rohling, “Experimental study of moving man detection by acoustic forward scattering radar system”, *International Conference on Telecommunications and Remote Sensing - ICTRS'17*, Delft, Nederland, 06-08.11.2017.
45. Garvanov I., S. Vladimirov, N. Geshev, “Moving Target Detection by Acoustic Forward Scattering Radar System”, *Second International Scientific Conference "industry 4.0"*, 13-16.12.2017, Borovets, Bulgaria.
46. Garvanov, I., Kabakchiev, Ch., Behar, V., Garvanova, M. (2015). Target detection using a GPS Forward-Scattering Radar. *IEEE Pros. of the Second International Conference “Engineering & Telecommunications – En&T 2015”*, Noevember 18-19, Moscow-Dolgoprudny, Russia, 2015, DOI: 10.1109/EnT.2015.20, pp. 29-33, (Invited paper).
47. Garvanov I., V. Bojkov, M. Garvanova, “Secondary Applications of GPS Technology in Urban Environment”, *VII Научно-стручна Конференција са међународним учешћем, ЗАШТИТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСА КРОЗ ЗАШТИТУ ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ У УРБАНИМ СИСТЕМИМА*, 21 мај 2015, Београд, Србија, ISBN: 978-86-915671-3-2, pp.164-172.
48. Garvanov I., S. Vladimirov, “Target Detection by GPS Forward-Scattering System”, *25th European Signal Processing Conference (EUSIPCO)*, 28 Aug. - 2 Sept. 2017, Kos, Greece.
49. Garvanov, I., Kabakchiev, Ch., Behar, V., Garvanova, M. The Experimental Study of Possibility for Pulsar Signal Detection. *The Second International Conference “Engineering & Telecommunications – En&T 2016”*, Noevember 28-30, Moscow-Dolgoprudny, Russia, 2016, pp. 68-72, DOI: [10.1109/EnT.2016.023](https://doi.org/10.1109/EnT.2016.023).
50. Garvanov I., S. Vladimirov, M. Garvanova, *Polar Hough Detector in the Presence of Randomly Arriving Impulse Interference*, *13th International Conference on Informatics and Information Technologies*, April 22-24, 2016, Bitola, Macedonia, 2016.
51. Garvanov I., K. Dimitrov, V. Behar, C. Kabakchiev, “Comparative analysis of object shadows obtained by GPS and sound signals“, *Signal Processing Symposium SPS-2017*, September 12 - 14, Jachranka, Poland, 2017, pp. 1-4, DOI: [10.1109/SPS.2017.8053681](https://doi.org/10.1109/SPS.2017.8053681).

52. Gelb, A. ed., Applied Optimal Estimation, The M.I.T. Press, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge Massachusetts, 1996.
53. Glennon E., A. Dempster, and C. Rizos, "Feasibility of air target detection using GPS as a bistatic radar", Journal of Global Positioning Systems, 2006, vol. 5, no. 1-2, pp. 119-126.
54. Golub G. H., Van Loan, C. F., Matrix Computations, Third Edition, the Johns Hopkins University Press, Baltimore and London, 1996.
55. Gold, R., "Optimal binary sequences for spread spectrum multiplexing." IEEE Trans. On Information Theory, vol. 13, October 1967.
56. Hamming, R. W., Digital Filters, Third Edition, Dover Publications, Inc., Mineola, New York, 1989
57. Hill, F. J., Peterson, G. R., introduction to Switching Theory and Logical Design, Second Edition, John Wiley & Sons, New York, 1974.
58. Ivanov V., Use of the fine grain FPGA structure to generate the UART clock. Proceeding of Int. Conference "Automatics and Informatics", 04-07.10 2015, Sofia, 2015, pp181 – 185
59. Jackson, J. D., Classical Electrodynamics, John Wiley & Sons, New York, 1975.
60. James B-Y. Tsui, Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach, 2008
61. Johan Hjelm, Creating Location Services for the Wireless Web, Wiley, 2002
62. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, D. Kabakchieva, K. Kabakchiev, K. Dimitrov, H. Rohling, K. Kulpa, A. Jarovoy, "Experimental Parameter Estimation of Vehicles GPS Shadows by Forward Scattering Systems", International Radar Symposium 2017, 28-30 June, 2017, Prague, Czech Republic, pp.1-7, DOI: [10.23919/IRS.2017.8008216](https://doi.org/10.23919/IRS.2017.8008216).
