

Trajnostni pristopi k satelitskemu teleportu

Vid Vrh¹, Rok Marko Šter¹, Luka Kavčič¹, Jaša Vid Meh Peer¹, Mihael Zeme¹, Jan Luka Verček¹, Neja Flogie², Luka Mlakar², Andraž Pavliha³, Grega Blatnik³, Marko Jankovec¹, Polona Pavlovčič Prešeren², Boštjan Batagelj¹

¹ Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška cesta 25, 1000 Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana, Slovenija

³ STN STORITVE d. o. o., Kidričeva ulica 22a, 1233 Dob, Slovenija

E-pošta: bostjan.batagelj@fe.uni-lj.si

Povzetek. Satelitske komunikacije so ključne za razvoj sodobne informacijsko-komunikacijske družbe. Hitro širjenje satelitskih komunikacijskih sistemov v zadnjih desetih letih je povzročilo povečano povpraševanje po učinkovitih in trajnostnih napravah za satelitski teleport. Ta pregledni članek proučuje inovativne pristope in tehnologije, namenjene zmanjšanju okoljskega odtisa in optimizaciji operativne učinkovitosti satelitskih teleportov. Osredotoča se na primer teleporta podjetja STN. S povzemanjem trenutnih raziskovalnih ugotovitev in panožnega razvoja ta članek strokovnjakom za satelitsko komunikacijo omogoča pregled za delo na presečišču tehnološkega napredka in okoljske odgovornosti na področju satelitskih teleportov.

Ključne besede: trajnostne satelitske komunikacije, infrastruktura satelitskega teleporta, integracija obnovljivih virov energije, operativna učinkovitost v telekomunikacijah

Sustainable approaches to satellite teleport

The satellite communication is the key to the development of the modern information and communication society. The rapid proliferation of the satellite communication systems over the last decade has led to an increased need for efficient and sustainable satellite teleport facilities. The paper examines innovative approaches and technologies aimed at minimizing the environmental footprint and optimizing the operational efficiency of satellite teleports. It focuses on the STN teleport. By reviewing the current research and industry developments, the paper provides an overview for satellite communications professionals to work at the intersection of the technological advancement and environmental responsibility in the satellite teleport sector.

Keywords: sustainable satellite communications, satellite teleport infrastructure, renewable energy integration, operational efficiency in telecommunication

1 UVOD

Telekomunikacijski port, skrajšano teleport, je stalna zemeljska postaja, ki deluje kot povezovalni objekt za komunikacijo med sateliti v zemeljski tirnici in prizemnim telekomunikacijskim omrežjem. [1] Osnovna naloga teleporta, katerega primer je prikazan na sliki 1, je stalna oddaja komunikacijskega signala z Zemlje na satelit, pri tem pa je pomemben tudi sprejem signalov s satelita, na osnovi česar se izvaja nadzor kakovosti oddaje. Cilj satelitskih komunikacij je namreč poslati signal najboljše kakovosti z najmanjšo porabo moči in najmanjšo pasovno širino s pomočjo najenostavnejše

strojne opreme. [2] Pri tem je zelo pomembna tudi zanesljivost delovanja, saj ima vsaka sekunda nedelovanja storitev finančne posledice za odgovornega deležnika.



Slika 1: Satelitski teleport podjetja STN storitve d. o. o. [3]

Satelitske komunikacijske tehnologije so po izstrelitvi prvega komunikacijskega satelita Telstar pred pol stoletja povzročile pravo komunikacijsko revolucijo [4], ki je omogočila razvoj današnje informacijske družbe. Prenos informacijskih podatkov prek umetnih satelitov se vsem uporabnikom telekomunikacijskih storitev danes zdi samoumeven. Še bolj pa se bo približal ljudem v šesti generaciji (6G) javnih mobilnih omrežij, ko se bo sleherni uporabnik na Zemlji lahko s svojim mobilnim

telefonom neposredno povezal v nezemeljsko omrežje (angl. Non-Terrestrial Network – NTN) [5, 6]. Večje število satelitov bo povečalo tudi število teleportov, ki morajo postati okolju prijaznejši.

V tem preglednem članku so predstavljeni inovativni pristopi in tehnologije, ki so namenjeni zmanjšanju okoljskega odtisa in optimizaciji operativne učinkovitosti satelitskih teleportov. V naslednjem odseku je splošno obravnavana trajnost satelitskih sistemov. Sledi predstavitev idejnih zasnov, ki zajemajo trenutne raziskovalne ugotovitve in panožni razvoj na področju trajnostnih satelitskih teleportov. Članek se zaključuje s podanimi sklepnimi ugotovitvami.

