

## A METHODOLOGY FOR EVALUATION THE PROCESSES OF RF SIGNALS TRANSFER USING A SPECIALIZED LABORATORY PLATFORM

### МЕТОДИКА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОЦЕСИТЕ ПО ПРЕНОС НА РАДИО-ЧЕСТОТНИ СИГНАЛИ ПОСРЕДСТВОМ СПЕЦИАЛИЗИРАНА ЛАБОРАТОРНА ПЛАТФОРМА

**Svilen Borisov, Plamen Zahariev, Georgi Hristov**

Department of Telecommunications, University of Ruse “Angel Kanchev”,  
8 Studentska str., 7017 Ruse, Bulgaria phone: +359 082 888 817,  
e-mail: {sborisov, pzahariev, gchristov}@uni-ruse.bg

**Свилен Борисов, Пламен Захариев, Георги Христов**

Катедра „Телекомуникации“, Русенски университет „Ангел Кънчев“,  
ул. „Студентска“ №8, 7017 Русе, България, тел.: +359 082 888 817,  
e-mail: {sborisov, pzahariev, gchristov}@uni-ruse.bg

**Keywords:** methodology, RF signals, specialized laboratory platform, wireless data transfer

*Abstract – This paper presents a specialized laboratory platform for investigation and evaluation of the processes of radio-frequency signal transmission. This platform consists of a radio frequency spectrum analyser, a RF signal generator and a pair of transmitter and receiver units. In order to use the laboratory platform for evaluation of the different stages of the wireless data transfer processes, a methodology is also presented in the paper. This methodology includes the selection of the signal type and the analysis of its characteristics, the generation of the selected signal, its transmission using the transmitter unit and its reception using the receiver unit, as well as the analysis of the signal with the help of the spectrum analyser. Additionally, in order to demonstrate the impact and the effect of the external signal sources on the transmission of the radio signals and to present some of the modern methods to overcome these problems, the experimental platform provides the possibility to use several auxiliary modules (filters, amplifiers and synthesizers), which allow the processing of the signals before and after their transmission and the following analysis.*

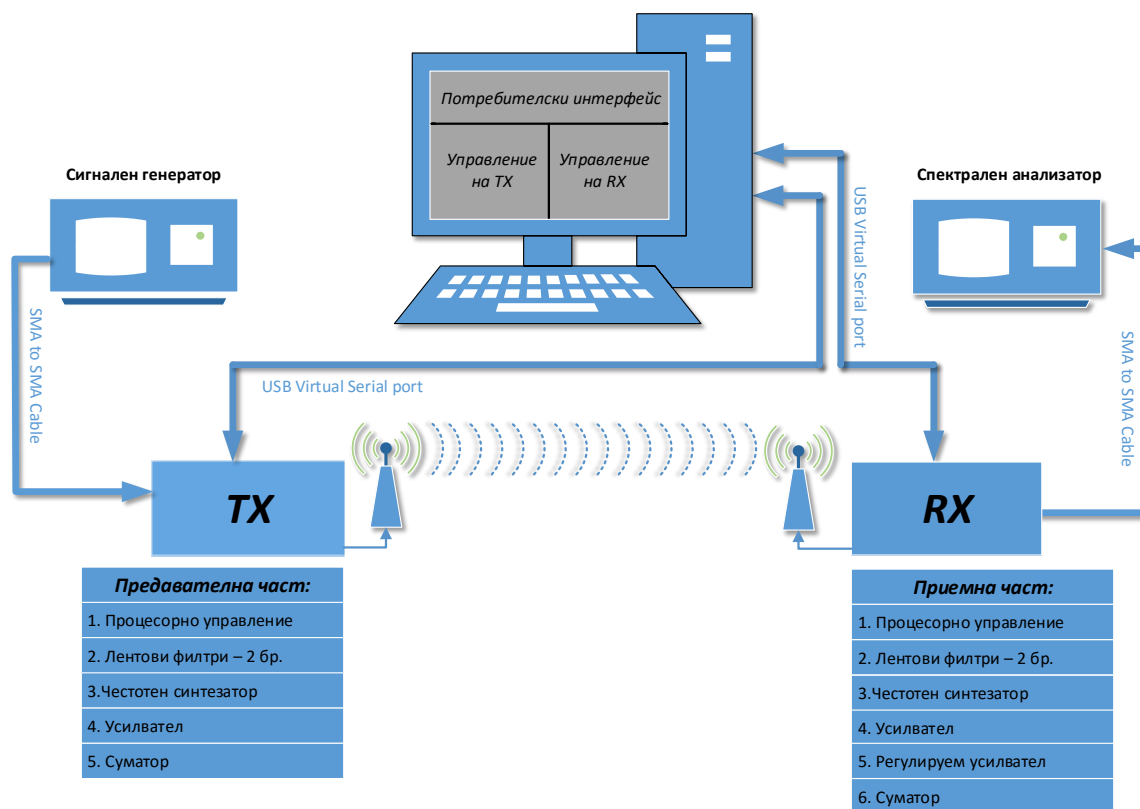
*Резюме – в рамките на тази статия е представена специализирана лабораторна платформа за пренос на радио-честотни сигнали, която се състои от радиочестотен спектрален анализатор, генератор на сигнали и двойка радиоприемник и радиопредавател. За изследване на различните етапи от процесите по безжичен пренос на данни посредством лабораторната платформа в статията е представена методика, която включва избор на тип сигнал и анализ на неговите характеристики, генериране на сигнала и постъпването му в предавателната част, предаването му посредством опитната установка, получаването на сигнала от приемника и изследването му чрез спектрален анализатор. Допълнително, за да се демонстрира влиянието и ефекта от вредните странични фактори при разпространението на радиосигналите, както и някои от съвременните методи за преодоляване на тези проблеми, към опитната платформа са включени спомагателни модули (филтри, усилватели, синтезатори), чрез които сигналите са обработени преди и след предаването им и последващия анализ.*

