

POPIS TÉMAT DIZERTAČNÍCH PRACÍ

Tomáš Götthans

Brno University of Technology | Technická 3082/12, Královo Pole, 61600, Brno

Obsah

EVOLUTIONARY DESIGN OF SUBSTRATE INTEGRATED WAVEGUIDE PHASE SHIFTERS	2
CHANNEL MODELS FOR FUTURE GENERATIONS OF MOBILE NETWORKS	3
ELECTROMAGNETIC CLOAKS	5
MICROWAVE ANTENNAS AND CIRCUITS BASED ON ARTIFICIAL MATERIALS	6
ESTIMATION OF SPATIAL ENVIRONMENTAL MAPS VIA GAUSSIAN PROCESS REGRESSION.....	7
STRESS DETECTION BY MEANS OF SPEECH SIGNAL ANALYSIS.....	9
CASCADE MODEL OF TURBULENT TRANSMISSION MEDIUM	10
DESIGN OF TIME-DOMAIN PULSES FOR EMC APPLICATIONS.....	11
ANALYSIS AND SIMULATION OF A SHARED TRANSMISSION CHANNEL FOR FUTURE WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS	12
ANALYSIS AND SIMULATION OF THE TRANSMISSION IN THE SECOND GENERATION DIGITAL TELEVISION USING SPATIAL DIVERSITY TECHNIQUE	13
QUALITATIVE AND QUANTITATIVE BEHAVIORAL ANALYSIS OF NONLINEAR DYNAMICAL SYSTEMS	14
SMART COEXISTENCE OF WIRELESS COMMUNICATION SYSTEMS	15
PERSPECTIVE METHODS FOR PRECISE POSITIONING OF PEOPLE AND WIRELESS DEVICES IN AN INDOOR ENVIRONMENT	16
PICTURE AND VIDEO QUALITY IN MULTIMEDIA SYSTEMS FOR VIRTUAL REALITY	17
METASURFACES FOR STEALTH TECHNOLOGY	18
NOVEL ANALOG BLOCKS AND CONCEPTS FOR PROCESSING OF ELECTRICAL AND NONELECTRICAL QUANTITIES	19
TUNABILITY RANGE EXTENSIONS IN ELECTRONICALLY CONTROLLABLE CIRCUITS	21
ELECTRONICALLY CONTROLLABLE OSCILLATORS OF HIGHER AND FRACTIONAL ORDERS	23
DIGITAL COMPENSATION OF IMPAIRMENTS IN MILLIMETER-WAVE LINKS WITH BEAMFORMING.....	25

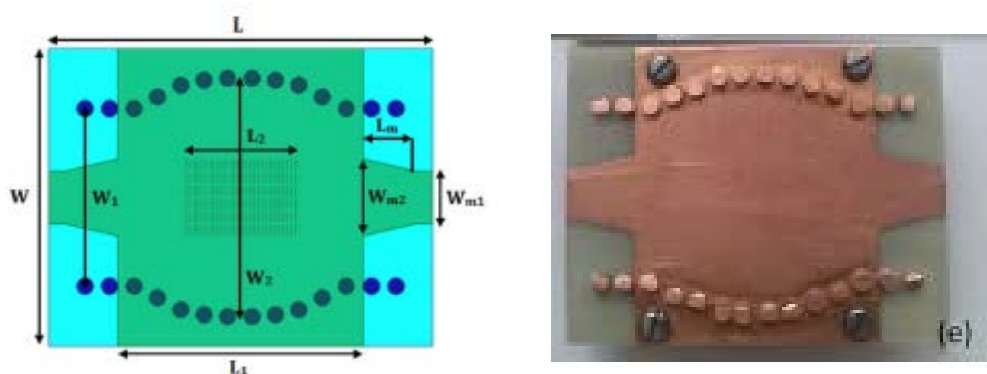
Evolutionary design of substrate integrated waveguide phase shifters

Evoluční návrh fázovacích článků integrovaných do substrátu

Zbyněk Raida

raida@vutbr.cz

The dissertation is aimed to create a general structure of a phase shifter combining slots, dielectric slabs, meta-material particles and other potential elements so that the number of degrees of freedom is reasonably high. A parametric model of the structure should be implemented in an appropriate electromagnetic simulator, and should be associated with an evolutionary or swarm-intelligence optimization. The developed phase shifter should be used for beam-steering of a selected antenna array. Parameters of the phased array should be experimentally verified. A detailed comparison with exiting approaches should be provided.



Širokopásmový meta-materiálový fázovací článek,
který vykazuje fázový zdvih 90° v kmitočtovém pásmu od 4,5 do 7,5 GHz

Fázovací články integrované do substrátu používáme k řízení vyzařovacích charakteristik anténních řad, které pracují na vyšších mikrovlnných kmitočtech. S rostoucí frekvencí se totiž zvyšuje parazitní vyzařování napájecích struktur. Fázi vlny, která prochází strukturou integrovanou do substrátu, můžeme ovlivnit změnou šířky vlnovodu, integrací rezonátorů tvořených prokovy a štěrbinami, integrací meta-materiálových částic, využitím částečně magnetovaných feritů či dielektrických destiček s vysokou permitivitou. Díky integrování fázovacího článku do substrátu lze z jedné vrstvy dielektrika vytvořit jak napájecí síť s fázovači, tak řadu planárních anténních prvků. Výsledkem je kompaktní, relativně snadno vyrobitelná struktura.

Zapojení do projektů. V letošním roce jsme požádali Grantovou agenturu České republiky o finanční podporu projektu *Hluboký návrh struktur pro biomedicínské aplikace*. Projekt je zaměřen na využití hlubokého učení k syntéze snímačů a komunikačních komponentů používaných na povrchu a uvnitř lidského těla. Téma disertace je součástí tohoto projektu; styčnými body jsou metody návrhu a optimalizace. Další finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Pokročilé vysokofrekvenční struktury a modelování elektromagnetických problémů*.

Kroky řešení. Po prostudování základních principů, na kterých jsou fázovací články integrované do substrátu založeny, by měly být vybrány perspektivní typy článků. Ve vhodném simulátoru měly být vytvořeny numerické modely těchto článků. Srovnávací studie by měla ukázat, které principy řízení fáze je vhodné kombinovat pro dosažení požadovaných vlastností článků. V dalších krocích řešení počítáme s návrhem anténní řady, jejíž vyzařovací charakteristika bude řízena navrženými články. Ve finále by měla být výsledná anténní řada realizována a využita v aplikaci některé z partnerských firem.

Channel models for future generations of mobile networks

Modely kanálů pro budoucí generace mobilních sítí

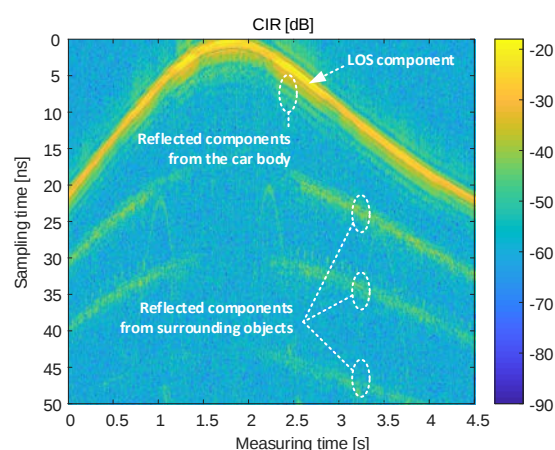
Aleš Prokeš

prokes@vutbr.cz

Steadily growing number of communication devices per area and increasing quality of services require allocation of more frequency resources. Millimeter wave (MMW) frequencies between 30 and 300 GHz have been attracting growing attention as a possible candidate for next-generation broadband cellular networks. Specific limitations of MMW signal propagation, extremely large bandwidth and time variable environment caused by mobile users connected to a backhaul networks traveling in rugged municipal environments create unprecedented challenges to the development of broadband communication systems using advanced technologies for eliminating the undesirable time varying channel features. The aim of the project is measurement and modelling of the broadband non-stationary MMW channels between mobile users and infrastructure dominantly in time and spatial domain to analyze the effects of environment and weather conditions and evaluate feasibility of advanced techniques such as beamforming or massive MIMO spatial multiplexing implementation.



Měření kanálu pro V2V komunikaci v pásmu 60 GHz



Výkon vícecestných komponentů šířících se mezi vozidly

Modely kanálů jsou potřebné pro vývoj bezdrátových komunikačních systémů, protože urychlují a zlevňují jejich návrh i realizaci. Vytvořený model kanálu je možné začlenit do simulačního prostředí vyvinutého pro daný komunikační systém a zjistit chování tohoto systému v podmínkách velmi blízkých realitě. Modelování kanálů obecně vyžaduje vývoj tzv. generických modelů a parametrizaci těchto modelů pro různé typy prostředí a pro různá frekvenční pásma. Pro parametrizaci modelů je třeba měřit řadu parametrů v prostorové, kmitočtové, časové nebo Dopplerovské doméně a vyhodnocovat jejich statické vlastnosti.

Zapojení do projektů. V letošním roce jsme podali návrh ke Grantové agentuře České republiky o finanční podporu projektu *Analýza šíření milimetrových vln v členitém časově proměnlivém prostředí*, který je zaměřen na modelování 5G mobilních kanálů v pásmech 60 a 80 GHz. Součástí projektu je i zkoumání vlivů počasí na charakteristiky přenosového prostředí nebo vlivy hustě zalidněných prostor (obchodní domy, ulice, náměstí) na dlouhodobé statistiky přenosových parametrů kanálů. Další finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Pokročilé vysokofrekvenční struktury a modelování elektromagnetických problémů*.