2 TRAJNOST SATELITSKIH SISTEMOV

Satelitski sistemi in omrežja porabijo velike količine virov, od električne energije do surovin. Električna moč za delovanje satelitskih telekomunikacijskih omrežij je ogromna. Medtem ko je vesoljski del omrežja na nivoju vsakega posameznega satelita, če ne upoštevamo energije, porabljene za izstrelitev, energetsko samovzdržen, zemeljski del ne deluje sonaravno. Seveda večji del porabe pripada končnim uporabnikom, ki jih je veliko, vendar se moramo usmeriti predvsem k temu, da tudi sam satelitski teleport postane energetsko učinkovitejši in trajnosten. Leta 2022 je teleport STN porabil 2.000 megavat ur električne energije.

Na trajnost satelitskih sistemov lahko gledamo z dveh vidikov. Prvi je, kako narediti satelitski ekosistem bolj trajnosten, drugi pa, kako lahko uporabljamo satelitske sisteme in omrežja za to, da naredimo druga področja uporabe in druge industrije bolj trajnostne. V tem članku se ukvarjamo s prvim, čeprav je tudi slednji zelo pomemben družbeni dejavnik, ki uporablja satelitske storitve v kombinaciji z umetno inteligenco [7–9] in velikim številom uporabniških naprav [10].

3 IDEJNE ZASNOVE ZA TRAJNOSTNI TELEPORT

Trajnostni teleport, ki vključuje zmanjšanje okoljskega vpliva satelitskih komunikacij ter zagotavljanje zanesljive in učinkovite povezave, lahko zasnujemo z uporabo zelenih tehnologij, uvajanjem energetsko učinkovite telekomunikacijske opreme in optimizacijo sodelovanja med teleporti.

3.1 Uporaba zelenih tehnologij

Uporaba zelenih tehnoloških pristopov za električno napajanje teleporta poleg obnovljivih virov sončne in vetrne energije lahko vsebuje tudi gorivne celice in vodikove tehnologije. Rešitve je najbolj smiselno implementirati skupaj s shranjevalniki energije, kot so baterije ali kondenzatorji, kjer se shrani odvečna energija, da se jo uporabi, ko obnovljivi viri niso na voljo.

Pred uvedbo zelenih tehnologij je treba proučiti električno porabo teleporta. Pri tem je smiselno najti glavne porabnike in pogledati, kako se poraba električne energije spreminja skozi čas. Cilji so lahko različni, od zmanjšanja porabe električne energije do prevedbe celotnega podjetja ali vsaj njegovega manjšega dela na samozadosten način delovanja. Največkrat v teleportu glavna poraba električne energije odpade na strežniško sobo, ki jo prikazuje slika 2, in klimatski sistem za hlajenje celotne strojne opreme. Ker teleport deluje 24 ur na dan ter 7 dni v tednu in ima izjemno kratek čas nedelovanja, je celotna poraba skozi čas sorazmerno konstantna. Seveda je treba izpostaviti, da je poraba klimatskega sistema manjša v zimskih mesecih, saj je zaradi nižjih zunanjih temperatur potrebnega manj hlajenja.



Slika 2: Strežniška soba podjetja STN storitve d. o. o. [3]

Največkrat je najenostavnejša ideja za trajnostni teleport postavitev sončne elektrarne na poslopih podjetja ali v okolici, česar se že poslužujejo nekateri ponudniki [11]. Tovrstna elektrarna lahko proizvaja energijo neposredno za hlajenje strojne opreme. V ta namen si je treba najprej ogledati strešno površino in oceniti možnosti izvedbe, potem pa sledita izbira primernih površin in izračun površine. V primeru teleporta STN ima celotno podjetje približno 1.500 m² strešnih površin, ki so usmerjene predvsem proti jugu. Zaradi dejstva, da je celotna površina sestavljena iz veliko manjših delov, med katerimi je razdalje tudi do 50 metrov, in bi bilo zaradi tega težko povezati vse v en sistem, bi bilo učinkoviteje izdelati sončno elektrarno samo na glavni stavbi podjetja, ki ima približno 1.200 m² strešnih površin. Za načrtovanje postavitve sončnih panelov se lahko uporabi program SolarEdge Designer, s katerim je mogoče preizkusiti in primerjati različne orientacije sončnih panelov.