## 1. ВЪВЕДЕНИЕ

Бурното развитие на телекомуникационните системи през последните две десетилетия доведе до масовото навлизане на безжичните технологии за пренос на данни и към настоящия момент от време крайните потребителски устройства разполагат с поне един, а в много случаи и с повече радио интерфейси [1]. Това широко разпространение на безжичните комуникационни системи дефинира нуждата от използване на разнообразни методи и средства за преодоляване на различните вредни странични влияния върху радиосигналите. Допълнително предизвикателство се явява и липсата на свободни честотни диапазони или прекалено големите такси за прилагане на съществуващите стандарти за повечето услуги, което води до все по-масовото използване на нелицензираните честотни области и пренасищането им със сигнали [2]. Именно поради тези причини, в последно време в световен мащаб се набляга на научните изследвания върху технологиите за безжичен пренос и върху възможностите за създаване на нови методи за ефективно разпространение на данните [3, 4].

## 2. АРХИТЕКТУРА И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СПЕЦИАЛИЗИРАНА ПЛАТФОРМА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАДИО СИГНАЛИ.

За изследване на методите и особеностите при преноса на радио-честотни сигнали се използва специализирана лабораторна платформа [7], представена на Фиг. 1.



Фиг. 1. Архитектура на специализираната лабораторна платформа за изследване на радио-честотни сигнали

