

UNAPREĐENJE PROFILA INŽENJERA TELEKOMUNIKACIJA
U SKLADU S POTREBAMA SAVREMENOG DRUŠTVA I INDUSTRIJEVlado Delić¹, Dejan Vukobratović², Milan Sečujski³, Milan Narandžić⁴, Živko Bojović⁵,
Tatjana Lončar-Turukalo⁶, Dragana Bajović⁷, Nikša Jakovljević⁸, Vojin Šenk⁹
^{1,2,3,4,5,6,7,8,9} Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija¹vlado.delic@uns.ac.rs

Kratak sadržaj: U radu je predstavljen ERASMUS+KA2 projekat Boosting the telecommunications engineer profile to meet modern society and industry needs (BENEFIT) čiji su osnovni ciljevi: 1) unapređenje infrastrukture telekomunikacionih laboratorija i njihovo povezivanje sa IKT industrijom, 2) modernizacija studijskih programa za obrazovanje inženjera telekomunikacija u skladu sa izazovima burnog perioda u razvoju telekomunikacija koji uskoro stiže s petom generacijom mobilne telefonije (5G). Pored komunikacija između ljudi još više će biti zastupljene komunikacije između stvari (IoT), što će mnogostruko uvećati potrebe i kapacitete telekomunikacionih sistema. Uloga i profil inženjera telekomunikacija moraju se značajno unaprediti kako bi odgovorili narastajućim potrebama društva i industrije. U radu su predstavljene promene u modulu za Informaciono-komunikacione tehnologije i obradu signala na studijskom programu za Energetiku, elektroniku i telekomunikacije Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu: modernizacija kurseva i metodologije nastave, osnivanje zajedničkih laboratorija s industrijskim partnerima, regionalna saradnja univerziteta i industrije – partnera okupljenih oko navedenih ciljeva na projektu BENEFIT.

Ključne reči: Telekomunikacije i obrada signala, informaciono-komunikacione tehnologije i servisi, zajedničke laboratorije univerziteta i industrije, nove metodologije i ciljevi obrazovanja inženjera telekomunikacija

BOOSTING THE TELECOMMUNICATIONS ENGINEER PROFILE
TO MEET MODERN SOCIETY AND INDUSTRY NEEDS

Abstract: The paper presents the ERASMUS+KA2 project Boosting the telecommunications engineer profile to meet modern society and industry needs (BENEFIT), with the following main objectives: 1) improvement of the infrastructure of telecommunications laboratories and their connection with ICT industry, 2) modernization of study programmes for the education of telecommunications engineers with respect to the challenges of an imminent exciting period in the development of telecommunications arriving with the 5th generation of mobile telephony (5G). Besides communications between people, communications between objects (IoT) are also expected to intensify, bringing about an increase in the capacity and requirements of telecommunications systems. The role and the profile of a telecommunications engineer have to be upgraded significantly as a response to the increasing needs of the society and industry. The paper presents the changes in the study module Information and Communication Technologies and Signal Processing at the study programme of Power, Electronics and Telecommunications Engineering at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad: modernization of courses and teaching methodology, foundation of joint laboratories in cooperation with industry partners, cooperation between regional universities and industry representatives – partners gathered around their common goals at the BENEFIT project.

Key Words: telecommunications and signal processing, information and communication technology and services, joint university-industry laboratories, new methodologies and objectives in the education of engineers

1. UVOD

Telekomunikacije su imale period burnog rasta u toku razvoja interneta i potom mobilne telefonije, nakon čega je polako došlo do neke vrste zasićenja – često je na raspolaganju više telekomunikacionih kapaciteta nego što je mnogim ljudima potrebno. Telekomunikacione kompanije i dalje unapređuju komunikacione kapacitete, ali zbog velike konkurencije i malih prihoda od servisa preko interneta, nastoje da smanje troškove. Opremu im održavaju multinacionalne kompanije, često daljinski. Sve to smanjilo je potražnju za klasičnim inženjerima telekomunikacija i dovelo do smanjenja broja studenata koji su se opredeljivali za modul Komunikacione tehnologije i obrada signala (novi naziv biće Informaciono-komunikacione tehnologije i obrada signala) na studijskom programu Energetika, elektronika i telekomunikacije na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu, ali i na sličnim studijskim programima na svim drugim fakultetima i univerzitetima u regionu koji obrazuju inženjere telekomunikacija.