Ker sončni paneli zagotavljajo električno energijo samo ob primernih sončnih dnevih, je smiselno razmisliti tudi o tem, kako zagotoviti hlajenje strežniške sobe čez noč in ob dnevih z nižjo osončenostjo. Seveda še vedno

ostaja možnost napajanja iz elektroenergetskega omrežja, vendar se je temu v sklopu trajnostne izvedbe smiselno izogniti. Običajno bi se sistemu v takem primeru dodalo baterijske postaje za shranjevanje odvečne energije ob sončnih dnevih. Obstoječ baterijski sistem 600 kVA podjetja STN (slika 3) ima vlogo brezprekinitvenega napajanja (angl. uninterruptible power supply – UPS) in je namenjen zagotavljanju električne energije ob morebitnem izpadu elektroenergetskega omrežja. Baterijski sistemi pomenijo tudi zelo velik denarni vložek ter potrebujejo redne preglede in občasne menjave. Zato je smiselno razmisliti o drugih načinih shranjevanja energije in raziskati shranjevanje toplotne energije (angl. Thermal Energy Storage – TES), ki temelji na hranjenju energije za poznejšo rabo. Obstaja več izvedb, ki se razlikujejo po velikosti, mediju, temperaturi in viru. V tem primeru je pristop nekoliko drugačen, saj se ne shranjuje toplotna energija, ampak bi se shranjevala predhodno ohlajena voda, ki bi se pozneje uporabila za neposredno hlajenje strojne opreme.



Slika 3: 600 kVA UPS v podjetju STN storitve d. o. o. [3]

Osnovni vir energije je Sonce oziroma sončna energija, ki bi z uporabo toplotne črpalke ohlajala izbrani medij. Primeren medij bi bila voda, saj ima zelo veliko specifično toploto, $4.200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, je poceni in omogoča tudi enostavno shranjevanje. V nasprotju z litijevimi baterijami je voda lokalno dostopen in ekološki način shranjevanja energije. Seveda neposredno vodno hlajenje pomeni, da bi bilo treba predelati IT-opremo v strežniški sobi. To sicer zahteva začetni vložek, vendar o takem pristopu že razmišljajo pri novejših podatkovnih centrih [12]. Ohlajeno vodo je smiselno hraniti v vodnem bazenu, ki mora biti ustrezno velik glede na porabo strežniške sobe, da temperatura vode v določenem časovnem obdobju ne preseže maksimalne temperature, ki bi omogočala potrebno ohlajanje strojne opreme.

3.2 Uporaba energetsko učinkovite informacijsko-komunikacijske opreme

Pri porabi energetsko učinkovite opreme informacijsko-telekomunikacijskih tehnologij (IKT), ki pripomore k

zmanjšanju porabe količine energije, potrebne za napajanje teleporta, se rešitve lahko iščejo v sodobnih pristopih informacijske tehnologije (IT) ali izboljšanju telekomunikacijskih (TK) tehnik, vključno s povečanjem učinkovitosti anten in postopkov sledenja satelitom.

V industriji IKT sta dobra praksa za optimalno izkoriščanje virov virtualizacija in orkestracija strežnikov s hipervizorjem. Hipervizor je vrsta vdlane računalniške programske ali strojne opreme, ki ustvarja in poganja virtualne stroje. Med glavnimi nalogami so avtomatizacija upravljanja z virtualnimi strežniki na gostiteljskih strojih, enostavnejša skalabilnost, učinkovito razporejanje procesov po strojni opremi, kar vodi v nižjo porabo električne energije, in manjši strežniški odtis. Hipervizor lahko neaktivne gostitelje virtualiziranih strežnikov začasno dezaktivira in tako zniža energijsko porabo. Pri dinamičnem dodeljevanju virtualnih pomnilnikov gre za to, da pomnilnik dodeljuje navideznim strežnikom, ko ga ti potrebujejo, zato je lažje upravljati diskovno polje, obenem pa je mogoč gladek premik podatkov iz ene fizične pomnilniške naprave v drugo, prav tako zato, da se slabo izkoriščene strežnike avtomatično dezaktivira.

