

Аутоматска метода за мерење сигнатуре радио-релејних уређаја и склопова

Ненад Пејовић, Владимир Орлић, Мирослав Перић, Милоје Зечевић, Светлана Марчетић

Садржај — У овом раду описана је метода аутоматског мерења утицаја фреквенцијски селективног фединга на РР систем или његове критичне склопове и добијање криве сигнатуре. Циљ реализације овакве методе је да се омогуће ефикасна мерења различитих генерација РР уређаја и модула, како у фази развоја, тако и приликом завршне контроле.

Кључне речи — Аутоматизација мерења, селективни фединг, сигнатура, радио-релејни уређаји.

I. УВОД

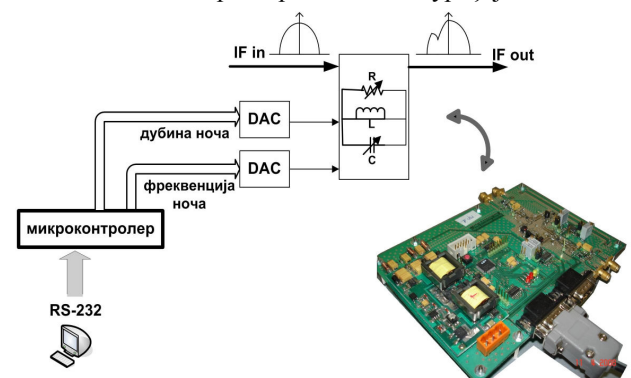
Селективни фединг је појава која има значајан утицај на поузданост и квалитет радио-релејних (РР) веза средњег и високог капацитета, и као таква се мора узети у обзир како приликом пројектовања РР веза ([1],[2]), тако и приликом развоја и испитивања самих РР уређаја ([3],[4]). Тестирање отпорности РР уређаја на селективни фединг стандардно се обавља током лабораторијских експеримената кроз тзв. „мерења криве сигнатуре“ [5], у којима се ангажују симулатори фреквенцијски селективних пропагационих канала. Они имају улогу да генеришу фрекв. селективни фединг прецизираног интензитета (“дубине ноћа”) на одабраном опсегу учестаности (“фреквенција ноћа”), са циљем да се одреде границе дводимензионалног простора дубина/фреквенција сел. фединга које одговарају раду РР уређаја при критичним вредностима BER - Bit Error Rate ($> 10^{-3}$ или $> 10^{-6}$).

Мерења криве сигнатуре РР уређаја подразумевају детаљно испитивање перформанси уређаја у релативно великом броју различитих стања пропагационог канала – нивоа фреквенцијски селективног слабљења изражених на фреквенцијама које обухватају читав опсег спектра сигнала IF пријемника. То значи да је број партикуларних мерења велики, а у случајевима испитивања РР уређаја са селектабилним протоком

овај број је додатно мултиплициран бројем различитих капацитета које појединачни уређај може да подржи. Пратећи потребе тржишта, у Имтел Комуникације А.Д. развијени су РР уређаји серије Б са софтверски дефинисаним капацитетом (битским протоком). Будући да су мерења сигнатуре уређаја саставни део процеса испитивања, реализација симулатора фрекв. селективног фединга постала је неминовност; као што се из већ реченог може закључити, ови симулатори нужно морају бити подржани поузданом аутоматском методом за управљање процесом мерења сигнатуре. На овај начин се ослобађају људски ресурси током бројних и дуготрајних мерења, чиме лабораторијска испитивања одржавају неопходан ниво ефикасности, а додатно се и елиминише могућност грешке као последица дејства људског фактора.

II. АУТОМАТИЗАЦИЈА СИМУЛАТОРА ФРЕКВЕНЦИЈСКИ СЕЛЕКТИВНОГ ФЕДИНГА

Реализовани симулатор селективног фединга базиран је на упрошћеном моделу три зрака [1], уз могућност симулирања фединга минималне и немималне фазе, и намењен је испитивању перформанси РР система код којих је пријемна међучестаност на 140MHz. Концепт система детаљно је описан у [3], структура је приказана на Сл. 1, а у Табели 1 су представљене основне техничке карактеристике овог уређаја.