Međutim, istraživačka zajednica je omogućila podizanje telekomunikacija na jedan kvalitativno i kvantitativno viši nivo, na kom se neće odvijati samo telekomunikacije usmerene na komunikaciju među ljudima, nego će se najveći deo komunikacija odvijati u automatizovanim („pametnim“) okruženjima između raznih senzora, objekata i sistema – npr. automobil će komunicirati sa semaforom, svako energetska postrojenje će istovremeno biti i

telekomunikacioni čvor, senzori će kontinuirano pratiti fiziološke signale u ljudskom organizmu... Naročito su velika očekivanja od mobilnih uređaja i sistema. Proces standardizacije pete generacije (5G) mobilne telefonije nedavno je kompletirao prvu fazu i velike telekomunikacione kompanije se pripremaju da od 2020. godine u veoma kratkom roku obezbede infrastrukturu za 5G koja će omogućiti brojne nove servise [1]. Internet stvari (eng. *Internet of Things* – IoT) i ogromne količine višedimenzionalnih multimodalnih podataka omogućuju novo sagledavanje fenomena u društvu, bioinformatici, robotici, medicini, umetnosti [2]. Te nove informaciono-komunikacione tehnologije – IKT (eng. *Information and Communications Technology* – ICT) u sprezi sa savremenim metodama obrade signala unaprediće poslovanje preduzeća, rad pametnih uređaja i sistema u brojnim oblastima privrede i društvenog života. Zbog svega toga su se na ERASMUS+KA2 projektu BENEFIT okupile katedre, departmani, fakulteti i univerziteta iz regiona sa ciljem da značajno unaprede profil inženjera telekomunikacija u skladu s potrebama savremenog društva i industrije. Uloga univerzitetskih i industrijskih partnera iz EU jeste da usmeri modernizaciju studijskih programa iz oblasti telekomunikacija tako da se oni uklape u šire internacionalne perspektive i trendove i da budu odraz globalnih savremenih pogleda na nove telekomunikacione tehnologije.

U drugom delu rada ukratko su predstavljeni univerzitetski i industrijski partneri i opisani su ciljevi projekta, sa posebnim osvrtom na zajedničke laboratorije. U trećem delu prikazan je plan modernizacije metodologije izvođenja nastave primenom novih alata i metoda predavanja i učenja. U četvrtom delu predstavljeno je nekoliko novih ili znatno unapređenih predmeta koji su u fazi akreditacije, a u realizaciji će se oslanjati na modernizovane laboratorije Katedre za telekomunikacije i obradu signala i preko njih na saradnju sa IKT industrijom. Na kraju je dat sažet zaključak sa očekivanim efektima projekta BENEFIT.

2. UČESNICI I CILJEVI PROJEKTA “BENEFIT”

Na projektu „Unapređenje profila inženjera telekomunikacija u skladu s potrebama savremenog društva i industrije“ oko zajedničkih ciljeva su se okupile katedre, departmani i fakulteti sa 9 univerziteta i 10 industrijskih partnera, [3]. Među univerzitetima se nalaze po 3 univerziteta iz Srbije (Novi Sad, Beograd i Niš) i Bosne i Hercegovine (Tuzla, Sarajevo i Banja Luka), kao i 3 univerziteta iz EU (Klagenfurt, Ljubljana i Osijek), koji prenose svoja iskustva i znanja na univerzitete sa prostora zapadnog Balkana. Među industrijskim partnerima su značajnije IKT kompanije iz Hrvatske (Ericsson – Nikola Tesla), Bosne i Hercegovine (Bicom i BIT Centar) i Srbije (Cisco, RT-RK, SE-DMS i dr.). Njihova uloga je ključna s obzirom da je opšti cilj da se obrazovanje telekomunikacionih inženjera približi potrebama kompanija iz IKT sektora kroz uspostavljanje regionalne saradnje. Predviđeno je objedinjavanje napora da se proizvedu odgovarajući udžbenici i određena predavanja u audio i/ili video izdanju, kao i određene laboratorijske vežbe. Tom cilju je posvećena i zajednička web platforma [4], koja se gradi na Univerzitetu u Osijeku sa informacijama sa svih partnerskih univerziteta o unapređenim studijskim programima, novim laboratorijama, inoviranim kursevima i novoj metodologiji, kao i o IKT kompanijama sa kojima saraduju. Predviđeno je osnivanje zajedničkih laboratorija svakog od 6 univerziteta iz BiH i Srbije sa odgovarajućim industrijskim partnerima:

1. Laboratorija za bežične komunikacije i obradu informacija
- Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka u saradnji sa RT-RK i SE-DMS
2. Laboratorija za *IoT* mreže
- Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet u saradnji sa Cisco Srbija
3. Laboratorija za komunikacije mašina sa mašinama
- Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet u saradnji sa NiCAT klasterom
4. Laboratorija za *VoIP* servise
- Univerzitet u Tuzli, Elektrotehnički fakultet u saradnji sa kompanijama Bicom i BIT Centar
5. Laboratorija za telekomunikacije
- Univerzitet u Sarajevu, Elektrotehnički fakultet u saradnji sa kompanijom BIT Centar
6. Laboratorija za obradu signala u telekomunikacijama
- Univerzitet u Banjoj Luci, Elektrotehnički fakultet u saradnji sa kompanijama Bicom i AlfaNum.