Če učinkovitost porabe energije v strežniku (angl. Server Power Usage Effectiveness – SPUE) opredelimo kot razmerje med celotno energijo, potrebno za obratovanje strežniške opreme, in dejansko porabljeno energijo strežniške opreme [13], je nedvomno cilj zmanjšati energijsko porabo strežnikov, saj zmanjšanje porabe za napajalnike in hlajenje spada v predhodno podpoglavje. Manjšo porabo strežniške opreme je mogoče doseči z njeno posodobitvijo v novejšo in učinkovitejšo. Po pregledu raziskav se izkaže, da je zaradi tehnološkega napredka procesorskih enot lahko napredek energijske učinkovitosti v dveh letih kar 50-odstoten [14]. Zato je zelo smiselno opravljati redne preglede strežniške opreme na trgu in izvesti oceno, kako hitro bi se povrnila investicija v novo, energijsko učinkovitejšo opremo.

Na področju TK-opreme je nove pristope mogoče izvesti z vpeljavo novih antenskih rešitev. V satelitskih komunikacijah je treba antene, ki podatke pošiljajo na satelit, ustrezno usmeriti proti satelitu. Žal sateliti zaradi kvarnih vplivov ne ohranjajo enake tirnice dlje časa, zato jim je treba z Zemlje aktivno slediti. V ta namen sateliti uporabljajo radijski svetilnik, ki je v praksi frekvenčno ozek signal kontinuiranega valovanja (angl. Continuous Wave – CW), za sprejem katerega na Zemlji potrebujemo namenski sprejemnik. Signal iz namenskega sprejemnika je nadalje povezan s sistemom za obračanje antene. Pri odločanju, kam je treba obrniti anteno, da bo ta kar najbolj natančno usmerjena v satelit, trenutni sistem išče največjo sprejeto moč radijskega svetilnika.

Če bi namesto radijskega svetilnika za sledenje satelitu uporabljali kar signal, ki ga satelit oddaja uporabnikom na Zemlji, pa bi to lahko pripomoglo k bolj trajnostnemu teleportu, predvsem pa zmanjšalo porabo električne moči na satelitu. Pri tem bi namesto izrazito usmerjene antene uporabili takšno, ki ima širši glavni

snop z globokim minimumom v sredini [15], s katero bi namesto največje moči sprejetega oddajane signala iskali najmanjšo sprejeto moč.

Orientiranje antene po najmanjši sprejeti moči ima tudi druge prednosti. Pri majhnih premikih okoli minimuma so spremembe prejete moči večje kot pri majhnih premikih okoli maksimuma, kar omogoča, da natančneje določimo lokalni ekstrem funkcije. To pomeni, da bi lahko anteno naravnali še natančneje, kot to omogočajo trenutne tehnike namerjanja anten. Z večjo natančnostjo bi lahko povečali tudi smernost antene, kar na drugi strani pomeni, da bi lahko zmanjšali oddajno moč zemeljske antene, to pa je povsem v skladu s konceptom trajnostnega teleporta.

3.3 Uvajanje sodelovanja med teleporti

Satelitski teleporti so danes nameščeni na zemeljski obli glede na nekatere poslovno-ekonomske namene, ki se pri nameščanju niso ozirali na trajnostne vidike. Proučiti je smiselno možnosti integriranega sodelovanja med teleporti in umeščanje novih teleportov v prostor.

Ker je treba ob večjih intenzitetah padavin in neurjih povečati oddajno moč signala, s katerim se pošilja podatke na satelit, je smiselno raziskovati tudi trende vremenskega stanja v okolici teleporta. Nadalje je smiselno analizirati, ali v Sloveniji obstaja primernejši kraj za postavitev teleporta, predvsem z vidika podatkov o številu letnih neurij. Najprimernejša lokacija za teleport je tista z najmanj neurji. V ta namen je treba najprej poiskati arhivske podatke izbranih vremenskih postaj, potem pa jih je treba ustrezno interpolirati na območje celotne Slovenije. V analizo je smiselno vključiti tudi digitalni model reliefa, s pomočjo katerega je mogoče poiskati čim bolj ravno površje, ki je zahtevano za izgradnjo novega ali pomožnega teleporta, kamor bi bil preusmerjen promet v primeru vremenskih nepravil na lokaciji osnovnega teleporta. Pri izbiri lokacije je treba upoštevati tudi topografijo terena, da se zagotovita stabilnost in trajnost postavitve teleporta. Dodatno je pomembno oceniti potresno varnost lokacije, da se preprečijo morebitna škoda in izgube zaradi potresov. Primerne lokacije za izgradnjo novega ali pomožnega teleporta so tiste z ugodno topografijo, ki omogočajo preprosto gradnjo in vzdrževanje infrastrukture ter hkrati zagotavljajo zanesljivo delovanje v vseh vremenskih okoliščinah in ob drugih naravnih nevšečnostih.