Сл. 1. Симулатор фрекв. селективног фединга [3].

A. Хардвер за аутоматско управљање

Симулатор фединга се у жељену конфигурацију (дубина ноћа, фреквенција ноћа, фединг минималне/немималне фазе) поставља довођењем одговарајућег напона поларизације напонски контролисаним елементима (варикап диода, JFET). Дакле, за аутоматско конфигурисање кола које је задужено за остваривање функционалности овог

Ненад Пејовић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Булевар Михаила Пулина 165Б, Нови Београд, Србија (Телефон: 381-11-2135420 лок.149 ; факс: 381-11-3115884; e-mail: nenadp@insimtel.com).

Владимир Орлић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Булевар Михаила Пулина 165Б, Нови Београд, Србија (e-mail: cheggy@insimtel.com).

Мирослав Перић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Булевар Михаила Пулина 165Б, Нови Београд, Србија (e-mail: micha@insimtel.com).

Милоје Зечевић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Булевар Михаила Пулина 165Б, Нови Београд, Србија (e-mail: miloje@insimtel.com).

Светлана Марчетић, ИМТЕЛ Комуникације А.Д., Бул. Михаила Пулина 165Б, Нови Београд, Србија (e-mail: ceca@insimtel.com).

уређаја потребно је и довољно обезбедити исправне вредности ова два напона, што се може постићи употребом микроконтролера и пратећих D/A конвертора, подржаних појачавачима за достизање пуних опсега вредности напона поларизације (свих вредности дубина и фреквенција ноћа у оба радна режима). За ове потребе искоришћен је микроконтролер Silabs C8051F121 са интегрисаним D/A конверторима, у чијој су меморији програмиране вредности дигиталних излаза које одговарају појединачним конфигурацијама симулатора фединга.

ТАБЕЛА 1: ОСНОВНЕ ТЕХ. КАРАКТЕРИСТИКЕ СИМУЛАТОРА.

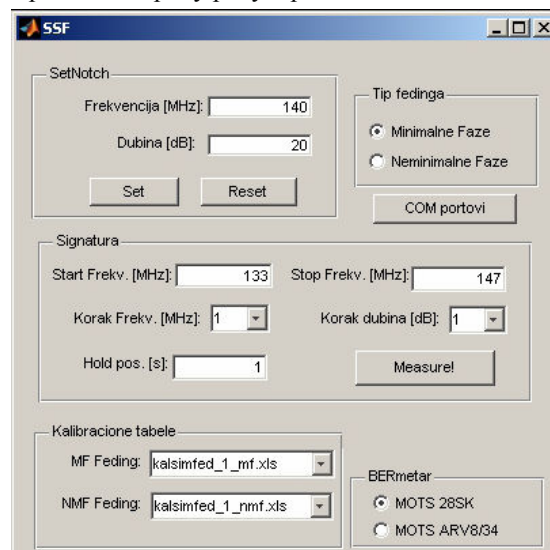
| | |
|-------------------------------|--------------|
| Фреквентни опсег центра ноћа | 125 – 155MHz |
| Динамика дубине ноћа | 0dB до 40dB |
| Унесено слабљење | 8dB |
| Резолуција задавања фрекв. | 1 MHz |
| Тачност задавања фрекв. | < 0.1 MHz |
| Резолуција задавања дуб. ноћа | 0.5 dB |
| Тачност задавања дуб. ноћа | < 0.2 dB |
| Напон напајања | 48V |
| Интерфејс за РС | RS-232 |

Да би се симулатор поставио у жељено стање, неопходно је још упутити одговарајући захтев контролеру, што се обавља путем рачунара, посредством RS-232 интерфејса. Рачунар током мерења управља контролером шаљући му вредности атрибута за конфигуравање, а читавим процесом руководи одговарајућа апликација на рачунару.