63. Kabakchiev C., D. Kabakchieva, I. Garvanov, V. Behar, K. Kabakchiev, H. Rohling, K. Kulpa, A. Yarovoy, "Data Mining Classification of Cars Based on the GPS Shadows in Forward Scatter Radar Systems", International Radar Symposium 2017, 28-30 June, 2017, Prague, Czech Republic, pp. 1-9, DOI: [10.23919/IRS.2017.8008217](https://doi.org/10.23919/IRS.2017.8008217).
64. Kabakchiev C., V. Behar, I. Garvanov, D. Kabakchieva, A. Kabakchiev, H. Rohling, M. Bentum, J. Fernandes, "Air Target Detection using Pulsar FSR", International Radar Symposium 2017, 28-30 June, 2017, Prague, Czech Republic, pp. 1-7, DOI: [10.23919/IRS.2017.8008187](https://doi.org/10.23919/IRS.2017.8008187).
65. Kabakchiev C., V. Behar, P. Buist, I. Garvanov, D. Kabakchieva, M. Bentum, J. Fernandes, "Improvement in SNR of Signal Detection using Filtering in Pulsar-Based Navigation Systems", International Radar Symposium 2017, 28-30 June, 2017, Prague, Czech Republic, pp. 1-10, DOI: [10.23919/IRS.2017.8008258](https://doi.org/10.23919/IRS.2017.8008258).
66. Kabakchiev H., V. Behar, I. Garvanov, D. Kabakchieva, A. Kabakchiev, H. Rohling, M. Bentum, J. Fernandes, "Feasibility of Asteroid Detection using Pulsar FSR-Network", Signal Processing Symposium SPS-2017, September 12 - 14, Jachranka, Poland, 2017, pp. 137-141, DOI: [10.1109/SPS.2017.8053661](https://doi.org/10.1109/SPS.2017.8053661).
67. Kabakchiev C., V. Behar, I. Garvanov, D. Kabakchieva, A. Kabakchiev, H. Rohling, M. Bentum, J. Fernandes, "Feasibility of asteroid detection using pulsar signals", International conference on radar systems, 23 – 26 October 2017, Belfast Waterfront Conference Centre, UK.
68. Kabakchiev C., V. Behar, I. Garvanov, D. Kabakchieva, A. Kabakchiev, H. Rohling, M. Bentum, J. Fernandes, "Feasibility of Air Target Detection using Pulsar FSR Net", European Radar Conference 2017, 11th – 13th October 2017, Nuremberg, Germany.

69. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, D. Kabakchieva, „Aircraft Detection at Short Distances by GPS FSR System“, Eighth International Conference on Sensor Device Technologies and Applications, SENSORDEVICES 2017, September 10 - 14, 2017 - Rome, Italy
70. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, D. Kabakchieva, K. Kabakchiev, H. Rohling, K. Kulpa, A. Yarovoy, “Experimental Verification of Target Shadow Parameter Estimation in GPS FSR”, Proc. of the 17th International Radar Symposium IRS-2016, may 10 - 12, 2016, Krakow, Poland, 2016.
71. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, D. Kabakchieva, K. Kabakchiev, H. Rohling, K. Kulpa, A. Yarovoy, “Detection and Classification of Objects from Their Radio Shadows of GPS Signals”, Proc. of the International Radar Symposium IRS-2015, June 24 - 26, 2015, Dresden, Germany, pp. 906-911, ISBN: 978-3-95404-853-3, 2015.
72. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, D. Kabakchieva, “The Experimental Study of Moving Targets Radio Shadows using GPS Signals”, The Sixth International Conference on Sensor Device Technologies and Applications SENSORDEVICES 2015, August 23 - 28, 2015, Venice, Italy, ISSN: 2308-3514, ISBN: 978-1-61208-426-8, pp. 138-141, 2015.
73. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, D. Kabakchieva, K. Kabakchiev, H. Rohling, K. Kulpa, A. Yarovoy, “The Study of Target Shadows Using Passive FSR Systems”, Proc. of the International Radar Symposium IRS-2015, June 24 - 26, 2015, Dresden, Germany, pp. 628-631, ISBN: 978-3-95404-853-3, 2015.
74. Kabakchiev C., I. Garvanov, V. Behar, H. Rohling, A. Lazarov, “The Experimental Study of Target FSR Shadows Detection using GPS signals”, Proc. of the Third International Symposium on Radio Systems and Space Plasma, 28-30 August, 2013, Sofia, Bulgaria, ISBN: 978-619-90124-1-3, pp. 64-73, 2013.
75. Kang, E.: Radar System Analysis, Design and Simulation, Artech House Inc., Boston/London, 2008.
76. Kaplan, E.; Hegarty, Ch.: Understanding GPS. Principles and Applications, Artech House Inc., Boston/London, 2006.
77. Kaplan, E., Understanding GPS – Principles and Applications, Second Edition, Artech House Inc., London, 2006r.
78. Lorrain, P., Corson, D., Electromagnetic Fields and Waves, W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1970.
79. Misra, P., Enge P., Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Ganga-Jumuna Press, Lincoln, Massachusetts, 2001.
80. Mongredien, C., G. Lachapele, and M. Gannon, “Testing GPS L5 acquisition and tracking algorithms using a hardware simulator”, Proc. of ION GNSS, Fart Wart TX, September 2006, pp. 2901-291
81. Ober, P.B.; Farnworth, R.; Breeuver, E.; van Willigen, D.: SBAS integrity verification, in Proc. ION GPS, 2001, 1805–1812.
82. Ogata, K., Modern Control Engineering Second Edition, Prentice-Hall, New Jersey, 1990
83. Oliveira, J.; Tiberius, C.: Quality control in SBAS: protection levels and reliability levels. J. Nav., 62 (2009), 509–522.
84. Papoulis, A., Probability, Random Variables, and Stochastic Processes, McGraw-Hill Book Company, New York, 1984.

85. Parkinson, B. W., Spilker, J.J. Jr., *Global Positioning System: Theory and Applications*, vols. 1 and 2, American Institute of Aeronautics, 370 L'Enfant Promenade, SW, Washington, DC, 1996.
86. Peterson, R. L., Ziemer, R. E., Borth, D. E., *Introduction to Spread Spectrum Communications*, Prentice-Hall, New Jersey, 1995.
87. Press, W., Teukolsky, S., Vetterling, W., Flannery, B., *Numerical Recipes in C*, Cambridge University Press, Melbourne, 1997.
88. Radio Technical Committee for Aeronautics, *Minimum Operational Performance Standards for Airborne Equipment Using Global Positioning System/Wide Area Augmentation System (RTCA/DO-229)*. Up to version D, December 2006.
89. Regis J. "Bud" Bates, *GPRS: General Packet Radio Service*, McGraw Hill, 2003
90. Roturier, B.; Chatre, E.; Ventura-Traveset, J.: *The SBAS integrity concept standardized by ICAO. Application to EGNOS*, in ESA, *EGNOS for Professionals*, Publications, GNSS Conf., May 2001.
91. Rubini, A., Corbet, J., *Linux Device Drivers*, O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol, California, 2001.
92. Spilker, J.J. Jr., *Digital Communications by Satellite*, Prentice-Hall, New Jersey, 1995.
93. Schildt, H., *C: The Complete Reference*, Fourth Edition, Osborne/McGraw-Hill, 2000.
94. Schildt, H., *C++: The Complete Reference*, Fourth Edition, Osborne/McGraw-Hill, 2003.
95. Siever, E., Figgins, S., Weber, A., *Linux In A Nutshell, A Desktop Quick Reference*, O'Reilly & Associates, Inc., Sebastopol, California, 2003.