Poleg omenjene lokalne rešitve je pametno razmišljati tudi globalno. Teleport podjetja STN v Domžalah je namreč vključen v svetovno organizacijo WTA (angl. World Teleport Association), v katero so združene postaje po vsem svetu. Zanimiva je ideja, da bi postaje znotraj organizacije med seboj začele sodelovati in bi ob daljših vremensko nestabilnih pogojih na nekem območju podatke pošiljale na drug bližnji teleport ter jih posredno oddajale od tam. Tako bi lahko zaradi manjše moči prav tako zmanjšali porabo energije, potrebne za oddajo podatkov. Predpogoj pri tej rešitvi je, da se z dveh sosednjih zemeljskih postaj vidijo isti sateliti.

Optimizacija oddajne točke za satelit je potrebna, ker je slabljenje radijske zveze med geostacionarnim satelitom in izbranim teleportom na Zemlji različno. Sodelujoča mreža teleportov bi pripomogla k izboljšanju energetskega izkoristka. Ne glede na vremenske pojave v ozračju bi na primer neki zemeljski teleport ob visokem slabljenju zveze zaradi velike oddaljenosti od satelita preusmeril promet na teleport z boljšo povezavo. Teleport, ki stoji na ekvatorju, sprejme z geostacionarnega satelita 20 % manj moči, če je satelit na elevaciji 15°, kot če bi se nahajal neposredno v zenitu. Smiselno je razmišljati tudi, da bi imeli teleporte postavljene čim bolj na gosto, vendar na lokacijah, ki bi bile ustrezno izbrane glede na geografsko lego in vremenske pojave. Z energetskega vidika prav tako ni smiselna uporaba signalov visokih frekvenc, saj se v primeru dežja poveča absorpcijsko slabljenje. S tega stališča je zelo na mestu tudi razmislek o ustrezno izbranih oddajnih frekvencah.

4 ZAKLJUČEK

Bliskovit razvoj satelitskih storitev kratko malo zahteva čedalje bolj ažurno uvajanje zelenih tehnologij ter posodabljanje obstoječih rešitev v teleportih.

Med vsemi poznanimi rešitvami za trajnostni teleport, ki so pregledane v tem prispevku, k temu nedvomno najbolj prispeva uvajanje zelenih okoljskih tehnologij, kjer prednjači uvajanje obnovljivega vira sončne energije z ustreznimi možnostmi za shranjevanje električne energije. Prispevek podaja tudi možnost akumuliranja hladilne tekočine, kar je lahko inovativni pristop pri izgradnji podatkovnih centrov. Predstavljeno uvajanje zelenih tehnologij prispeva k povečani avtonomiji teleporta ter s tem zmanjšuje verjetnost nedelovanja storitev in povečuje zanesljivost delovanja.

Na področju IKT lahko optimizacija zadeva IT-opremo in TK-opremo. Energetsko učinkovitost IT-opreme je mogoče doseči z virtualizacijo in zmanjševanjem porabe strežnikov. Energetsko učinkovitost TK-opreme je mogoče doseči z inovativnimi antenskimi sistemi.

Tudi sprememba poslovnih pristopov med teleporti lahko prispeva k doseganju trajnostnih ciljev. Teleporti si na trgu danes pomenijo konkurenco, čeprav bi za zmanjšanje porabe električne energije morali med seboj sodelovati. Predvsem je tu pomembna optimizacija minimalne razdalje med teleportom in satelitom ter prevzem oddaje v primeru izrednih vremenskih pojavov, ki so žal v zadnjem času vse bolj izraziti.

ZAHVALA

Delo je nastalo v študentskem projektu za trajnostni razvoj 2023 »Trajnostni teleport«, ki ga financira Univerza v Ljubljani v okviru ukrepa RSF »Vključevanje lokalnih, regionalnih in globalnih izzivov trajnostnega razvoja, interdisciplinarnosti in STEAM pristopov v študijski proces«.