Kroky řešení. Po prostudování základních typů modelů kanálů, metod jejich měření a parametrizace budou stanoveny vhodné typy modelů pro mobilní systémy 5G s ohledem na perspektivní modulační techniky (např. OTFS), následně proběhnou měřicí kampaně, vyhodnocení a předzpracování dat a následně budou v simulačním prostředí Matlabu určeny potřebné charakteristiky a parametry

přenosového prostředí. V případě zájmu studenta o hardwarové realizace se v rámci projektu nabízí možnost návrhu a vytvoření pokročilejšího typu měřicího systému pro charakterizaci kanálu v časové oblasti. Rovněž je možné věnovat se technikám tvarování svazku v kombinaci se technologií MIMO pro minimalizaci nežádoucích jevů v kanálu.

Mezinárodní charakter výzkumu. Student bude začleněn do týmu, ve kterém dlouhodobě a intenzivně spolupracujeme s kolegy z *TU Vienna, Austrian Institute of Technology Vienna, University of Southern California (USC), Los Angeles, National Institute of Technology, Durgapur, India, a Military University of Technology Warsaw*. V rámci možností bude student vyslán do některé z těchto institucí na vědeckou stáž. Výzkumné aktivity studenta budou sladěny s aktuálními cíli této výzkumné skupiny a bude se podílet i na společných publikacích. Nezanedbatelným benefitem studia je i možnost jazykového zdokonalení v rámci výše uvedené stáže nebo v rámci pravidelných telekonferencí.

Electromagnetic cloaks

Elektromagnetické pláště

Jaroslav Láčik

lacik@vutbr.cz

Electromagnetic cloaks are structures that aim to reduce the reflectivity of the objects that surround or directly make them invisible. The theory of transformation electromagnetics and artificial materials are often exploited for their design.

This project is focused on the research of electromagnetic cloaks of desired properties. The main attention should be concentrated on the development of methods for the design of artificial materials/surfaces with required electromagnetic properties based on machine learning approaches. The outputs of the project should find application in the fields of antenna technology, security or defense applications.

Elektromagnetické pláště jsou struktury, jejichž cílem je zmenšit odrazivost objektů, které obklopují, nebo je přímo zneviditelnit. Pro návrh těchto plášťů se často využívá teorie transformačního elektromagnetismu a uměle vytvořených materiálů/povrchů.

Tento projekt je zaměřen na výzkum elektromagneticky plášťů požadovaných vlastností. Hlavní pozornost by měla být soustředěna na rozvoj metod návrhu uměle vytvořených materiálů/povrchů s požadovanými elektromagnetickými vlastnostmi založených na přístupech strojového učení. Výstupy projektu by měly nalézt uplatnění v oblastech anténní techniky, bezpečnostních nebo obranných aplikací.

Zapojení do projektů. Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Pokročilé vysokofrekvenční struktury a modelování elektromagnetických problémů*, kde oblast A tohoto projektu je přímo zaměřena na výzkum pokročilých vysokofrekvenčních struktur realizovaných na netradičních materiálech.

Kroky řešení. Po prostudování současného stavu v oblasti tématu práce by měla být pozornost zaměřena na rozvoj metod návrhu uměle vytvořených materiálů/povrchů s požadovanými elektromagnetickými vlastnostmi založenými na přístupech strojového učení. Pro tuto část řešení se předpokládá využití programů zaměřených na numerické modelování elektromagnetických struktur (např. CST Studio Suite, ANSYS HFSS, Comsol Multiphysics) a programu MATLAB. Nově vytvořené metody budou využity pro návrh vybraných referenčních struktur, jejichž vlastnosti budou ověřeny experimentálně.

Microwave antennas and circuits based on artificial materials

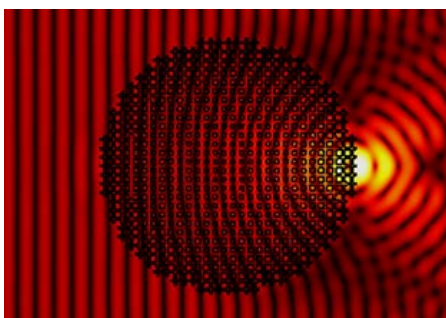
Mikrovlnné antény a obvody založené na uměle vytvořených materiálech

Jaroslav Láčik

lacik@vutbr.cz

Artificial electromagnetic materials are periodic structures whose relative permittivity or permeability can be greater or less than 1. The importance of these materials has recently increased due to the theory of transformation electromagnetics for the creation of special types of directional antennas, antenna lenses or electromagnetic cloaks.

This project is focused on the research of antennas and circuits realized on artificial materials. The main attention should be concentrated on the development of methods for the design of artificial materials with required electromagnetic properties which may be space-dependent. Created materials should be exploited for novel concepts of microwave antennas and circuits.



Transformace elektromagnetické vlny Luneburgovou čočkou založené na prostorové distribuci permitivity materiálu.

Uměle vytvořené elektromagnetické materiály jsou periodické struktury, jejichž relativní permitivita nebo permeabilita může být větší nebo i menší než 1. Význam těchto materiálů v nedávné době stoupl díky teorii transformačního elektromagnetismu pro vytvoření speciálních typů směrových antén, anténních čoček nebo elektromagnetických plášťů.

Tento projekt je zaměřen na výzkum antén a obvodů realizovaných na uměle vytvořených materiálech. Hlavní pozornost by měla být soustředěna rozvoj metod návrhu uměle vytvořených materiálů s požadovanými elektromagnetickými vlastnostmi, které mohou být prostorově závislé. Navržené materiály by měly být využity pro vytvoření nových konceptů mikrovlnných antén a obvodů.

Zapojení do projektů. Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Pokročilé vysokofrekvenční struktury a modelování elektromagnetických problémů*, kde oblast A tohoto projektu je přímo zaměřena na výzkum pokročilých vysokofrekvenčních struktur realizovaných na netradičních materiálech.

Kroky řešení. Po prostudování současného stavu v oblasti tématu práce by měla být pozornost zaměřena na rozvoj technik návrhu materiálů s požadovanými hodnotami permitivity a permeability. Získané poznatky by měly být využity pro studium vybraných mikrovlnných struktur s různou prostorovou distribucí permitivity/permeability. Obdržené vlastnosti zkoumaných struktur by měly být kriticky zhodnoceny, experimentálně ověřeny a porovnány s konvenčními řešeními.

Estimation of spatial environmental maps via Gaussian Process Regression

Jitka Poměnková

pomenkaj@feec.vutbr.cz

Current trends in wireless communications tend to transfer continuously growing volumes of data in very complex time-varying urban environments, especially indoor and outdoor areas. For the successful design of appropriate communication systems, it is necessary to thoroughly know the nature of the transmission environment.

The aim of the project is to investigate the properties of the estimation of spatial environmental maps from measurements collected at certain training location. Due to the presence of strong spatial correlation the promising tool proposes Gaussian process regression (GPR).

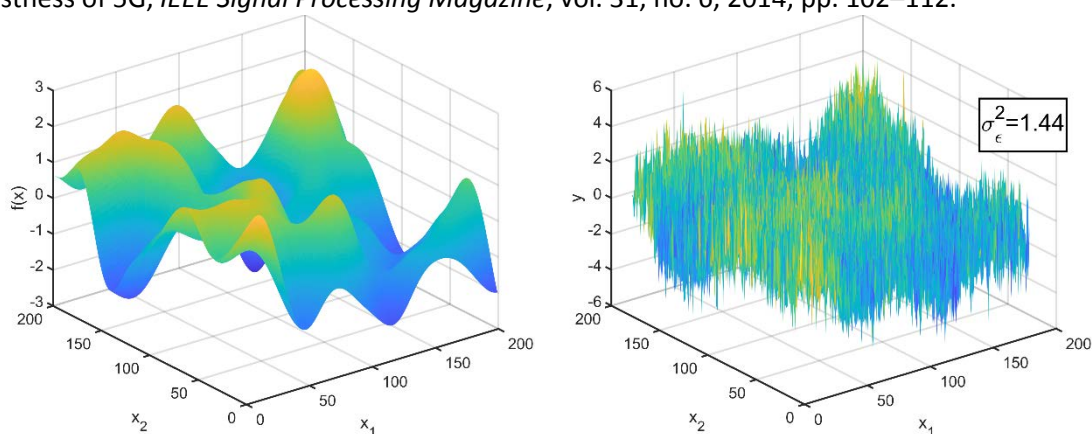
The research will focus on an application where some scalar continuously distributed parameters in static locations can be repeatedly measured and which does not change rapidly (e.g. received signal strength (RSS)). It will be examined the temporal and spatial characteristics of RRS via GPR in real-world scenarios, especially where researchers work with crowdsourced data sources. The research will focus on several scenarios for which estimation of the field map via GPR and parameter influence will be investigated. Furthermore, it will be also provided analysis of various aspects of GPR and experimentally verified the theoretical expression of the mean square error (MSE) and its dependence on various system parameters, i.e. the number of training positions and the number of repetitions for the different level of noise variance.

[1] Jadaliha, M., Xu, Y., Choi, J., Johnson, N.S., Li, W. Gaussian Process Regression for Sensor Networks Under Localization Uncertainty, *IEEE Transaction on Signal Processing*, vol. 61, no. 2, 2013, pp. 223–237.

[2] Muppirisetty, L. Srikar, Svensson, T., Wymeersch, H. Spatial wireless channel prediction under location uncertainty. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 15, n. 2, 2016, pp. 1031-1044.

[3] Rasmussen, K. E., Williams, Ch. K. I. *Gaussian Processes for Machine Learning*, MIT Press, 2006.

[4] Taranto, R., Di, Muppirisetty, S., Raulefs, R., Slock, D., Svensson, T., Wymeersch, H. Location-aware communications for 5G networks: How location information can improve scalability, latency, and robustness of 5G, *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 31, no. 6, 2014, pp. 102–112.