Ove laboratorije i njihova saradnja sa industrijskim partnerima su u osnovi modernizacije studijskih programa za obrazovanje inženjera telekomunikacija u regionu. U tim laboratorijama će se odvijati sveobuhvatna saradnja sa industrijskim partnerima, vežbe će biti kreirane uz njihove savete, studenti će za završne radove dobijati komentore iz industrije, imaće širok izbor kompanija iz IKT sektora za studentsku praksu itd.

Brz razvoj u oblasti bežičnih komunikacija i prava eksplozija servisa zasnovanih na naprednim informaciono-komunikacionim tehnologijama, nametnuli su potrebu za redizajnom postojeće Laboratorije za bežične komunikacije i obradu informacija na Fakultetu tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu. Identifikovane su potrebe za nabavkom nove opreme kao što su: razvojne platforme za softverski definisan radio (*Software Defined Radio* - SDR) i odgovarajuće antene, serverski kapaciteti sa softverskom podrškom za virtualizaciju računarske i mrežne infrastrukture i NAS (*Network-Attached Storage*) skladišta za podatke. Njena implementacija u saradnji sa partnerima iz industrije ima za cilj da se obezbede adekvatni uslovi u kojima studenti kroz rad u realnim okruženjima poput virtuelnih mreža ili privatnog oblaka, mogu da provere teorijska znanja iz nastave, ali i steknu praktična iskustva u radu sa naprednim tehnologijama. Ovakva metodologija obrazovanja studenata, treba da omogući njihovo brzo uključivanje u proizvodne i poslovne procese u ovom segmentu industrije po završetku studiranja, ali i da kod nadarenih pojedinaca razvije motiv za istraživački rad u ovim oblastima.

3. UNAPREĐENJE METODOLOGIJE OBRAZOVANJA INŽENJERA TELEKOMUNIKACIJA

Deo aktivnosti na projektu usmeren je na inoviranje metodologije izvođenja nastave kroz pronalaženje i primenu novih metoda predavanja i učenja, o čemu će biti više reči u ovom odeljku. Partneri na projektu saglasili su se da metodologiju razvoja studijskih programa baziraju na procedurama i strukturi predstavljenoj u *ACM (Association for Computing Machinery)* preporukama za kurikuleme [5]. Na slici 1. prikazana je struktura korpusa znanja koja obuhvata 17 oblasti znanja, podeljenih u 3 hijerarhijska nivoa – u koju se uklapaju studijski programi iz oblasti telekomunikacija na svim univerzitetima na projektu. Tih 17 oblasti direktno su povezane s osnovnim kompetencijama i ishodima obrazovanja, kao što je opisano u dokumentu D1.1 koji predstavlja deo projektne dokumentacije, [6].



Slika 1. Inženjerstvo telekomunikacija obuhvata 17 oblasti znanja sa nastavnim jedinicama u okviru odgovarajućih predmeta

Svaka od tih 17 oblasti znanja ima svoj tematski fokus i obuhvata skup nastavnih jedinica (*knowledge units*) koje su direktno povezane s ishodima obrazovanja. Skup ishoda obrazovanja opisuje znanje i kompetencije koje studenti treba da dobiju iz pojedinih nastavnih jedinica i predmeta [7-8].

Na projektu BENEFIT su formirani timovi uglednih profesora podeljenih po datih 17 oblasti znanja u okviru kojih su predmeti u njihovoj nadležnosti. Njihova uloga je da usaglase i preciziraju opise pojedinih nastavnih jedinica, a time i potrebne ishode obrazovanja, sa ciljem da uspostave saradnju i sinergiju u postizanju željenih ishoda obrazovanja na predmetima u pojedinim oblastima znanja.