Б. Софтвер за аутоматско управљање

Програм за управљање симулатором фединга путем РС рачунара обезбеђује кориснички интерфејс у оквиру ког се врше подешавања параметара од интереса. Како мерење криве сигнатуре, осим употребе симулатора фединга, подразумева и употребу анализатора квалитета преноса [3], софтвер путем серијских портова на рачунару комуницира са оба ова уређаја. У главном корисничком прозору апликације (Сл. 2) дефинишу се COM портови на које се конектују ови уређаји. Подржан је рад са анализаторима квалитета MOTS28SK[6] и MOTS ARV834[7]. Софтвер има улогу да прати вредности BER које бележи анализатор, да их памти и детектује стање губитка синхронизације, односно премашења вредности прага $BER > 10^{-3}$ при сваком појединачном мерењу. У случају губитка синхронизације, софтвер има улогу да поново иницијализује анализатор квалитета у одређеном броју итерација. Пошто сваки примерак симулатора има различите калибрационе напоне, постоји могућност избора одговарајућих калибрационих фајлова, формираних у виду Excel табела. Врши се избор врсте сел. фединга (минималне/немимималне фазе), као и фреквентни опсег у ком се мерење обавља. Зависно од жељеног нивоа прецизности и брзине мерења може се одабрати корак избора фреквенције, корак повећања дубине

ноћа и време чекања да се анализатор синхронизише. Осим аутоматског мерења са одабраним параметрима, постоји и могућност постављања симулатора у тачно једно стање (опција SetNotch), за потребе калибрисања уређаја симулатора фединга помоћу истог софтвера који се користи и приликом мерења. Програм током мерења криве сигнатуре прати стања симулатора фединга и анализатора квалитета и обавештава корисника о тренутном статусу, а по завршетку мерења снима нумеричке вредности у датотеку на хард-диск, а измерене границе криве сигнатуре исцртава на екрану рачунара.



Сл. 2. Главни прозор корисничке апликације.

III. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА МЕРНИХ МЕТОДА

Сам симулатор фединга је тако конципиран да је могуће приступити мерењу на нивоу целог уређаја или његових подсистема, као и мерењу различитих генерација уређаја захваљујући погодном избору међуучестаности. Главне смернице при конципирању и развоју мерне методе биле су да се минимизује потребна мерна опрема и унификује интерфејс ка рачунару, а са друге стране - да се добије флексибилна метода која омогућава мерење различитих генерација РР уређаја и модула. Као резултат, усвојено је решење у ком се сви инструменти примењени у мерној методи могу управљати преко RS-232 интерфејса; ово значајно упрошћава како хардверску, тако и софтверску реализацију, док примена различитих типова анализатора квалитета дигиталног преноса омогућава да се приступи уређајима са различитим екстерним интерфејсима и битским протоцима. На Сл. 3. и 4. приказане су блок шеме мерења криве сигнатуре којима се подвргава РР уређај у фази лабораторијског испитивања. Значајно је поменути да се уз помоћ додатне мерне опреме и уз извесне модификације слична метода може применити и за остала мерења приликом завршне контроле.