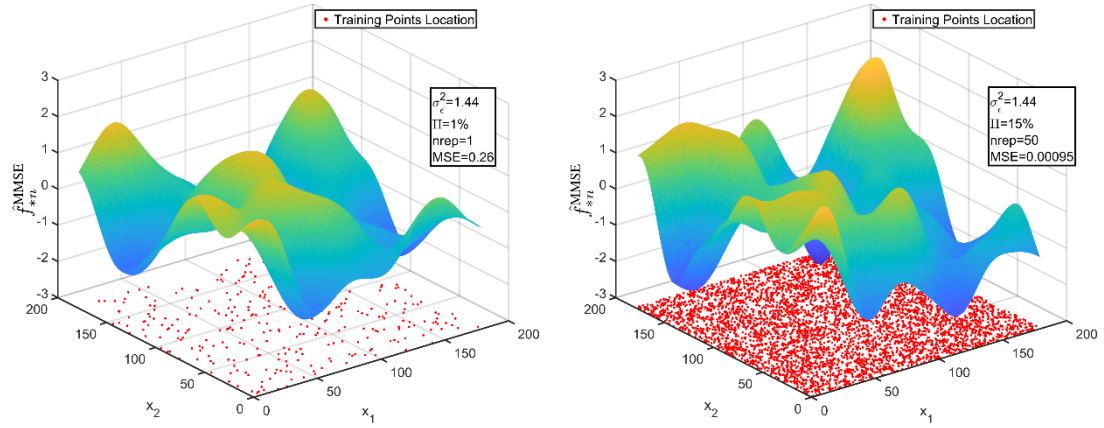


Fig. 1: Estimates of the simulated input map (top left) with the noise variance σ_ϵ^2 (top right) and different number of training points π and repetition ' $nrep$ '; MSE included (bottom figures). The red dots illustrates the training points location.

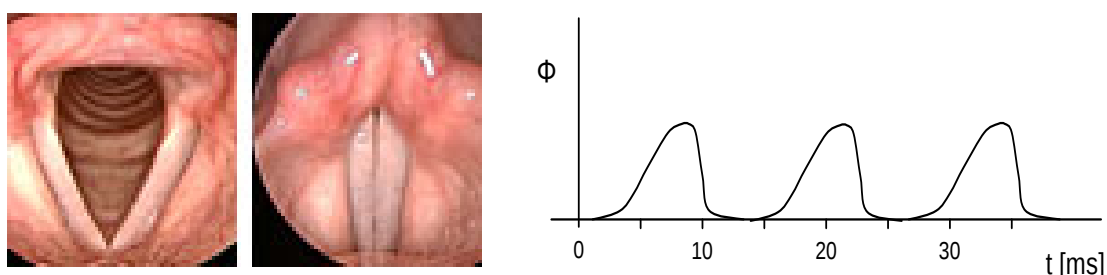
Stress detection by means of speech signal analysis

Detekce stresu pomocí analýzy řečového signálu

Milan Sigmund

sigmund@feec.vutbr.cz

When a person feels stress, adrenaline level is increased which causes numerous responses such as increased blood pressure, heart pulse rate, muscle tension, etc. These factors influence the articulatory system, and this way also the speech production. The dissertation is focused on development of algorithms for acute stress recognition in both real-time speech and speech recording. A part of the work will be given over to databases of speech signal under stress conditions. Potential applications of the new algorithms developed in dissertation are different fields such as dialogue systems, friendly robotics, security systems and forensic speech science.



Činnost hlasivek: hlasivková štěrbina v poloze zcela otevřené a uzavřené a hlasivkové pulzy

Řeč obsahuje kromě lingvistického obsahu také informace o identitě řečníka a jeho psychologickém stavu. Když je člověk ve stresu, stoupá u něj hladina adrenalinu, což má za následek zvýšení krevního tlaku, srdečního tepu, svalového napětí, apod. Tyto faktory ovlivňují činnost hlasového traktu a tím také produkci řeči. Stres se může vyskytovat jako akutní (tj. krátkodobý) nebo chronický (tj. dlouhodobý). Tato disertace je zaměřena na vývoj algoritmů pro rozpoznávání akutního stresu jak v reálném čase u mluvčí osoby, tak i v řečových nahrávkách. Součástí práce bude také vytváření řečových databází obsahujících řeč ve skutečném stresu. Nové algoritmy vyvinuté v rámci disertace jsou určeny pro uplatnění v různých oblastech jako dialogové systémy, robotika, bezpečnostní systémy, forenzní analýza, apod.

Zapojení do projektů. V současnosti připravujeme žádost o finanční podporu projektu na určování stresu v rámci programu Bezpečnostního výzkumu. Téma disertace by mělo být součástí tohoto projektu. Další finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Výzkum moderních obvodových řešení a algoritmů pro bezdrátové komunikační systémy*.

Kroky řešení. Na počátku PhD studia prostuduje student základní vlastnosti přirozených řečových signálů, signálů nahrávaných na počítači a signálů přenášených v telefonních spojkách. Seznámí se rovněž s hlavními principy vytěžování informací z řečových signálů. V další části disertace se zaměří na odvození průběhu hlasivkových pulzů z řečového signálu a jejich analýzu v časové i kmitočtové oblasti. Těžištěm práce je nalezení vhodných parametrů hlasivkových pulzů, které jsou dostatečně citlivé na momentální stres. Výsledkem disertace bude popis účinných stresových parametrů a naprogramování klasifikačních algoritmů založených na stresových parametrech pro automatické určování stresu z řečového signálu.

Cascade model of turbulent transmission medium

Kaskádní model turbulentního přenosového prostředí

Lucie Hudcová

hudcova@vutbr.cz

The aim of the dissertation is to design and develop a methodology for determining the degree of turbulence of individual transmission media using an equivalent temperature gradient, which is based on the physical properties of the transmission medium and gives information about the instantaneous degree of the turbulence at a given place and time. It is necessary to set the limits of the validity of the method. The equivalent temperature gradient method should be modified for several turbulent inhomogeneities on the path of the transmitted beam. Individual inhomogeneities should be described and quantified by matrix expression. The equivalent temperature gradient method should be extended for a cascade of turbulent inhomogeneities. The problematics need to be solved in both the spatial and temporal domains. The proposed methods should be applicable to different types of transmission media. The output of the dissertation will also be the analysis and determination of the maximum achievable transmission rate of optical wireless links in dependence on the type and degree of turbulence for various transmission media.

Cílem disertační práce je návrh a vypracování metodiky určování míry turbulence jednotlivých přenosových prostředí pomocí ekvivalentního teplotního gradientu, který vychází z fyzikálních vlastností přenosového prostředí a udává okamžitou míru turbulence v daném místě a čase. Je potřeba stanovit meze platnosti dané metodiky. Metoda ekvivalentního teplotního gradientu by měla být následně modifikována do podoby, kdy se na trase přenášeného svazku vyskytne několik turbulentních nehomogenit za sebou. Jednotlivé nehomogenity by měly být popsány a kvantifikovány maticovým vyjádřením. Metoda ekvivalentního teplotního gradientu měla být rozšířena pro kaskádu turbulentních nehomogenit. Problematiku je potřeba řešit jak v prostorové, tak i časové oblasti. Navržené metody by měly být použitelné pro různé typy přenosových prostředí. Výstupem bude také analýza a stanovení maximální dosažitelné přenosové rychlosti optického bezkabelového spoje v závislosti na typu a míře turbulence pro různé typy přenosových prostředí.

Zapojení do projektů. V současné době připravujeme návrh projektu *Atmosférická disperze a anizotropie z pohledu fotonických bezdrátových spojů – Atmospheric dispersion and anisotropy from the photonic wireless links perspective* (Grantová agentura České republiky), ve kterém také žádáme o financování pracovního úvazku pro doktorandku/doktoranda. Pracovní náplň projektu blízce souvisí s řešeným tématem této disertační práce. Další finanční podporu může doktorandka/doktorand získat z interního grantu *Výzkum moderních obvodových řešení a algoritmů pro bezdrátové komunikační systémy*. Aktuálně se lze také zapojit do projektu *COST Action CA19111 – European network on future generation optical wireless communication technologies (NEWFOCUS)*, ze kterého lze financovat krátkodobou stáž na vybrané zahraniční partnerské univerzitě.

Kroky řešení. Po seznámení se s problematikou turbulentního prostředí a metod kvantifikace míry turbulence se studentka/student zaměří na modelování prostředí pomocí metody ekvivalentního teplotního gradientu. Je potřeba navrhnout a odsimulovat maticový model reprezentující jednotlivé turbulentní cely v kaskádě. V následný krok bude je zaměřen na experimentální laboratorní práci, ve které se bude zkoumat vliv kaskády turbulentních cel na reálný optický svazek. Výstupy práce by měly být publikovány v některém z významných časopisů zaměřených na optické bezkabelové systémy.

