

## Opis delovnega mesta mladega raziskovalca/ke (*Description of the Young Researcher's position*)

1. Članica UL (*UL member*):

510-1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko

2. Ime, priimek in elektronski naslov mentorja/ice (*Mentor's name, surname and email*):

Boštjan Batagelj, bostjan.batagelj@fe.ui-lj.si

3. Raziskovalno področje (*Research field*):

2.08 Telekomunikacije (*Telecommunications*)

4. Opis delovnega mesta mladega raziskovalca/ke (*Description of the Young Researcher's position*):

Vključuje morebitne dodatne pogoje, ki jih mora izpolnjevati kandidat/ka za mladega raziskovalca/ko, ki niso navedeni v razpisu za mlade raziskovalce.

*slo:*

*Globalne telekomunikacijske platforme naslednje generacije ter nastajajoče množične aplikacije za uporabo v komunikacijskih, radarskih in vesoljskih tehnologijah, bodo zahtevale povsem nove metode, ki bodo presegle sedanje omejitve elektronike za množično povezljivost in visoko zmogljivost. Terabitne brezžične komunikacije 6G integrirane z daljinskim zaznavanjem, prihajajoči zahteve pametnih avtomobilov in satelitski podatki bodo potrebovali popolno konvergenco optičnih vlaken in brezžičnih komunikacij. Mikrovalovna fotonika (MWP) združuje radiofrekvenčno (RF) tehnologijo ter fotoniko in je najbolj primerna tehnologija, ki se uporablja za tovrstno konvergenco.*

*Mladi raziskovalec bo delal na novih raziskovalnih obzorjih integrirane MWP, ki se lahko uporablja v naslednjih generacijah radijsko-optičnih komunikacijskih sistemov, avtomobilski industriji s senzorji avtonomne vožnje ali v velikih fizikalnih merilnih postavitvah. V svojem raziskovalnem delu se bo osredotočil na razvoj in optimizacijo optoelektronskih elementov, visokofrekvenčnih vezij ter optoelektronskih naprav na področju mikro in milimetrskih valov. Na področju mikrovalovnih in milimetrskih komunikacij je posebej potencialno raziskovalno področje razdeljevanja signala iz lokalnega oscilatorja (LO) s pomočjo različnih tehnik, ki zahtevajo tudi podporna visokofrekvenčna vezja in sprejemniško elektroniko. Področja uporabe omogočajo razvoj novih, izboljšanih optimizacijskih pristopov, merilnih tehnik ter laboratorijskih naprav.*

*Doktorski študent bo zaposlen na Fakulteti za elektrotehniko v Laboratoriju za sevanje in optiko (<http://lso.fe.uni-lj.si>), ki ima že bogato zgodovino delovanja na omenjenih področjih ter primerno okolje za razvoj tehnologij, potrebnih za opravljanje doktorske naloge. Mladi raziskovalec bo prispeval k znanju iz vseh področij, s katerimi se laboratorij ukvarja in s tem k izkušnjam vseh njegovih pedagogov. S svojim delom bo zajel tudi predhodne raziskave in delo laboratorija na področju razdeljevanja sinbronizacijskega signala znotraj pospeševalnikov delcev.*

*Mladi raziskovalec bo vključen v programsko skupino P2-0246, ICT4QoL - Informacijsko komunikacijske tehnologije za kakovostno življenje in projekt COST CA20120, Intelligence-Enabling Radio Communications for Seamless Inclusive Interactions – INTERACT) (<https://interactca20120.org/>). Po potrebi pa bo vključen še v bodoče domače in tuje raziskovalno-razvojen projekte in industrijska sodelovanja na področju avtomobilske industrije.*