А. Мерење уређаја серије Б

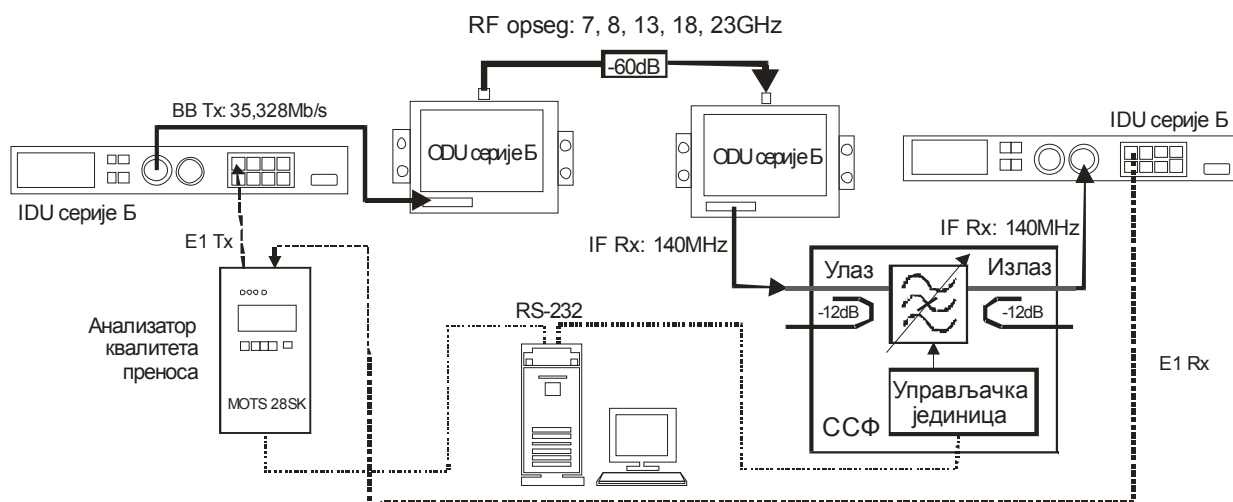
На Сл. 3. приказана је мерна метода за уређаје Имтел Комуникације А.Д. РПУ серије Б. Рачунарски

управљани анализатор квалитета преноса MOTS28SK шаље одговарајућу псеудо-случајну секвенцу на протоку E1 (2048kb/s). Унутрашња јединица (IDU) мултиплексира шеснаест E1 притока и фрејмован сигнал у HDB3 коду шаље ка спољној јединици у којој се врши модулација и формира предајни сигнал на неком од подржаних радио опсега. Између пријемне и предајне спољне јединице (ODU), које су повезане одговарајућим коаксијалним кабловима, обично се умеће ослабљивач од 60dB или више који симулира слабљење сигнала на траси. Затим се сигнал уводи у пријемну ODU. На излазу пријемника добија се сигнал на међучестаности 140MHz који се затим уводи у рачунарски управљан симулатор фединга који уноси фреквентно селективно слабљење којим се симулира утицај селективног фединга. Овако деградиран сигнал затим се уводи у унутрашњу јединицу где се врши демодулација и демултиплексирање. Пошто се напајање спољне јединице води кроз исти кабл као и сигнал из пријемника, у симулатор фединга је уграђено и премошћење за једносмерни напон којим се омогућава да спољна јединица добија напајање и када се између ње и унутрашње јединице уметне симулатор.

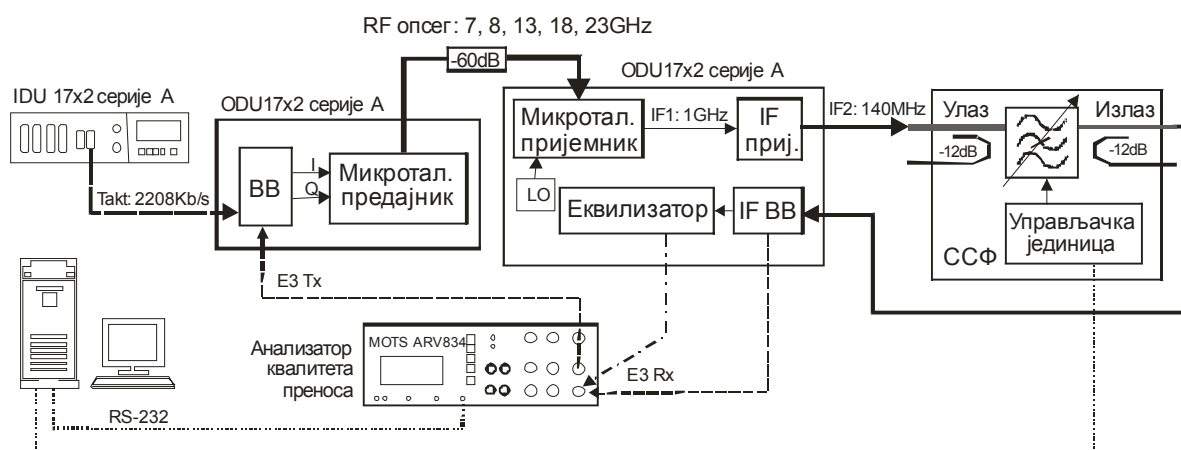
Кроз симулатор такође треба да неометано прође и HDB3 кодован предајни сигнал на 34Mb/s, као и ASK кодован сигнал за пренос сигнализације са фреквенцијом носиоца 50MHz. Из демултиплексера у унутрашњој јединици се одговарајућа E1 притока доводи у пријемни део анализатора квалитета преноса. На основу мерења квалитета преноса врши се процена степена деградације сигнала услед утицаја селективног фединга.