96. Sizov V., Cherniakov M., Antoniou M., (2007), *Forward scattering radar power budget analysis for ground targets*, IEE Proceedings RSN, No. 6, December, 437–446
97. Straw, R. D. ed., *The ARRL Antenna Book*, The American Radio Relay League, Newington, CT, 1994.
98. Suddapalli, R.: *Aircraft position integrity for Differential Satellite-based Navigation in the presence of both bias and noise errors*. MA thesis, Ohio University, 2004, 1–79.
99. Symon, K. R., *Mechanics*, Third Edition, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1971.
100. Teunissen, P.J.G. (1994a): *A new method for fast carrier phase ambiguity estimation*. In: *Proceeding IEEE Position, Location and Navigation Symposium PLANS'94*. Las Vegas, Nevada, USA. April 11-15, 1994. pp. 562-573.
101. Teunissen P.J.G. and C.C.J.M. Tiberius, *Integer least-squares estimation of the GPS phase ambiguities*, *Proceedings of KIS'94*. Banff, Canada, 1994, pp. 221-231.
102. Teunissen, P.J. de Jonge, and C.C.J.M. Tiberius; "The LAMBDA method for fast GPS surveying"; *Proceedings of International Symposium 'GPS technology applications'*, Bucharest, Romania, September 26-29, pp. 203-210 (1995).
103. Tsui, J. B. Y., *Fundamentals of Global Positioning Receivers, A Software Approach*, John Wiley & Sons, Inc., New York, 2000.
104. Tsui, J. (2005). *Fundamentals of Global Positioning System Receivers: A Software Approach*, John Wiley & Sons Inc, ISBN: 0-471-70647-7, New York
105. Usman M., and D. Armitage, "Details of an imaging system based on reflected GPS signals and utilizing SAR techniques", *Journal of Global Positioning Systems*, 2009, vol. 8, no. 1, pp. 87-99
106. Vassileva B., B. Vassilev, *A New technique for SBAS Availability Improvement*, IJMWT, Cambridge University Press and the European Microwave Association, ISSN: 1759-0787 EISSN: 1759-0795, doi:10.1017/S1759078712000013, April 2012, pp 217-221.

107. Vassilev, B. B Vassileva, EGNOS Performance Before and After Applying an Error Extracting Methodology, Annual of Navigation Journal , No 19/2012 part 2, Poland ISSN 1640-8632, pp 121-130.
108. Vassilev, B., B Vassileva, EGNOS Performance Before and After Applying an Error Extracting Methodology, European Navigation Conference 25-27 April, 2012, Gdansk, Poland.
109. Vassilev B., B Vassileva, The Satellite Navigation System EGNOS and Safety of Life Service Performance in Sofia, Information Technologies and Control, 4, 2011, ISSN 1312-2622, pp 32-39.
110. Vassilev B., B Vassileva, GNSS Based Attitude Determination, Presentation of the idea winner of the DLR special prize, ESNC12, Munich, Germany, 26 September 2012.
111. Vassilev B., B Vassileva, GBAD Feasibility Studies using Numerical Simulations, Report, DLR Institute for Communications and Navigation, Department of Navigation, Oberpfaffenhofen, 26 June 2013.
112. Vassileva, B.; Vassilev, B.: EGNOS performance analysis and a novel algorithm for system's performance improvement, in Proc. 16th Int. Conf. Integrated Navigation Systems, Saint Petersburg, Russia, May 2009, 342–350.
113. Walter, T.; Blanch, J.; Enge, P.; Pervan, B.; Gratton, L.: Shaping aviation integrity – two RAIMs for Safety. GPS World, 19 (4) (2008), 42–49.
114. Whalen, A.D., Detection of Signals in Noise, Academic Press, Inc, New York, 1971.
115. Wylie, C. R., Barrett, L. C., Advanced Engineering Mathematics, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1982.
116. Zhong-Ren Peng, Ming-Hsiang Tsou, internet GIS, Wiley, 2003
117. Ziemer, R. E., Peterson, R. L., Digital Communications and Spread Spectrum Systems, New York, 1985.
118. http://www.gnss.co.jp/file/product/catalog/154_PolaRx2e.pdf
119. Configuring the PolaRx2/2e@ for optimal attitude performance, http://www.septentrio.com/sites/default/files/PolaRx2e_HowTo_Optimal%20Attitude%20Performance.pdf