*Doktorski študent bo raziskovalno deloval na področju visoko učinkovite, koherentne in nizkocenovne*

distribucije LO z nizkim lezenjem za uporabo pri porazdeljenem avtomobilskem radarskem sistemu visoke razločljivosti z več vhodi ter več izhodi (angl. multiple-input multiple-output – MIMO). Lotil se bo smiselnih izboljšav sistemov glede na raziskovalni potencial ter uporabno vrednost odkritih pomanjkljivosti obstoječih sistemov, temelječih na osnovi diskretnih mikrovalovnih komponent, ki omejujejo energetska učinkovitost, prilagodljivost in razširljivost ter posledično široko uporabo. Pri svojem delu bo uporabljal in preizkušal nove pristope in orodja, ki se na omenjenih področjih uporabljajo (npr. računalniško podprto načrtovanje in optimizacija elektromagnetnih struktur). Nadgrajeval bo znanje prototipiranja elektronskih vezij, optičnih in terahercnih naprav, kjer se odpirajo nova področja izdelave (npr. plastični terahercni valovodi). Na voljo mu bodo tudi obstoječi prototipi različnih visokofrekvenčnih naprav iz prejšnjih laboratorijskih raziskav, ki jih bo lahko uporabil za sestavljanje znanstveno raznolikih poskusov (npr. uporaba opto-elektronskih naprav v radijski tehniki). Deloval bo v znanstvenem dubu in razvil potrebna laboratorijska orodja in instrumente, potrebne za raziskovanje omenjenih področij.

Cilji raziskave mladega raziskovalca in predvideni rezultati s poudarkom na originalnem prispevku k znanosti so naslednji:

- Analiza trenutnega stanja tehnike pri rešitvah za razdeljevanje signala, kjer je oddajnik povezan z referenčno glavno uro, sprejemnik pa je nameščen na oddaljeni lokaciji.
- Prepoznavanje potencialnih priložnosti za izboljšanje in primernosti za uporabo v porazdeljenih avtomobilskih radarskih sistemih MIMO visoke razločljivosti.
- Povzetek zahtev za porazdeljene sisteme LO, ki mu sledi primerjava tehnologije za razdeljevanje mikrovalovnega in mmW signala.
- Primerjava tehnologije za razdeljevanje signala po mikrovalovnih in optičnih valovodih.
- Razvoj in optimizacija novega sistema distribucije signala, ki zagotavlja natančnost v smislu podprtavanja in dolgoročno stabilnost.
- Tehnike za ublažitev podrsavanja signala LO skozi čas, vzdrževanje fazne koherence med porazdeljenimi oddajniki-sprejemniki in zagotavljanje zanesljivosti radarskega sistema.
- Ocena učinkovitosti prototipov razdeljevanja signala z majhnim lezenjem s pomočjo poskusov.

Kandidat mora poznati osnove znanstvenih eksperimentov, imeti zadostno tehnično znanje in potrebne osnove za študij MWP, biti računalniško pismen, tekoče govoriti angleško, biti sposoben analizirati in sintetizirati, interpretirati meritve in empirično pridobljene podatke ter biti sposoben samostojno opisovati dejavnosti v obliki znanstvenih publikacij. Položaj doktorskega študenta zahteva visoko analitično mišljenje, sposobnost hitrega učenja novih tehnologij in izjemne RF in mikrovalovne spretnosti pri izdelavi visokofrekvenčnih vezji na namenskem laminatu, ter poznati tehniko hitrega prototipiranja elektronskih vezij, ki omogoča učinkovito implementacijo teoretičnih konceptov v raziskovalne prototipe. Delati mora z raziskovalci iz drugih disciplin, znotraj raziskovalne skupine in v intenzivno interdisciplinarnem okolju MWP.

eng:

Next-generation global telecommunications platforms and emerging applications in the communications, radar and space industries will require entirely new technologies to address the current limitations associated with massive connectivity and capacity. A full convergence between the optical fiber and wireless segments will be the key to the upcoming terabit-per-second 6G integrating with sensing, upcoming smart car scenarios and satellite data.