Pri razvoju novih i inoviranju postojećih predmeta na studijskim programima, učesnici projekta BENEFIT primeniće niz novih i inovativnih metodologija učenja koje su u poslednjim godinama prepoznate kao pogodne za podizanje kvaliteta nastave. Nove metodologije bazirane na učenju kroz rešavanje problema, učenju kroz takmičenja grupa studenata, učenju baziranom na istraživanju ili na patentima, zameni uloga studenata i predavača, realizaciji mini-projekata predloženih od strane industrije, rešavanje različitih izazova (*challenges*) – samo su primeri novih mogućnosti [3]. Nove metodologije biće podržane primenom savremene laboratorijske opreme. Primena programabilnog hardvera omogućiće realizaciju studentskih projekata koji predstavljaju pojednostavljene verzije sličnih projekata koji se danas realizuju u IKT industriji (npr. primena SDR uređaja za realizaciju ili unapređenje postojećih komunikacionih protokola). Industrijski partneri doprineće predlozima tema za realizaciju projekata, ali i učešćem u organizaciji takmičenja i hakatona (npr. Ericsson Nikola Tesla je organizator letnjeg kampa i takmičenja studenata, dok RT-RK organizuje brojne sadržaje i hakatone za studente u okviru konferencije ZINC).

4. NOVI I INOVIRANI PREDMETI U STUDIJSKOM PROGRAMU IKT I OBRADA SIGNALA

Pored inoviranja metodologije izvođenja nastave na projektu je predviđeno i inoviranje sadržaja postojećih predmeta, kao i uvođenje novih predmeta čiji bi sadržaj bolje pratio savremene trendove u oblastima telekomunikacija i obrade signala, a samim tim i potrebe i zahteve industrije.

Vreme potrebno za razvoj i implementaciju savremenih komunikacionih sistema značajno je skraćeno kroz primenu moćnih razvojnih okruženja (*Synopsys, Cadence*), koja omogućuju ekspeditivnu proveru koncepta i fino podešavanje performansi u okviru simulacionog modela. Kroz predmet „Modelovanje i simulacija komunikacionih sistema“ studenti razvijaju sposobnost predstave i simulacije komunikacionih entiteta na univerzalnoj računarskoj platformi i MATLAB okruženju, gde je cilj redukcija kompleksnosti uz očuvanje realnosti modelovanog procesa. Zahvaljujući programabilnim hardverskim platformama, delovi simuliranog procesa mogu biti „ubrzani“ kroz svoju hardversku realizaciju ili možemo doći do inicijalnog hardverskog prototipa celokupnog uređaja. Upotrebom SDR uređaja u okviru nove laboratorije studenti će jednostavno moći da pređu granicu između softverske simulacije i hardverske implementacije proizvoljnog radio primopredajnika.

Tehnološki razvoj u mnogim oblastima omogućio je agregaciju velikih količina podataka u svim segmentima savremenog društva. Razvoj 5G i IoT omogućio je praćenje mnogih fenomena u realnom vremenu, a samim tim i obim podataka koji značajno prevazilazi mogućnost manuelne analize. U okviru projekta BENEFIT predviđen je niz predmeta koji od početnog do naprednog nivoa pružaju znanja potrebna za upravljanje velikim količinama podataka, te izvlačenje znanja koja omogućavaju autonomno/adaptivno upravljanje procesima. Niz kurseva započinje u VII semestru osnovnih studija inoviranim predmetom „Mašinsko učenje 1“, koji uvodi osnovne pojmove u oblasti i osnovne algoritme nadgledanog učenja. Pored razumevanja teorijskih osnova algoritama i sposobnosti identifikacije i analize problema mašinskog učenja, relevantan ishod predmeta je i implementacija algoritama kroz računarske vežbe u programskom jeziku *Python*, kao i predmetni projekat. Novi predmet koji se nadovezuje u VIII semestru osnovnih studija „Mašinsko učenje 2“ uvodi novije algoritme nadgledanog učenja, nenadgledano i polunadgledano učenje kroz prizmu primene za rešavanje problema u oblastima telekomunikacija i obrade signala. Skaliranje znanja na veće količine podataka, prvenstveno u segmentu upravljanja i obrade, predviđeno je na master nivou studija kroz predmet „*Big Data* – upravljanje i analiza“ [9]. Virtuelno skladištenje velike količine podataka, distribuirani fajl sistemi, *MapReduce* i traženje učestalih obrazaca samo su neke od aktuelnih tema koje se obrađuju. Na master modulu Obrada signala na ove nove/inovirane predmete oslanjaju se predmeti Kompjuterska vizija i Govorne tehnologije, koji pokrivaju primene konvolucionih i rekurentnih dubokih neuronskih mreža u obradi slike/ videa i govora.