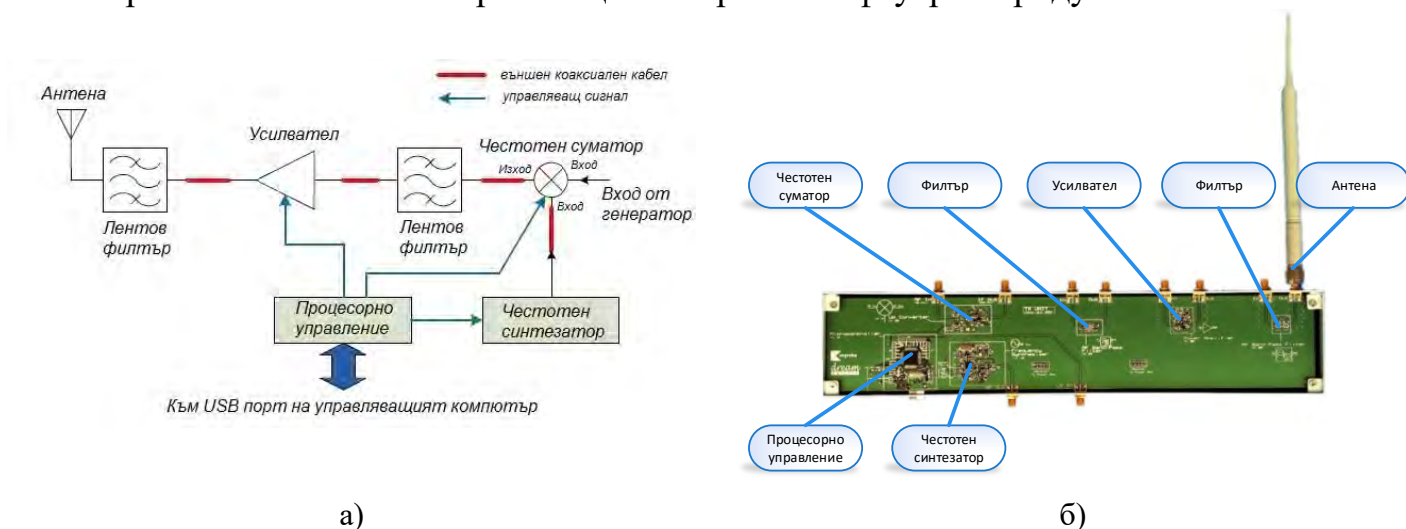
Лабораторната платформа е съставена от две RF устройства – генератор на сигнали и спектрален анализатор. Генератора на сигнали е свързан посредством SMA-to-SMA кабел към входа на предавателната част на лабораторната постановка и се използва за подаване на първоначалния необработен сигнал. Предавателната и приеманата част на лабораторната постановка са свързани посредством USB кабели и виртуални COM портове към потребителска станция, на която е инсталиран специализиран софтуер за управление на процесите по предаване и приемане на сигналите – RF Trainer Control Panel [7]. Чрез този софтуерен продукт потребителите могат да настройват честотата на синтезаторите в приемната и предавателната част, да включват и изключват спомагателните модули, и да филтрират или усилват сигналите. На изхода на приеманата част е свързан радио-честотен спектрален анализатор, чрез който се извършва анализиране на информацията на получените след предаването сигнали.

### 2.1 Предавателна част

Предавателната част (TX) на представената експериментална платформа е съставена от всички основни елементи за една RF система - честотен синтезатор, филтри, честотен суматор и усилвател (Фиг. 2).

Генератора на сигнали подава на входа на приемника 50 MHz сигнали с широчина от 1 MHz, които се конвертират от честотния суматор посредством честотния синтезатор до сигнали, съответстващи по параметри на необходимите за изследването. Лентово пропускащите филтри в TX частта се използват за ограничаване на нежеланите честотни компоненти на сигнала, а усилвателя позволява повишаване на мощността на сигнала до 1 mW, преди той да бъде предаден към антенния изход и разпространен в преносната среда.

Функционалността на активните елементи, в това число усилвателя, честотния суматор и синтезатора, се управлява посредством специализирания контролен модул, който получава команди посредством USB връзка от потребителския компютър и специализирания софтуерен продукт.