Б. Мерење уређаја серије А

Уређаји серије А су компликованије конструкције и разликују се зависно од битског протока. Код ове генерације уређаја било је битно реализовати мерење за уређај протока 17xE1. Да би се реализовало ово мерење (Сл. 4.) потребно је додатно обезбедити предајни такт 2208kb/s. То је у датом примеру обезбеђено из унутрашње јединице (IDU 17x2), док се мерење квалитета преноса обавља на протоку E3 (34Mb/s), помоћу анализатора квалитета преноса MOTS ARV834. Код серије А демодулација се врши у спољној јединици, тако да се симулатор фединга умеће између другог конвертора (IF пријемник) и јединице



Сл. 3. Метода за мерење сигнатуре РПУ ИМТЕЛ Комуникације А.Д. Серије Б (софтверски селектабилни проток)

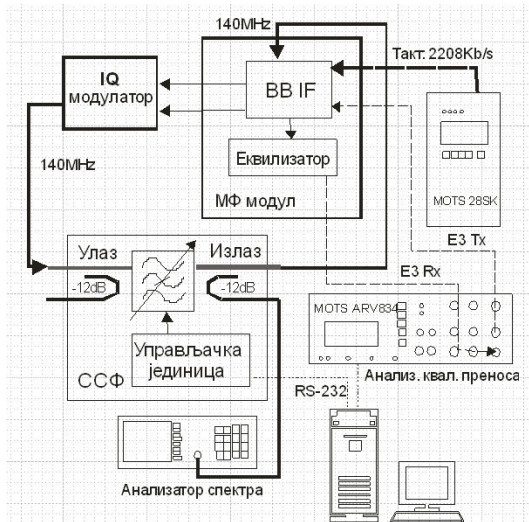


Сл. 4. Метода за мерење сигнатуре РПУ ИМТЕЛ Комуникације А.Д. Серије А (проток 17xE1)

основног опсега (IF BB) која врши демодулацију. Из демодулисаног сигнала се издваја ЕЗ притока коју је могуће директно повезати на пријем анализатора квалитета преноса MOTS ARV834. Ако је у уређај уграђен и еквализатор (опција), тада се сигнал из његовог излаза води на пријем анализатора.

V. Мерење склопова

На Сл. 5. приказана је блок шема методе за мерење модула у којима се врши демодулација. Пример је дат за модуле из серије А, али је шема за модуле серије Б још једноставнија јер није потребно генерисање такта од 2208kb/s.



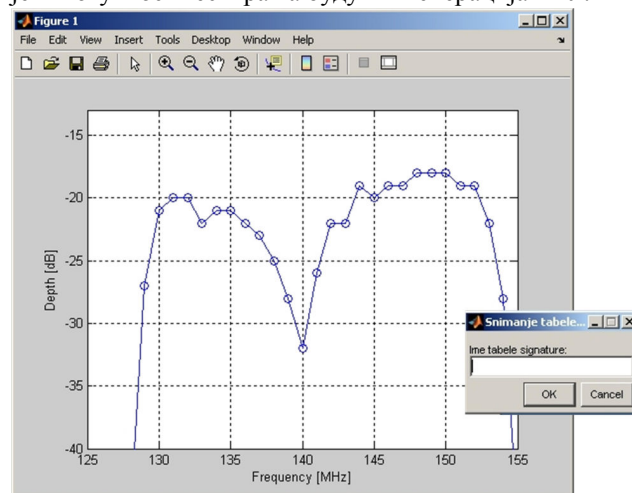
Сл. 5. Метода за мерење криве сигнатуре BBIF модула