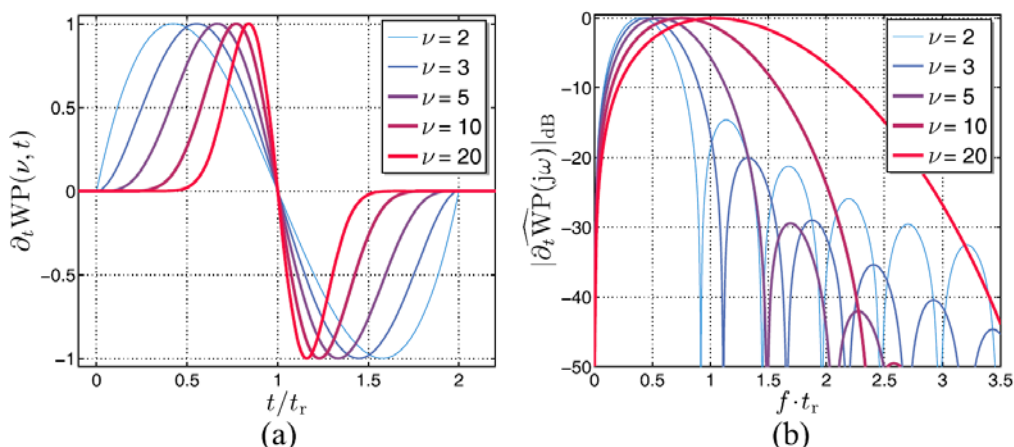
Design of time-domain pulses for EMC applications

Návrh pulzů v časové oblasti pro EMC aplikace

Petr Kadlec

kadlecp@vutbr.cz

The thesis aims at the development of fundamentally new techniques for the design of time-domain pulses used for EMC simulations. New optimization methods for the design of pulses will be created. Automated software will be developed to validate the proposed methods experimentally. This software will combine artificial intelligence methods for the identification of the reference (measured) pulse type and developed optimization methods for assigning the optimal parameters of a selected pulse.



Pulz typu WP (Windowed Power) monocykl: a) časový průběh, b) frekvenční spektrum [1].

Disertační práce se zaměřuje na vývoj fundamentálně nových technik pro návrh parametrů pulzů v časové oblasti používaných pro EMC simulace. Výsledkem práce by měly být nové optimalizační metody pro návrh pulzů. Součástí práce bude i software pro automatizovaný návrh pulzů. Tento software by měl kombinovat metody umělé inteligence pro rozpoznání referenčního (reálně měřeného) pulzu a optimalizační metody pro nalezení parametrů zvoleného pulzu.

Zapojení do projektů. V současné době řešíme na Ústavu radioelektroniky projekt GAČR 20-01090S: *Interakce pulsního EM pole s tenkovrstvými strukturami*. Tento projekt se zaměřuje na návrh nových výpočetních metod v časové oblasti. Téma disertace je součástí tohoto projektu; styčnými body jsou návrhu a optimalizace EMC pulzů s požadovanými vlastnostmi. Další finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací*.

Kroky řešení. Po prostudování základních možností formulace optimalizačních problémů a vlastností používaných typů EMC pulzů bude vybrána sada vhodných pulzů a vhodná optimalizační metoda pro automatizovaný návrh pulzu. Optimalizační metoda bude modifikována tak, aby byla schopna hledat řešení s různou mírou složitosti (počet parametrů). Dalším krokem bude implementace vhodné neuronové sítě pro klasifikaci požadovaného typu pulzu (např. získaného měřením). Jako hlavní výstup práce by měl vzniknout samostatný software, který bude vhodně kombinovat implementované nástroje tedy neuronovou síť a novou optimalizační metodu. Tím bude umožněn plně automatizovaný návrh EMC pulzů.

[1] Lager, I. E., & van Berkel, S. L. (2017). Finite temporal support pulses for EM excitation. *IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters*, 16, 1659-1662.

Analysis and simulation of a shared transmission channel for future wireless communication systems

Analýza a modelování přenosového kanálu pro budoucí bezdrátové komunikační systémy

Tomáš Kratochvíl

kratot@feec.vutbr.cz

Doctoral thesis is focused on analysis of the modern and future wireless communication systems and their coexistence in a shared transmission channel. During the analysis, the systems like digital television broadcasting (eg. DVB-T/T2/SH, Next Generation Handheld), standards for mobile communications (eg. GSM/UMTS/LTE/5G), wireless communication systems (eg. ZigBee, BT, WLAN, WPAN) etc., have to be taken into account. Prerequisite of the successful solution is definition of the statistical model of the transmission channel with variable parameters and then its verification including simulated coexistence with various wireless services. The aim of the work is not only the model of the transmission channel, but also innovative algorithms of the wireless services separation that are optimized for the verified and shared transmission channel model.

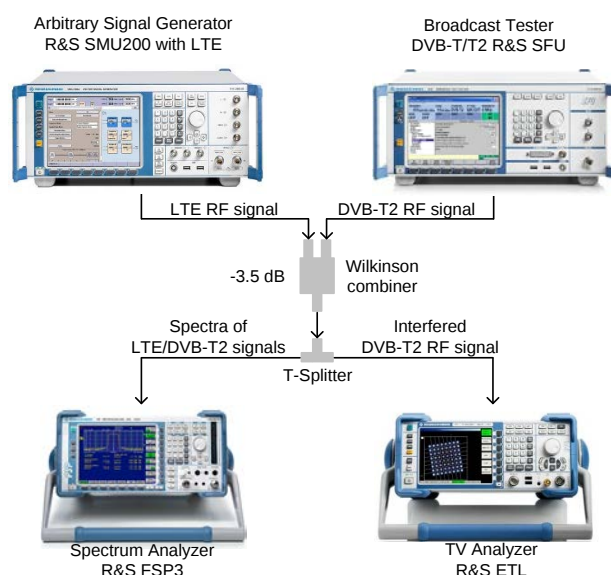


Figure: Transmission system with shared frequency band - DVB-T/T2 and LTE (illustration).

Zapojení do projektů. Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací*.

Popis tématu. Téma doktorské práce je zaměřeno na analýzu vlastností moderních a budoucích bezdrátových komunikačních systémů a jejich koexistenci ve sdíleném přenosovém kanálu. Při analýze se může jednat o systémy digitálních televizních služeb (např. DVB-T/T2/SH, Next Generation Handheld), standardy mobilních komunikací (např. GSM/UMTS/LTE/5G), bezdrátové komunikační služby (např. ZigBee, BT, WLAN, WPAN) a další. Předpokládá se definice statistického modelu reálného přenosového kanálu s proměnnými parametry a dále jeho verifikace při simulované koexistenci různých bezdrátových služeb. Cílem práce je nejen samotný model přenosového kanálu, ale i inovativní algoritmy pro separaci bezdrátových služeb, optimalizované pro vytvořený a ověřený model sdíleného kanálu.

Analysis and simulation of the transmission in the second generation digital television using spatial diversity technique

Analýza a modelování přenosu digitální televize druhé generace využívající techniku prostorové diverzity

Tomáš Kratochvíl
kratot@feec.vutbr.cz

Doctoral thesis is focused on the exploring and analysis of signal transmission in the second generation terrestrial digital television standard (DVB-T2/T2-Lite) uses spatial diversity transmission techniques multiple-input single-output (MISO) and in the future multiple-input multiple-output (MIMO). A prerequisite of such analysis is a creation of an appropriate simulation model, allows simulating and analysing of the signal transmission which consider multipath propagation with selective fading, and adjustable system parameters of the transmitter and receiver system blocks. A possible verification of theoretical (simulation) results by measurement either in a real environment or in laboratory conditions is also considered. The main aim of this work is the definition of the influence of the system parameters on the bit error rate (BER) and on the quality of the signal transmission.

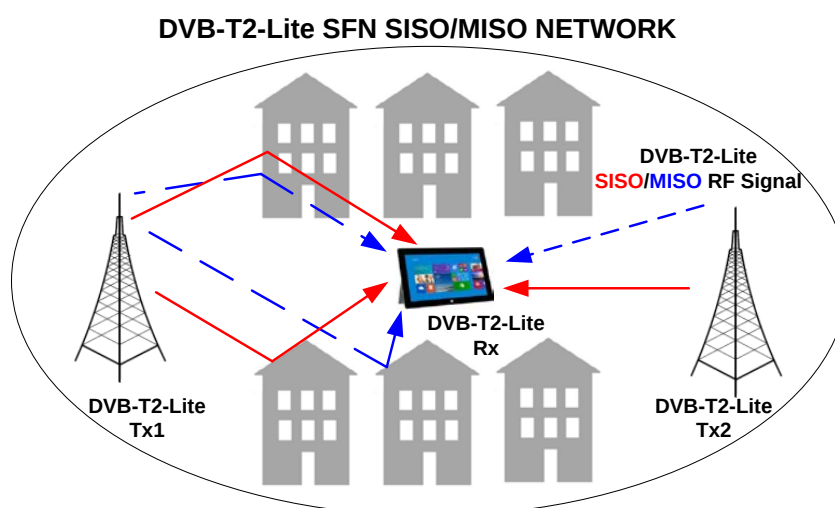


Figure: DVB-T2-Lite using MISO technique in SFN SISO/MISO network (illustration).

Zapojení do projektů. Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací*.

Popis tématu. Téma doktorské práce je zaměřeno na analýzu zpracování přenosu signálů terestrické digitální televize druhé generace (standardy DVB-T2/T2-Lite) využívající prostorovou diverzitní techniku multiple-input single-output (MISO) a v budoucnu multiple-input multiple-output (MIMO). Předpokladem úspěšné analýzy je vytvoření vhodného simulačního modelu přenosu, který uvažuje i vícecestné šíření signálu a selektivní úniky, a dále nastavitelné parametry jednotlivých bloků vysílacího a přijímacího systému. Předpokládá se i verifikace modelů pomocí experimentálního měření v laboratoři, případně i na reálných signálech. Cílem práce je stanovení vlivu systémových parametrů na dosaženou chybovost (BER) a kvalitu přenosu.