Фиг. 2. Блокова схема (а) и реално изпълнение на предавателния модул на лабораторната платформа

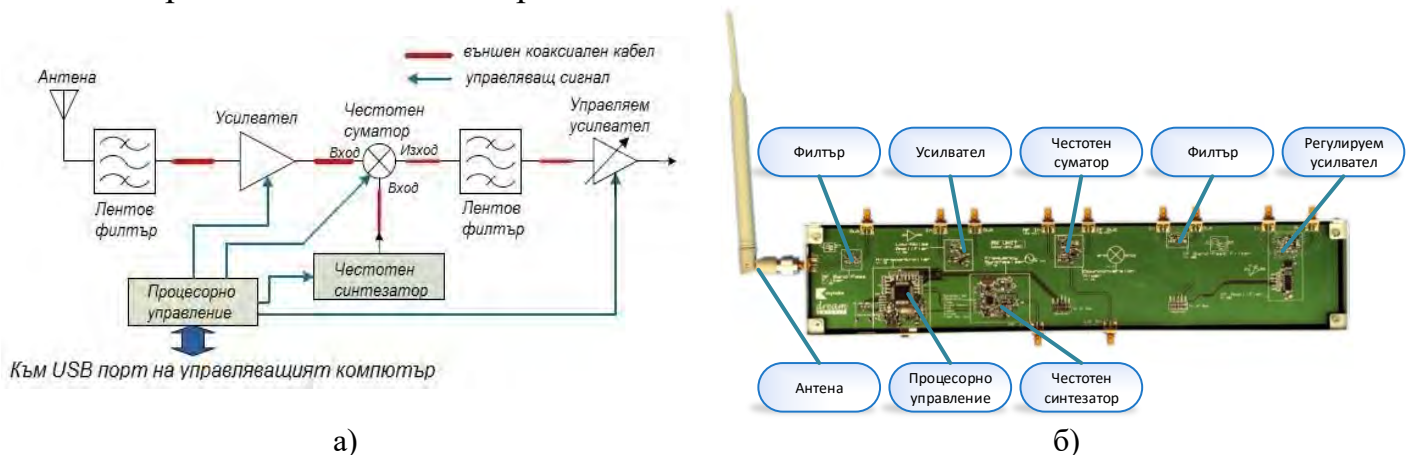
## 2.2. Приемна част

Блоквата схема на приемната част (RX) на представената лабораторна платформа е представена на Фиг. 3. Тя включва както основните за всеки радио-приемник модули, така и допълнителни елементи – честотен синтезатор, филтри, честотен суматор и два усилвателя единия от които регулируем (Фиг. 3).

Приемният модул предоставя на потребителите възможността за изследване на сигналите непосредствено след получаването им. Това позволява анализа на вредните влияния върху сигналите при разпространението им в преносната среда. Допълнителните елементи на приемната част могат да се използват за обработка на получените сигнали, което дефинира възможността за сравнителен анализ на параметрите на сигналите, които са получени непосредствено след постъпването им в приемника с тези след обработката.

Приемането на разпространяваните на съответната честота сигнали се извършва от радио интерфейса, след което те се филтрират, усилват и конвертират обратно до сигнали с честота 50 MHz. Регулируемия усилвател на приемния модул се използва за допълнително повишаване мощността на обработените сигнали до максимум 3 mW (при 50  $\Omega$  товар), а двата лентово задържащи филтъра се използват за премахване на нежеланите честотни компоненти на сигнала.

Подобно на предавателната част и тук честотния суматор, честотния синтезатор и усилвателите са активни елементи, които се контролират от потребителя чрез вградения в приемната част контролен модул, като връзката към него се осъществява посредством USB интерфейс и виртуален COM порт на потребителския компютър.



Фиг. 3. Блокова схема (а) и реално изпълнение на приемния модул на лабораторната платформа

## 2.3 Генератор на сигнали и спектрален анализатор

Предавателната и приемната част на лабораторната платформа сама по себе си не може да се използва за генериране и анализ на сигналите. За тази цел се използват радиочестотен генератор на сигнали Keysight N9310A [5], работещ в диапазона от 9KHz до 3GHz и спектрален анализатор Keysight N9320B [6].