Microwave photonics (MWP), a multidisciplinary technology that combines both worlds (RF and photonics), is the best positioned technology to achieve this merger.

The young researcher will work on the new research horizons of integrated MWP, which can be used in the next generation of radio-optical communication systems, the automotive industry for autonomous driving sensors or in large physical infrastructures. In his research work, he/she will focus on the development and optimization of optoelectronic elements, high-frequency circuits and optoelectronic devices in the field of microwaves and millimetre-waves. In the area of microwave and millimetre-wave communications, it is a high-potential research field for the local oscillator signal distribution using various techniques, which also require supportive high-frequency circuits and receiver electronics. Application areas also enable the development of new and improved optimization approaches, measuring techniques and laboratory devices.

The doctoral student will be employed at the Faculty of Electrical Engineering at the Laboratory for Radiation

and Optics (<http://lso.fe.uni-lj.si>), which has a rich history in these areas and an appropriate environment for the development of the technologies needed for the doctoral research. The young researcher will contribute to the knowledge in all the fields where the laboratory has interests, and thus to the experience of all its educators. The young researcher's work will also include preliminary research and laboratory work in the field of distribution of the synchronization signal within particle accelerators.

The young researcher will be incorporated into the program group P2-0246, ICT4QoL - Information and Communications Technologies for Quality of Life and the COST CA20120 project, Intelligence-Enabling Radio Communications for Seamless Inclusive Interactions – INTERACT (<https://interactca20120.org/>). He/she will also be part of future domestic and foreign research and development projects and industrial cooperations in the field of automotive industry.

The doctoral student will conduct research in the field of the highly efficient Coherent, low-cost, low drift local oscillator signal distribution for application in high-resolution distributed automotive multiple-input multiple-output (MIMO) radar systems. Benefits will include meaningful improvements to the systems according to the research potential and the useful value of the detected deficiencies in existing systems based discrete microwave components that limit energy efficiency, adaptability and scalability and, consequently, widespread use. He/she will use and test new approaches and tools that are used in these fields (for example, computer-aided design and the optimization of electromagnetic structures). He/she will upgrade the knowledge of prototyping electronic circuits, optical and terahertz devices, where new production areas are being opened (e.g., plastic terahertz waveguides). There will also be existing prototypes of various high-frequency devices from previous laboratory research, which he/she will be able to use for scientifically diverse experiments (for example, the use of optoelectronic devices in radio engineering). The researcher will pursue a scientific agenda and develop the necessary laboratory tools and instruments for exploring these areas.

The goal of the doctoral research and the expected results, with an emphasis on an original contribution to science, are as follows:

- Analysis of the current state of the art in signal distribution solutions where a transmitter is connected to the master clock reference and a receiver is located at a remote site.
- Identify potential improvement opportunities and suitability for application in high resolution distributed automotive MIMO radar systems.
- Summary of requirements for distribution systems followed by technology comparison for microwave and mmW signal distribution.
- Technology comparison for signal distribution over microwave and optical waveguides.
- Development and optimization of a novel signal distribution system that provides precision in terms of jitter and long-term stability.
- Techniques to mitigate drift of LO signal over time, maintain phase coherence between distributed transceivers, and ensure radar system reliability.
- Evaluation of the performance of low drift signal distribution prototypes through experimentation.

The candidate must know the basics of scientific experiments, have sufficient technical knowledge and the necessary basics for the study of MWP, be computer literate, speak English fluently, be able to analyze and synthesize, interpret measurements, and empirically obtained data, and be able to independently describe activities in the form of scientific publications. The position of a doctoral student requires high analytical thinking, the ability to quickly learn new technologies and exceptional RF and microwave skills in the production of high-frequency circuits on a dedicated laminate, and to know the technique of rapid prototyping of electronic circuits, which enables the effective implementation of theoretical concepts into research prototypes. He/She must work with researchers from other disciplines, within a research group and in an intensely interdisciplinary environment of MWP.