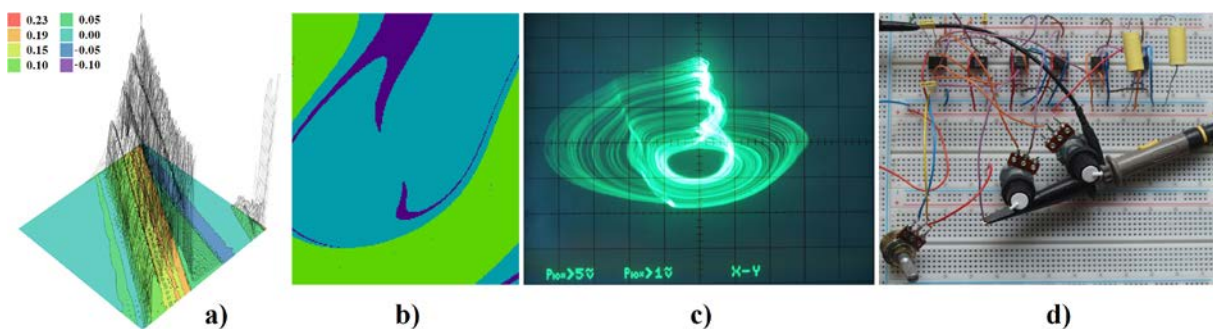
Qualitative and quantitative behavioral analysis of nonlinear dynamical systems

Kvalitativní a kvantitativní analýza dynamického chování nelineárních dynamických systémů

Jiří Petržela

petrzelj@feec.vutbr.cz

The dissertation is aimed to the area of mathematical modeling of deterministic higher-order nonlinear dynamical systems. Selected systems capable to generate structurally stable strange chaotic and hyperchaotic attractors will be analyzed, quantified, and qualified by using numerical methods such as calculation of Lyapunov exponents, bifurcation diagrams, basins of attractions, entropy, etc. Mathematical models that exhibit promising results will be practically realized as chaotic oscillators, experimentally verified and measured patterns of generated waveforms plotted in time and frequency domain will be compared to theoretical expectations.



Chaotický systém: a) největší Lyapunovský exponent definující oblasti s chaotickým řešením, b) oblasti přitažlivosti jednotlivých atraktorů systému v prostoru počátečních podmínek, c) rovinná projekce podivného atraktoru zachycená na osciloskopu, d) obvodová realizace na kontaktním poli.

Disertace je zaměřena do oblasti matematického modelování deterministických nelineárních dynamických systémů. Vybrané systémy schopné produkovat strukturálně stabilní chaotické a hyperchaotické atraktory budou analyzovány, kvantifikovány a kvalifikovány s využitím numerických metod jako je výpočet Lyapunovských exponentů, bifurkačních diagramů, oblastí přitažlivosti, entropie, atd. Matematické modely poskytující slibné výsledky budou prakticky realizovány formou chaotických oscilátorů, experimentálně ověřeny a měřené úseky generovaných signálů zobrazených v časové a kmitočtové oblasti budou srovnány s teoretickými předpoklady.

Zapojení do projektu. V příštím roce plánujeme požádat Grantovou agenturu České republiky o finanční podporu projektu zaměřeného do oblasti syntézy hyper-chaotických oscilátorů a jejich využití v komunikačních systémech a systémech pro kybernetickou bezpečnost. Téma disertace je součástí tohoto projektu, překryv nastává v rámci obvodové realizace matematického modelu. Další finanční podporu může doktorand získat z aktuálně běžícího interního grantu *Výzkum moderních obvodových řešení a algoritmů pro bezdrátové komunikační systémy*.

Kroky řešení. Prvním krokem je prostudování základních numerických algoritmů z oblasti analýzy a kvantifikace chování nelineárních dynamických systémů vyšších řádů. Další postup vede přes hledání matematických modelů (algebraické formy, nelineární funkce a interních parametrů), jejichž možným robustním řešením je hyper-chaos. Vhodný model bude realizován formou elektronického obvodu se soustředěnými parametry. Reálné chování chaotického oscilátoru bude porovnáno s teoretickými předpoklady, posuzována bude vhodnost pro komunikační techniky založené na využití signálu se zvýšenou entropií, případně možnosti implementace celého oscilátoru na čip.

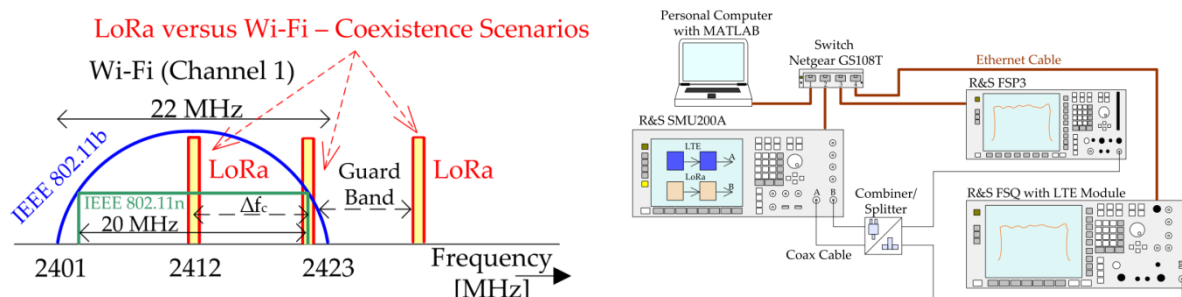
Smart coexistence of wireless communication systems

Chytrá koexistence bezdrátových komunikačních systémů

Ladislav Polák

polakl@feec.vutbr.cz

This dissertation thesis deals with the research of methods and techniques that enable a smart coexistence of wireless communication systems utilizing common RF bands. Attention should be devoted to conventional (on their optimization) as well as on emerging methods, which can identify the interfering signal, kind of interfering system and its characteristics parameters with high precision. Based on the obtained results, approaches to minimize possible interference between coexisting systems should be proposed. Verification of the proposed methods and approaches on a real set of RF signals in laboratory and real environment conditions (e.g. utilization of a SDR-USRP radio) is an inseparable part of this dissertation thesis. Based on the obtained results, recommendations for so called smart-coexistence or coexistence-free operation of wireless communication systems in shared RF bands will be defined.



[vlevo] Možné koexistenční scénáře mezi systémy LoRa a WLAN, provozovaných v ISM pásmě 2.4 GHz; [vpravo] Měřící pracoviště pro měření a analýzu koexistence systémů LTE a LoRa

V současné době existuje velký počet bezdrátových komunikačních systémů, které v budoucnu mezi sebou mohou sdílet více společných částí radiofrekvenčního (RF) pásma. K minimalizaci, případně k zabránění, velkému kolísání kvality poskytovaných služeb bude nevyhnutná řízená koexistence těchto systémů. Techniky jako kognitivní rádio, skenování RF spektra či využití různých metod strojového a hlubokého učení (tzv. Machine and Deep Learning) nabízejí perspektivní řešení.

Zapojení do projektů: Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací*.

Kroky řešení: Téma doktorské práce je zaměřeno na výzkum metod a postupů pro tzv. chytrou koexistenci bezdrátových systémů. Výzkum by mela zaměřit na konvenční metody a na jejich optimalizaci (případně rozšíření) a na návrh nových metod, které jsou schopny správně identifikovat rušící (interferující) signál, druh rušícího systému a jeho charakteristické parametry. Na základě získaných informací se mají navrhnout metody a postupy, které minimalizují vliv interferenčních signálů na rušený komunikační systém. Účinnost navržených metod a postupů se mají ověřit na sadách reálných RF signálů v laboratorních a reálných podmínkách (např. využití softwarového rádia SDR-USRP). Na základě výsledků budou definované doporučení pro tzv. „smart-coexistence“ a „coexistence-free“ provoz bezdrátových systémů v širokém kmitočtovém pásmu.

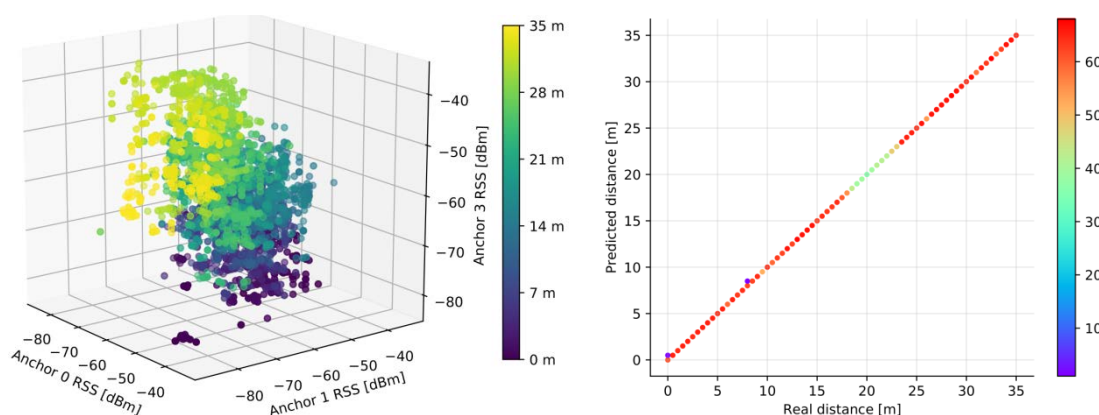
Perspective methods for precise positioning of people and wireless devices in an indoor environment

Perspektivní metody pro přesné určování polohy osob a bezdrátových zařízení uvnitř budov

Ladislav Polák

polakl@feec.vutbr.cz

This dissertation thesis focuses on advanced methods and approaches for precise localization of people and wireless devices in an indoor environment. Development and realization of methods and approaches should be based on techniques evaluating parameters like RSS, ToA and AoA. Utilization of Machine Learning and Deep Learning-based approaches to improve efficiency of localization methods and accuracy of localization in an indoor environment is also assumed. Testing and verification of the proposed methods and approaches by a set of measurements under laboratory and real conditions is an inseparable part of this dissertation thesis.