### 3. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ И АНАЛИЗ НА РАДИО-ЧЕСТОТНИ СИГНАЛИ

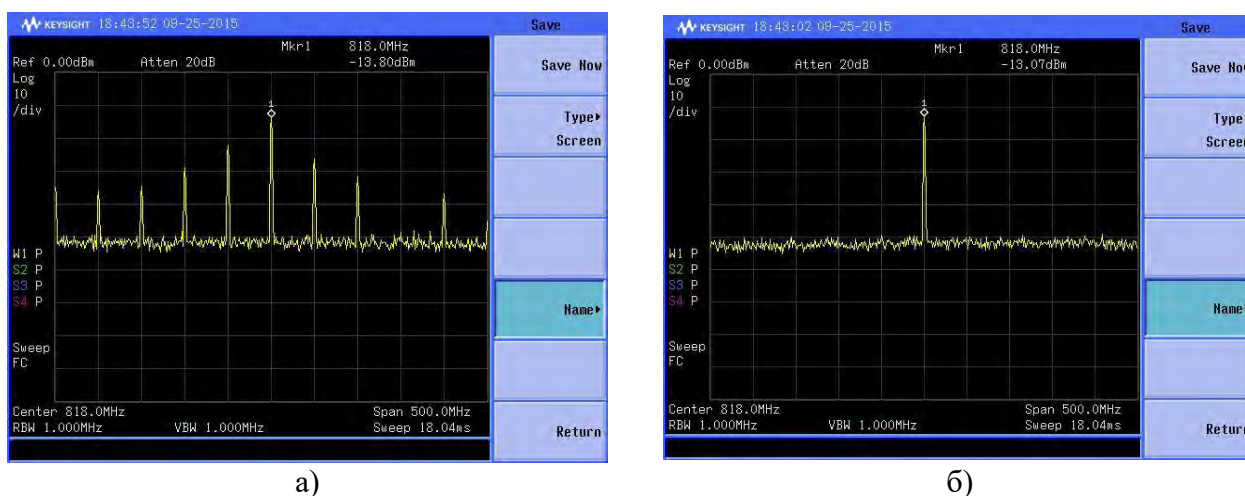
Представената лабораторна платформа позволява изследването на разнообразни по форма и тип сигнали, като за целта може да се приложи методиката, представена чрез следните основни стъпки:

- Подбор на изследваният тип сигнал и запознаване с характеристиките му;
- Конфигуриране на сигналния генератор – избор на честота [Hz] и амплитуда [dB] за генерирания сигнал и предаването му към TX частта на платформата;
- Настройка параметрите на предавателната и приемната част на лабораторната платформа и предаване на сигнала;
- Изследване и анализ, посредством спектрален анализатор, на получения от RX частта на платформата сигнал;
- Промяна на параметрите на предавателната и приемната част на лабораторната платформа и повторно генериране и предаване на сигнала;
- Изследване на повторно получения сигнал и провеждане на сравнителен анализ.

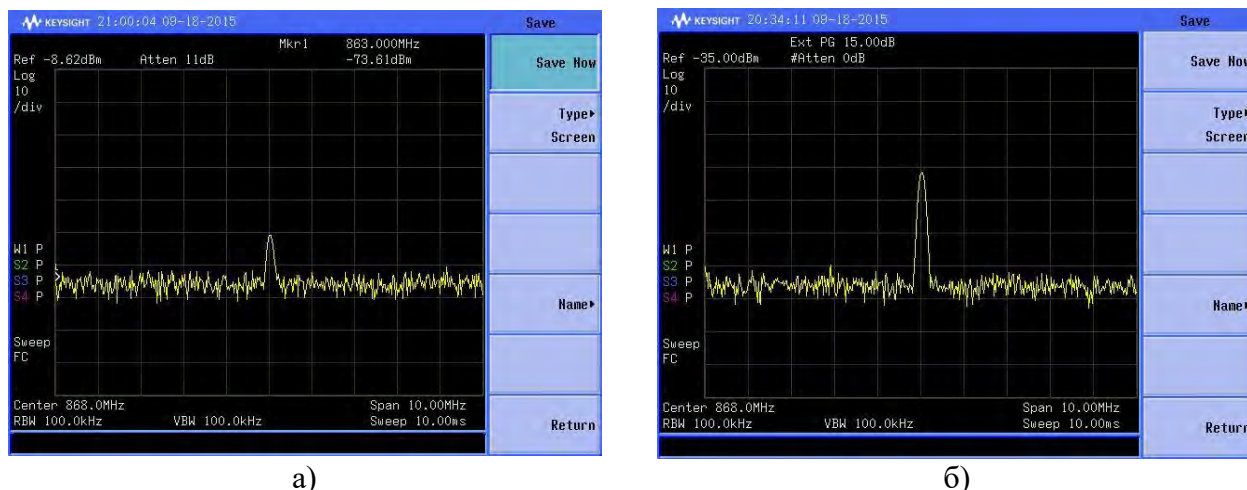
Използването на методологията за изследване на процесите по пренос на RF сигнали, би позволило:

- Изследване и анализ на сигналите в идеални условия, чрез свързване на изхода на TX модула с входа на RX модула и получаване на референтни стойности;
- Изследване на факторите, които оказват влияние върху разпространението на радио-честотните сигнали и анализ на тяхното въздействие;
- Безжичен пренос на RF сигнали и изследване на особеностите им при прилагане на различни методи за обработка и филтриране;

На Фиг. 5 са представени резултатите от проведено изследване с пренос на сигнал с честота 818MHz преди (а) и след филтриране на страничните хармоници (б).



Фиг. 5. Резултати от проведените изследвания със сигнал с честота 818MHz преди (а) и след филтриране на страничните хармоници (б)



Фиг. 6. Резултати от проведените изследвания със сигнал с честота 868MHz преди (а) и след усилване на сигнала (б)

На Фиг. 6 са представени резултатите от проведено изследване с пренос на сигнал с честота 868MHz преди (а) и след (б) усилване на сигнала в предавателя.

#### 4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представена лабораторна платформа позволява провеждането на изследвания, свързани с безжичния пренос на RF сигнали при различни параметри на преносната среда и различни характеристики на входните сигнали. Тази възможност позволява по-задълбочен анализ на процесите по безжичен пренос на данни и създава предпоставка за провеждане на качествен научен и образователен процес.

Представената методика за провеждане на изследванията се характеризира с итеративен подход, което позволява натрупването на резултати и провеждането на сравнителен анализ между референтните стойности за сигналите и тези получени при преноса им в среда със странични влияния.

#### 5. ИЗПОЛЗВАНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] T. S. Rappaport, "Wireless Communications: Principles and Practice", IEEE Press, ISBN: 0-7803-1167-1 – Michigan, United States of America, 1996.
- [2] D. Ibrahim, F. Sadikoglu, "Teaching radio telemetry using microcontrollers with low power radio devices", 4<sup>th</sup> WCETR-2014, Near East University, Lefkosa, Turkey, 2014.
- [3] F. Raab, P. Asbeck, S. Cripps, P. B. Kenington, Z. B. Popovic, N. Pothecary, J. F. Sevic, and N. O. Sokal, "Power amplifiers and transmitters for RF and microwave," IEEE Trans. Microwave Theory Tech., vol. 50, no. 3, pp. 814 - 826, 2002.
- [4] J. Thomas, T. Holmes, T. Hightower, "Learn RF Spectrum Analysis Basics", Keysight Technologies, достъпно на адрес: [http://www.keysight.com/upload/cmc\\_upload/All/02-18-03-B2B-RF-SpectrumAnalysis-Thomas-Holmes-Hightower-839.pdf](http://www.keysight.com/upload/cmc_upload/All/02-18-03-B2B-RF-SpectrumAnalysis-Thomas-Holmes-Hightower-839.pdf)
- [5] Ръководство за работа с Keysight N9310A Signal Generator, достъпно на адрес: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/N9310-90003.pdf?id=1117003>
- [6] Ръководство за работа с Keysight N9320B Spectrum Analyzer, достъпно на адрес: <http://literature.cdn.keysight.com/litweb/pdf/N9320-90009.pdf?id=2637430>

[7] Ръководство за работа с Dream Catcher ME1000 RF Circuit Design, достъпно на адрес:  
<http://dreamcatcher.asia/cw/cwdetail.php?id=ME1000>