Потребно је из анализатора квалитета преноса MOTS ARV834 послати псеудослучајну секвенцу у јединицу основног опсега (BB) на протоку ЕЗ. Јединица основног опсега затим HDB3 сигнал прекодује у бинарни код, формира поворке за I и Q грану и врши уобличавање сигнала који се затим доводи на IQ модулатор који треба да генерише модулисан сигнал на 140MHz. Модулисан сигнал доводи се у симулатор селективног фединга где се врши поступак већ описан у претходним примерима. Тако генерисан сигнал затим се уводи у пријемни део јединице основног опсега (IF BB) где се врши демодулација и, евентуално, еквализација. Демодулисан сигнал још треба да се прекодује у HDB3 код, а затим се доводи у пријемни део анализатора квалитета преноса. Осим тестирања отпорности јединице за демодулацију на сел. фединг, идентична метода се може употребити за тестирање функционалности еквализатора.

Приликом свих описаних мерења врло је корисна могућност визуелног праћења степена деградације спектра сигнала на излазу из симулатора фединга. Ова могућност постоји захваљујући мониторишућим спрежницима на улазу и излазу симулатора, на које се прикључује анализатор спектра без прекида тока мерења.

IV. ЗАКЉУЧАК

Операције којима руководи софтвер током процеса мерења сигнатуре система су једноставне: поред управљања инструментима, обављају се још само основне рачунске операције. Стога процес мерења не оптерећује значајно ресурсе рачунара, а типично мерење криве сигнатуре подразумева испитивање више стотина различитих стања симулатора (карактеристика канала за пренос) и траје приближно 20 минута. По завршетку мерења резултати се приказују графички (Сл. 6) и похрањују у меморију рачунара. Креиране мерне методе могу се употребити у веома широком дијапазону испитивања, а подржана је и могућност тестирања будућих генерација РРУ.



Сл. 6. Приказ криве сигнатуре по окончању мерења

ЛИТЕРАТУРА

- [1] F. Ivanek, editor: *Terrestrial Digital Microwave Communications*, Artech House, 1989
- [2] Rec. ITU-R F.1093-1
- [3] В. Орлић, М. Перић, М. Зечевић: "Exploring and Improving the Performance of Radio-Relay System Under Frequency-Selective Fading Channel", *ICEST 2008*, Ниш 2008.
- [4] М. Перић, Д. Перић, М. Стојановић: „Симулација и лабораторијско мерење утицаја селективног фединга на перформансе радио-релејних уређаја“, *ТЕЛФОР 2003*.
- [5] J. Liebetreu, 802.16sc-99/13 Dispersive Fade Margin: A Physical Layer Performance Metric
- [6] Упутство за употребу анализатора квалитета преноса MOTS 2/8/SK и методе мерења, Институт ИМТЕЛ, Београд, 2002.
- [7] Упутство за употребу анализатора квалитета преноса MOTS ARV8/34 и методе мерења, Институт ИМТЕЛ, Београд, 2006.

ABSTRACT

In this paper we describe automated method for testing the influence of selective fading on radio-relay system and its vital modules in form of M-curve signatures. Presented method is developed with goal to make efficient measurements of different RR devices generations, along with effective R&D of new RR equipment, possible.

AUTOMATED METHOD FOR M-CURVE SIGNATURE MEASUREMENTS OF RR DEVICES AND MODULES

Nenad Pejovic, Vladimir Orlic, Miroslav Peric, Miloje Zecevic, Svetlana Marcetic