[vlevo] Vztah mezi vzdáleností lokalizovaného objektu podél jedné osy (vyjádřeno barvou) a měřeními úrovněmi přijatého signálu Bluetooth Low Energy (BLE); [vpravo] x-y graf vyjadřující úspěšnost určení polohy ve 2D prostoru při použití klasifikačního algoritmu Random Forest

V současné době existuje řada metod a technik pro určování polohy osob nebo zařízení uvnitř budov. V budoucnosti se předpokládá, že díky novým perspektivním bezdrátovým technologiím, např. oblast Internet věcí (tzv. IoT) nebo sítě Low-Power Wide Area Networks (LPWAN), bude potřeba stávající metody a techniky pro lokalizaci, monitorování a sledování osob a zařízení vylepšit případně nahradit účinnějšími. Mezi perspektivní řešení patří taky využití různých forem strojového a hlubokého učení (tzv. Machine and Deep Learning).

Zapojení do projektů: Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací*.

Kroky řešení: Téma doktorské práce je zaměřeno na metody a postupy pro přesné určování polohy osob a zařízení uvnitř budov. Vývoj a realizace vhodných metod a postupů by měla vycházet z technik založených na vyhodnocení parametrů (např.) RSS, ToA a AoA. Dále je předpokládáno využití poznatků strojového učení a jejich aplikace pro zvýšení účinnosti lokalizačních metod a přesnosti lokalizace uvnitř budov. Testování a verifikace navržených metod pro zajištění lokalizace a určení polohy s vysokou přesností bude uskutečněn řadou měření v laboratorních a reálných podmínkách (např. uvnitř budov).

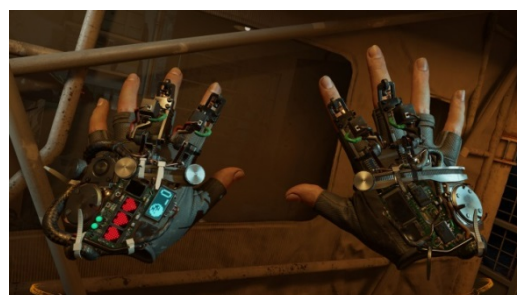
Picture and video quality in multimedia systems for virtual reality

Kvalita obrazu a videa v multimediálních systémech pro virtuální realitu

Ladislav Polák

polakl@feec.vutbr.cz

This dissertation thesis focuses on modern video coding algorithms for compression of 180/360-degree pictures and videos. Attention should be also devoted to the study of objective and subjective metrics to assess quality of 180/360-degree pictures and videos. The outputs of this work, besides the definition of requirements on compression algorithms for 180/360-degree picture and video, should introduce appropriate methods for 180/360-degree picture and video quality assessment with high reproducibility on both objective and subjective levels.



[vlevo] Snímek 360 stupňového videa; [vpravo] Ukázka z počítačové hry Alyx (série Half-Life);
kompletně využívající techniku VR

V současné době, a to v různých aplikačních oblastech, se rapidně zvyšuje zájem o multimediální systémy, podporující technologii virtuální realita (VR). Díky progresu v oblasti zobrazovacích technologií už existuje celá řada brýlí, tzv. head-mounted devices (HMDs), a různých doplňků pro sledování 180 a 360 stupňového obrazu a videa. Pro masivní poskytování multimediálního obsahu v takém formátu a ve vhodné kvalitě je potřeba použít vysoce účinné algoritmy pro zdrojové kódování obrazu a videa. Dále je velmi důležitá správná volba postupu pro objektivní a subjektivní vyhodnocení kvality 180/360 stupňového obrazu a videa.

Zapojení do projektů: Finanční podporu může doktorand získat z interního grantu

Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací.

Kroky řešení: Téma doktorské práce je zaměřeno na nové algoritmy pro kódování 180/360 stupňového obrazu a videa. Pro analýzu jejich vlivu na kvalitu zážitku je nezbytné definovat správné objektivní metriky a navrhnout vhodný postup pro realizaci subjektivních testů. Pozornost by měla proto být taky věnovaná pro studium objektivních a subjektivních metrik vhodných pro správné vyhodnocení kvality 180/360 stupňového obrazu a videa. Na základě dosažených výsledků by měli být upřesněné požadavky na algoritmy pro kódování 180/360 stupňového obrazu a videa (výběr vhodných kodeků s doporučeným nastavením parametrů), dále definované (případně navržené) vhodné objektivní a subjektivní metriky a postupy pro vyhodnocení kvality 180/360 stupňového obrazu a videa s vysokou mírou reprodukovatelnosti.

Metasurfaces for Stealth Technology

Metapovrchy pro "stealth" technologii

Martin Štumpf
stumpf@vutbr.cz

Abstract. Metasurfaces exhibiting extraordinary electromagnetic scattering properties hold great promise for developing novel structures with unprecedented features. Therefore, with stealth technology applications in mind, the present thesis aims at developing efficient computational strategies and design procedures concerning thin metamaterial layers exhibiting the electromagnetic transparency for causal pulsed electromagnetic fields.



Ilustrační obrázek použití "pláště neviditelnosti"

Abstrakt. Metapovrchy vykazující mimořádné elektromagnetické rozptylové charakteristiky jsou perspektivní pro návrh nových struktur s nebývalými vlastnostmi. Výzkum v rámci disertační práce se proto zaměří na vývoj efektivních výpočetních strategií a návrhových postupů tenkých metamateriálových vrstev, které vykazují elektromagnetickou transparentnost pro kauzální, pulsní elektromagnetické pole.

Zapojení do projektů. Výzkum interakce pulsního elektromagnetického pole s metapovrchy aktuálně probíhá v projektu „*Pulsed EM Field Interaction With Thin-Film Structures*“, který je plně financovaný Grantovou agenturou České republiky. Další finanční podporu může doktorand získat z interního grantu *Pokročilé vysokofrekvenční struktury a modelování elektromagnetických problémů*.

Kroky řešení. Prvním krokem řešení PhD projektu je studium rozptylu elektromagnetického pole na tenkých vrstvách, které zahrnuje implementaci základních analytických a numerických modelů (např. v prostředí MATLAB). Implementované modely dále umožní provést parametrické studie, které v ideálním případě prokážou realizovatelnost elektromagneticky transparentní vrstvy s dostupnými materiály. Finální fáze projektu zahrnuje experimentální ověření navrženého konceptu.

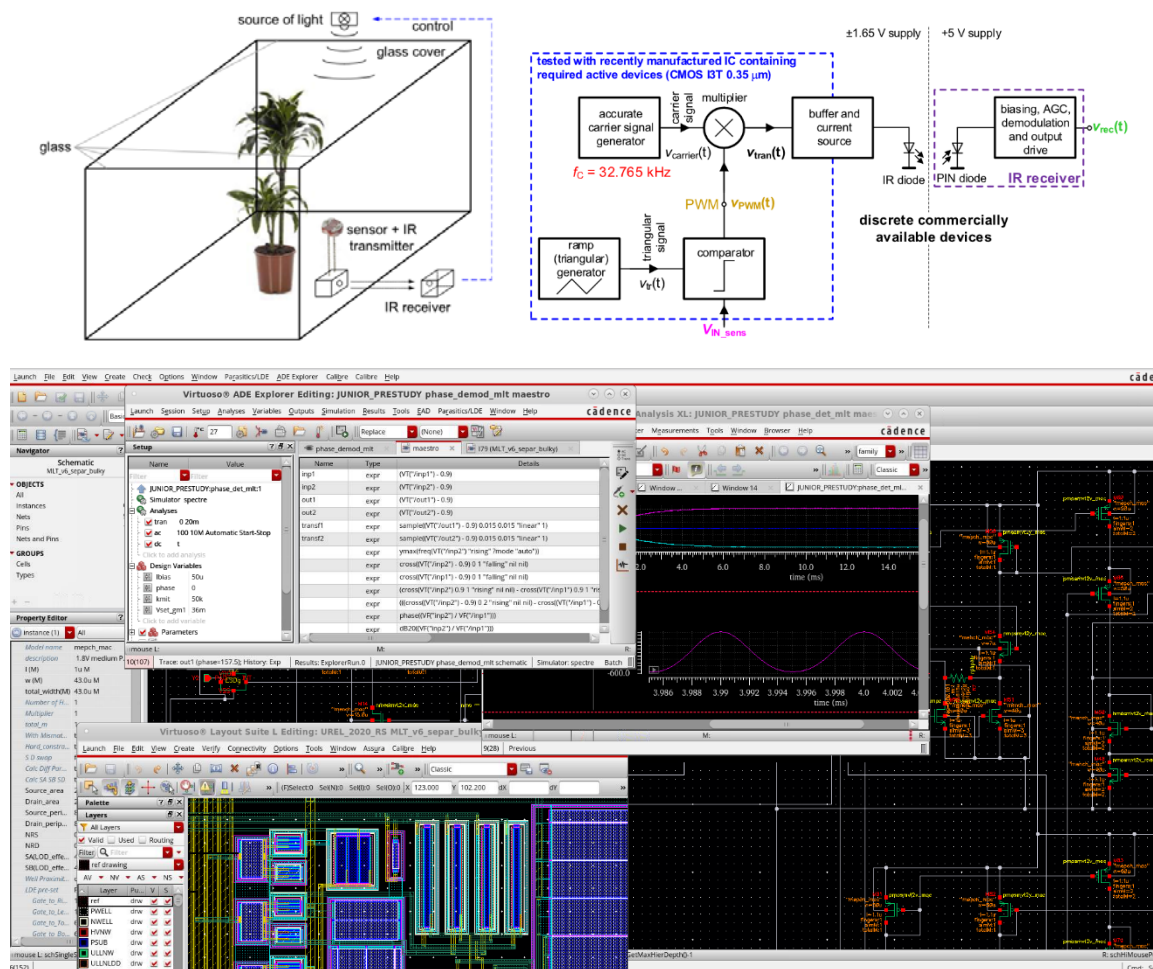
Novel analog blocks and concepts for processing of electrical and nonelectrical quantities

Nové aktivní bloky a koncepty pro zpracování elektrických a neelektrických veličin

Roman Šotner

sotner@feec.vutbr.cz

The integrated circuits are very important for processing of signals from sensors and sensor readouts as a part of modern physical layer of communication systems. They offer significant minimization of system area and low power consumption. Therefore, these concepts are highly useful for biomedical applications (blood analysis – presence of various chemicals, bio-impedances measurement and evaluation, etc.), in mechanics (distance influences capacity), etc. This topic includes study of utilization of of-the-shelf as well as custom integrated active building cells and blocks (amplifiers, converters, generators, flip-flop circuits, etc.) and study of features of currently available types of sensors for various physical quantities. The recommendations, requirements and methodologies for active sensor readouts in processing of signals are expected to be formulated. Works in this topic suppose implementation of own novel integrated cells or utilization of already available devices (designed in ON Semiconductor/AMIS 0.35 μm or TSMC 0.18 μm CMOS process) at the workplace.