U predmetu Analiza procesa i podataka na mrežama studenti će upoznati i koristiti metodologiju nauke o mrežama (*Network science*) za dizajn efikasnijih i robusnijih mrežnih protokola i algoritama, kao i samih topologija [10]. Takođe, drugi domen primene činiće i analiza podataka sa različitih vrsta mreža (primarno komunikacionih i senzorskih). Studentski projekti u okviru predmeta će biti definisani u smeru aplikacija: Industrijski IoT (distribuirano upravljanje), *edge computing* (distribuirano mašinsko učenje i zaključivanje), i analitike nad mrežnim podacima (na primer, analiza podataka sa pametnih brojlara, u *smart grid* aplikacijama). Projektna rešenja biće implementirana u programskom jeziku *Python* (u domenu analize mrežnih podataka) [9], odnosno na USRP (*Universal Software Radio Peripheral*) platformama (u domenu dizajna efikasnih i robusnih komunikacionih sistema).

Aspekte fleksibilnih hardverskih platformi i veštačke inteligencije studenti će kombinovati u okviru predmeta „Kognitivni radio“, gde se proces kognicije primenjuje na radio okruženje koje deli veći broj nekoordinisanih terminala. Na osnovu individualnog uvida u postojeću situaciju i prava pristupa, kognitivni terminali nastoje da povećaju iskorišćenost spektralnih resursa. Pošto SDR funkcionalnost predstavlja osnovu „pametnog“ radija, predmet pored algoritama vezanih za monitoring spektra i odlučivanje o budućim akcijama, izučava i SDR arhitekturu, bazirajući se na *National Instruments/ Ettus* USRP platformi kojom se laboratorija oprema.

5. ZAKLJUČAK

Projekat BENEFIT nastao je kao odgovor na savremene tehnološke trendove (5G, IoT, *Cloud*, *Smart Grid*) koji iziskuju transformaciju klasičnog profila telekomunikacionog inženjera u eksperta u domenu informaciono-komunikacionih tehnologija osposobljenog za multi-disciplinarno razmišljanje i saradnju sa ekspertima iz drugih oblasti. Kroz ovaj projekat, Katedra za telekomunikacije i obradu signala nastoji da u okviru značajno proširene i unapređene oblasti telekomunikacija redefiniše optimalan odnos između fundamentalnih i praktičnih znanja, stečenih u okvirima formalnog obrazovanja. Projekat otvara novi prostor za kreiranje konkretnih praktična znanja, potrebnih lokalnim ICT preduzećima, sa ciljem uvećanja kompetencije budućih inženjera. Kroz nabavku nove opreme, inoviranje sadržaja predmeta i metodologije izvođenja nastave podiže se kvalitet ovog obrazovnog profila i harmonizuje sa najvišim evropskim standardima i potrebama industrije i društva.

6. LITERATURA

- [1] M. Shafi et al., *5G: A Tutorial Overview of Standards, Trials, Challenges, Deployment, and Practice*, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 35, no. 6, pp. 1201-1221, June 2017.
- [2] V. Petrov et al., *When IoT Keeps People in the Loop: A Path Towards a New Global Utility*, IEEE Communications Magazine, vol. 57, no. 1, pp. 114-121, January 2019.
- [3] ERASMUS+KA2 project *Boosting the telecommunications engineer profile to meet modern society and industry needs (BENEFIT)*. Available on Internet: <https://www.project-benefit.eu>.
- [4] *Zajednička web platforma partnera na projektu BENEFIT*. Internet stranica: <http://benefit.ferit.hr>.
- [5] ACM: *Curricula Recommendations: Computer Engineering Guidelines*, 2016. Available on Internet: <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/ce2016-final-report.pdf>.
- [6] D1.1: *Consolidated ex-ante analysis and guidelines aimed at boosting the telecommunications engineer profile including a projection of needs for ICT engineers in the future*. 2018. Available on Internet: https://www.project-benefit.eu/?page_id=15.
- [7] Mary Forehand, *Bloom's taxonomy*, *Emerging perspectives on learning, teaching, and technology* 41 (2010): 47.
- [8] Benjamin S. Bloom, *Taxonomy of educational objectives*, Vol. 1: Cognitive domain. NY: McKay (1956): 20-24.
- [9] Guido Caldarelli and Alessandro Chessa, *"Data Science and Complex Networks: Real Case Studies with Python"*, Oxford University Press, 2016.
- [10] Albert-László Barabási, *"Network Science"*. [Online]. Available: <http://networksciencebook.com/>, 2016