Snímač osvětlení v uzavřeném prostředí s externím monitoringem (případně zpětnou vazbou), nízko-příkonový částečně integrovaný vysílací řetězec analogového komunikačního systému, návrhové prostředí Cadence pro simulaci a přípravu podkladů ve výrobních procesech integrovaných obvodů

Integrované obvody mají velkou důležitost při zpracování signálů ze senzorů elektrických i neelektrických veličin, protože umožní výrazným způsobem redukovat velikost celého zařízení včetně senzoru, mívají nižší spotřebu a díky tomu vysokou využitelnost např. v biomedicině (analýza krve – indikace přítomnosti různých chemických látek, měření a modelování impedancí různých organických látek, apod.), mechanice (posuv/vzdálenost registrována změnou kapacity), atd. Téma zahrnuje studium možností využití komerčních i integrovaných analogových stavebních bloků (zesilovače, převodníky, generátory, klopné obvody, atd.), studium stávajících druhů senzorů různých veličin stejně jako stanovení doporučení a požadavků na aktivní rozhraní pro zpracování těchto signálů a zpracování metodiky měření. Součástí práce je návrh řetězce pro zpracování signálů s využitím integrovaných buněk vlastního návrhu nebo hotových návrhů na pracovišti (technologie ON Semiconductor/AMIS 0.35 μm nebo TSMC 0.18 μm) patřící dnes k moderním komponentám fyzické vrstvy komunikačních systémů.

Zapojení do projektů. Ve spolupráci s odbornými spolupracovníky a kolegy je podána přihláška projektu základního výzkumu Grantové agentury České republiky (GAČR), kam spadá část modelování, a extrakce impedancí různých látek s charakterem fraktálního (neceločíslného) chování. Plánována je příprava projektu v oblasti zpracování nízko-úrovňových senzorických signálů s využitím moderních nízko-příkonových výrobních procesů integrovaných obvodů. Široké téma disertace spadá do podaného projektu a souvisí i s dalšími řešeními oblastmi. Další podporu ve studiu a práci (stipendia, podporu publikací na konferencích, v časopisech a prostředky na materiál) lze získat z projektu interní grantové agentury (IGA) VUT *Výzkum moderních obvodových řešení a algoritmů pro bezdrátové komunikační systémy*. Další nemalé prostředky lze získat kvalitním publikováním průběžně získávaných výsledků.

Kroky řešení.

Počáteční fáze studia je soustředěna na prostudování dosavadního stavu problematiky diskutovaných (vybraných) oblastí a výsledků dosažených na pracovišti. Oblast je značně široká a doktorand může navázat na práci v oblasti (z uváděných příkladů), která mu bude nejvíce vyhovovat, ať už se jedná o metodiku měření, ověřování či modelování nebo vývoj integrovaných/diskrétních analogových/smíšených (analog/digital) nízko-příkonových (úsporných) či komplexních měřících a vyhodnocovacích systémů. Především se počítá se zapojením doktoranda v experimentální práci (v rámci projektů základního výzkumu blízkých tématu disertace – výsledky jsou publikace), se kterou souvisí návrh a realizace obvodů, modulů a komponent v diskrétní nebo integrované formě. Student si značně rozšíří svoje odborné kompetence s moderními SW nástroji analogového návrhu a získá řadu zkušeností a detailních znalostí principů různých pokročilých obvodových struktur. Existuje reálná možnost spolupráce na návrhu integrovaného obvodu či vlastní buňky.

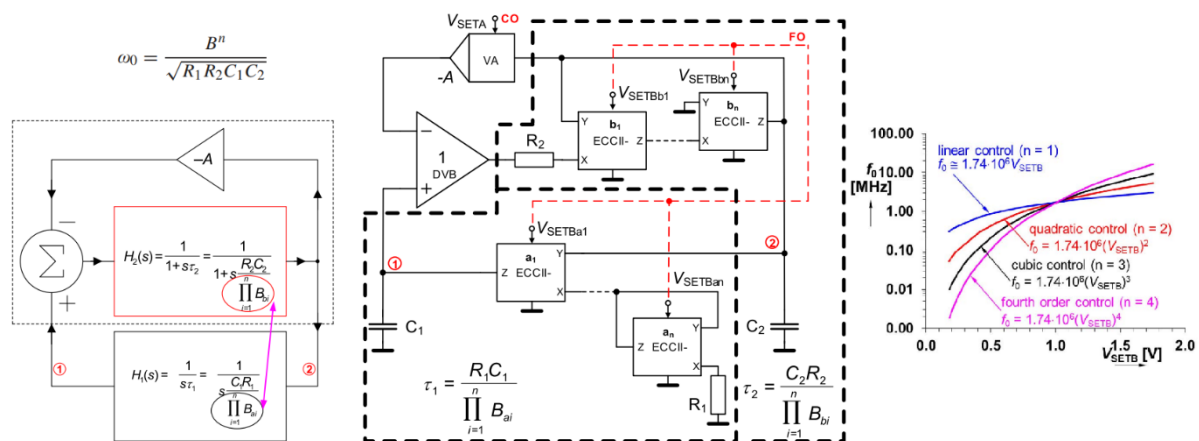
Tunability range extensions in electronically controllable circuits

Metody rozšiřování ladících rozsahů elektronicky říditelných obvodů

Roman Šotner

sotner@feec.vutbr.cz

Decreasing value of power supply voltage creates limited conditions for electronic tuning of circuits (for example active filters) in comparison to standard current systems operating with high DC power supply. The main task of this work focuses on research and study of methods of electronic control of applications (for example filters and oscillators) working as components of modern communication systems. Suitable combination of features for control of active elements and change of character of dependence (e.g. oscillation frequency vs. adjustable parameter) serve for substantial improvement of tunability range of application. Verification of intended methods supposes PSpice and Cadence IC6 (low voltage technologies AMIS 0.35 um, TSMC 0.18 um) simulations and experiments.



Obecná topologie oscilátoru s „posílením“ rozsahu přeladění souběžným elektronickým řízením násobností časových konstant

Se stále se snižujícím napájecím napětím se zhoršuje schopnost ovládat např. ladící rozsah filtru a docílit stejného pásma přeladění jako ve stávajících systémech s běžným napájecím napětím. Hlavním úkolem práce bude hledání řešení (obvodových struktur) a metod elektronického řízení aplikací (např. filtry a oscilátory) pracujících jako komponenty moderních komunikačních systémů, které umožní vhodně kombinovat řídicí schopnosti říditelných aktivních součástek nebo docílit změnu charakteru závislosti ladící charakteristiky na řídicím parametru (parametrech) aplikace či aktivního prvku tak, aby se při stále stejném rozsahu řídicí veličiny podstatně vylepšil rozsah přeladění aplikace. Verifikace zamýšlených metod bude probíhat simulacemi v PSpice a Cadence IC6 (CMOS technologie AMIS 0.35 um nebo TSMC 0.18 um) i experimentálně.

Zapojení do projektů. Ve spolupráci s odbornými spolupracovníky a kolegy je toto téma součástí širších aplikačních oblastí modelování a návrhu pokročilých říditelných aktivních prvků v obvodech lineárního i nelineárního analogového zpracování signálu. V této oblasti jsou podávány grantové přihlášky v oblasti celočíselných i speciálních neceločíselných (fraktálních) obvodů a moderních dynamických nelineárních systémů. Plánuje se příprava projektů v oblasti zpracování nízko-úrovňových senzorických signálů s využitím moderních nízko-příkonových výrobních procesů integrovaných obvodů. Zde tyto přístupy nachází široké aplikační uplatnění. Další podporu ve studiu a práci (stipendia, podporu publikací na konferencích, v časopisech a prostředky na materiál) lze získat z projektu interní grantové agentury (IGA) VUT *Výzkum moderních obvodových řešení a algoritmů pro bezdrátové komunikační systémy*. Další nemalé prostředky lze získat kvalitním publikováním průběžně získávaných výsledků.

Kroky řešení.

Počáteční fáze studia je soustředěna na prostudování dosavadního stavu metod a přístupů vedoucích k rozšiřování ladících rozsahů, principů pokročilých aktivních prvků a samozřejmě výsledků dosažených v posledních letech na pracovišti. Nebudeme se bavit o zastaralých operačních zesilovačích ☺, které v této oblasti nelze výhodně použít, ale bude možnost vyvinout prvky i metody světa dosud neznámé a experimentálně je analyzovat. Především se počítá se zapojením doktoranda v experimentální práci (v rámci projektů základního výzkumu blízkých tématu disertace – výsledky jsou publikace), se kterou souvisí návrh a realizace obvodů, modulů a komponent v diskrétní nebo integrované formě. Student si značně rozšíří svoje odborné kompetence s moderními SW nástroji analogového návrhu a získá řadu zkušeností a detailních znalostí principů různých pokročilých obvodových struktur. Existuje možnost spolupráce na návrhu integrovaného obvodu či vlastní buňky.

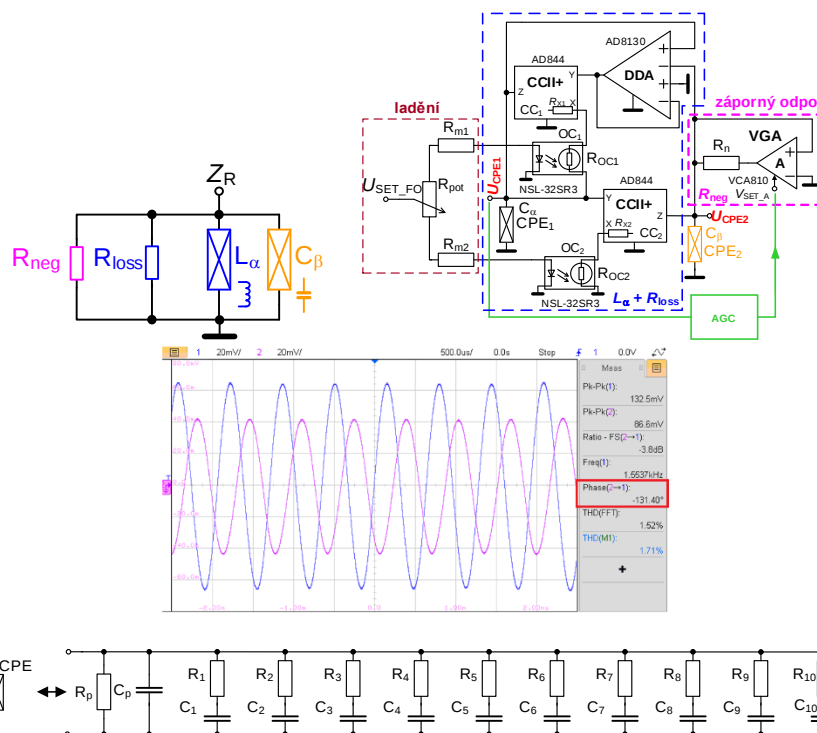
Electronically controllable oscillators of higher and fractional orders

Elektronicky říditelné oscilátory vyšších a neceločíselných řádů

Roman Šotner

sotner@feec.vutbr.cz

Research is focused on modeling, simulations and experimental verification of circuit realizations of higher-order harmonic oscillators and inharmonic generators for structures of physical layer of communication systems working in base and inter-frequency band. The main task is to found features and application possibilities of circuits with higher order than 3 and circuits defined by differential equations of fractional order. An attention will be concentrated on frequency tunability, phase and magnitude relations between generated signals and suitable amplitude stabilization especially. Part of the work deals with detailed description of signal generation based on linear and nonlinear mathematical operations that are allowed by implementation of so-called constant phase elements producing constant phase shift between excitation signal and response.



Neceločíselný oscilátor na principu rezonančního obvodu pro generování speciální hodnoty fázového posuvu (princip a funkční zapojení, výstupní napětí, model impedance $s^\alpha L_\alpha$ nebo $1/(s^\alpha C_\beta)$ fraktálního prvku obecného řádu ($0 < \alpha < 1$))

Výzkum je zaměřen na modelování, simulace a experimentální ověřování obvodových realizací harmonických oscilátorů vyšších řádů a generátorů neharmonického průběhu pro struktury fyzické vrstvy komunikačních systémů základního a mezifrekvenčního pásma. Úkolem je zjistit, jaké vlastnosti a aplikační možnosti nabízí obvody vyšších řádů než 3 či obvody popsané diferenciálními rovnicemi neceločíselných řádů. Pozornost bude soustředěna zejména na kmitočtovou laditelnost, fázové a modulové relace mezi generovanými amplitudami a vhodnou stabilizací amplitudy. Součástí práce je detailní popis generace signálů pomocí lineárních a nelineárních matematických operací, které jsou umožněny použitím analogových obvodových prvků s konstantním fázovým posuvem mezi budící veličinou a odezvou.

Zapojení do projektů. V této oblasti jsou podávány grantové přihlášky v oblasti celočíselných i speciálních neceločíselných (fraktálních) obvodů a moderních dynamických nelineárních systémů. Je podána přihláška projektu základního výzkumu Grantové agentury České republiky (GAČR), kam spadá oblast fraktálních obvodů. Plánována je příprava projektů v oblasti zpracování nízko-úrovňových senzorických signálů s využitím moderních nízko-příkonových výrobních procesů integrovaných obvodů. Zde jsou oscilátory a obecně generátory signálů potřebné k signálovému zpracování (kmitočtová transpozice signálů, modulace, reference, atd.). Podporu ve studiu a práci (stipendia, podporu publikací na konferencích, v časopisech a prostředky na materiál) lze získat i z projektu interní grantové agentury (IGA) VUT *Výzkum moderních obvodových řešení a algoritmů pro bezdrátové komunikační systémy*. Další nemalé prostředky lze získat kvalitním publikováním průběžně získávaných výsledků.

Kroky řešení.

Počáteční fáze studia je soustředěna dosavadní stav metod a přístupů k návrhu oscilátorů, principů využitelných aktivních prvků a samozřejmě výsledků dosažených v posledních letech na pracovišti. Hlavní náplní doktoranda bude experimentální práce (v rámci projektů základního výzkumu blízkých tématu disertace – výsledky jsou publikace), se kterou souvisí návrh a realizace obvodů, modulů a komponent v diskrétní nebo integrované formě. Studium oscilačních podmínek, stability a celkové chování harmonických oscilátorů (autonomních obvodů) vyšších řádů (>3) není doposud ani teoreticky v literatuře zpracováno a rozebráno (jak z provozních podmínek, tak i z aplikačního pohledu). Jedná se tedy o neprobádané vody. Student si značně rozšíří svoje odborné kompetence s moderními SW nástroji analogového návrhu a získá řadu zkušeností a detailních znalostí principů různých pokročilých obvodových struktur. Existuje možnost spolupráce na návrhu integrovaného obvodu či vlastní buňky.

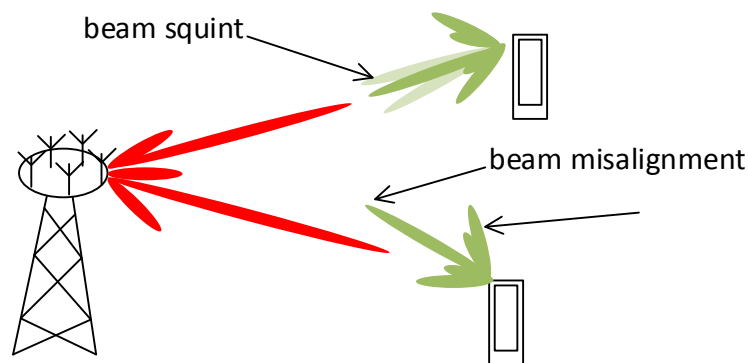
Digital compensation of Impairments in millimeter-wave links with beamforming

Digitální kompenzace nedokonalostí transceiverů s beamformingem v pásmu milimetrových vln

Roman Maršálek

marsaler@feec.vutbr.cz

In the future high-speed communication and radar systems, the active antennas with beamforming/precoding in the millimeter-wave bands will be massively used. As an example, the use of 28 GHz band is already part of the 5G NR standard and a 60 GHz band is envisaged for the 5G NR Release 17. The aim of the thesis is to study the impairments of the active antennas, investigate their effects on the system performance (together with beam misalignment) of 5G NR, and to propose the innovative solutions based on the digital signal processing techniques for their reduction.



Tvarování svazku naši výzkumnou skupinu zajímá z pohledu jejich využití v komunikaci. Budeme rádi, když se přihlásí někdo se zájmem o zpracování signálů – transformace, dekompozice, lineární algebru... nebo i umělou inteligenci (což je stejně jen „navoněná“ algebra 😊). O čem téma je? Jednotliví uživatelé spolu komunikují pomocí OFDM a každý má anténu minimálně s 16x16 prvky. Vyzařované paprsky ale nejsou ideální, mají postranní laloky, signál je nelineárně zkreslený, pro širokopásmové signály je vyzařování kmitočtově závislé, pro precoding musíte znát kanál, ale než ho odhadnete tak je uživatel jinde a můžete začít znovu 😞 ... A vás bude zajímat – jak to ovlivní vaše OFDM? Můžete udělat OFDM odolnější? Nějak anténu číslicově „napravit“? Jak často musíte dělat odhad kanálu?

Zapojení do projektů. V letošním roce žádáme v dané oblasti o finanční podporu Grantovou agenturu České republiky. Do přípravy projektu jsou zapojeni i kolegové z TU Wien, se kterými dlouhodobě spolupracujeme – určitě bude možnost jet do Vídně na stáž. Nákup hardware – kitů s 16x16 anténními prvky pro 28/60 GHz a šířkou pásma 1 GHz budeme financovat z podpory od Škoda auto, a.s. Když budete šikovná/ý, je možné vaši práci podporovat částečně i z interního VUT projektu Mobilní komunikační systémy 5. a vyšších generací (Tom Frýza).

Kroky řešení. Číst-jak pracuje beamforming/MIMO precoding, jak se odhaduje MIMO kanál. Vše naprogramovat v MATLABu, vymyslet, jak začlenit model kmitočtové závislosti chování antény, nelinearity zesilovačů. Experiment na reálném setupu s Xilinx RFSoc (šířka pásma 1 GHz). Zpět k simulaci – proč jsou výsledky jiné než v reálu? Jaká vlastnost hardware nebo kanálu má největší vliv na chybovost? Studovat matematiku a statistiku – dekompozice, sparsita, optimalizace, nebo umělá inteligence? Co pomůže zlepšit chybovost? Modelovat N uživatelů, jejich model chování, mobilitu. Jak eliminovat interference mezi uživateli?