LITERATURA

- [1] Gerard Maral, Michel Bousquet, Zhili Sun, *Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology*, 5th Edition, ISBN: 978-0-470-71458-4, December 2009.
- [2] TR-34; *Satellite Equipment & Systems*, <https://standards.tiaonline.org/all-standards/committees/tr-34>
- [3] Spletna stran podjetja STN storitve d.o.o. <https://www.stn.eu/>
- [4] Boštjan Batagelj. *Satelitske komunikacije: študijsko gradivo*. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2013. http://iso.fe.uni-lj.si/studij/skn/gradivo/satelitske_komunikacije%20_Batagelj.pdf
- [5] Martin Vošnjak. *Satelitske mobilne storitve z neposredno povezljivostjo: diplomsko delo : univerzitetni študijski program prve stopnje Elektrotehnika*. Ljubljana, 2023. <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=151241>.
- [6] M. M. Azari et al., "Evolution of Non-Terrestrial Networks From 5G to 6G: A Survey," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 4, pp. 2633-2672, Fourthquarter 2022, doi: 10.1109/COMST.2022.3199901.
- [7] Fourati F, Alouini M-S. Artificial intelligence for satellite communication: A review. *Intelligence and Converged Networks*, 2021, 2(3): 213-243. <https://doi.org/10.23919/ICN.2021.0015>
- [8] T. Naous, M. Itani, M. Awad and S. Sharafeddine, "Reinforcement Learning in the Sky: A Survey on Enabling Intelligence in NTN-Based Communications," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 19941-19968, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3236801.
- [9] A. Iqbal et al., "Empowering Non-Terrestrial Networks With Artificial Intelligence: A Survey," in *IEEE Access*, vol. 11, pp. 100986-101006, 2023, doi: 10.1109/ACCESS.2023.3314732.
- [10] M. Vaezi et al., "Cellular, Wide-Area, and Non-Terrestrial IoT: A Survey on 5G Advances and the Road Toward 6G," in *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 24, no. 2, pp. 1117-1174, Secondquarter 2022, doi: 10.1109/COMST.2022.3151028.
- [11] Expanding Europe's Green Energy Sector, <https://www.ses.com/case-study/euroskypark>
- [12] Cooling Options for Data Centers, <https://www.vertiv.com/en-emea/solutions/learn-about/liquid-cooling-options-for-data-centers/>
- [13] N. Horner and I. Azevedo, "Power usage effectiveness in data centers: Overloaded and underachieving," *The Electricity Journal*, vol. 29, no. 4, pp. 61-69, 2016. doi:10.1016/j.tej.2016.04.011
- [14] H. Coles, Y. Qin, and P. Price, Comparing server energy use and efficiency using small sample sizes, 2014. doi:10.2172/1163229
- [15] P. Miklavčič, M. Vidmar, B. Batagelj, Patch-monopole nonpulse feed for deep reflectors. *Electronics letters*. 2018. Vol. 54, no. 24, p. 1364-1366.

Vid Vrh je študent 2. letnika magistrskega študijskega programa 2. stopnje elektrotehnika na smeri Informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani.

Rok Marko Šter je študent 2. letnika magistrskega študijskega programa 2. stopnje elektrotehnika na smeri Informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zanimajo ga razvoj celostnih rešitev in spletnih aplikacij, digitalna obdelava slikovnih signalov, vizualizacija podatkov ter kibernetna varnost.

Luka Kavčič je študent 2. letnika magistrskega študijskega programa 2. stopnje elektrotehnika na smeri Elektronika na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zanimata ga načrtovanje zahtevnejših in inovativnih tiskanih vezij ter iskanje optimalnih rešitev. Ukvarja se s programiranjem vgradnih sistemov in razvojem celotnih produktov s poudarkom na nizki porabi in zanesljivosti.

Jaša Vid Meh Peer je študent 2. letnika magistrskega študijskega programa 2. stopnje elektrotehnika na smeri

Elektronika na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Zanima ga delo, povezano z novimi in inovativnimi izzivi na področju fotovoltaike, in sicer predvsem testiranje sončnih panelov. Ukvarja se z načrtovanjem vezij stikalnih pretvornikov za sledenje točki maksimalne moči in skeniranje karakteristike U-I.

Mihael Zeme je študent 3. letnika visokošolskega strokovnega študijskega programa 1. stopnje Aplikativna elektrotehnika na smeri Informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani.

Jan Luka Verček je študent 3. letnika visokošolskega strokovnega študijskega programa 1. stopnje Aplikativna elektrotehnika na smeri Informacijsko komunikacijske tehnologije (IKT) na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani.

Neja Flogie je študentka 3. letnika univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje Geodezija in geoinformatika na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Luka Mlakar je študent 3. letnika univerzitetnega študijskega programa 1. stopnje Geodezija in geoinformatika na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani.

Andraž Pavliha je inženir telekomunikacij, zaposlen v podjetju STN storitve d. o. o., kjer kot sistemski inženir skrbi za nadzor in upravljanje tehnične opreme sprejemno oddajnih verig, playout sistemov in nadzornih programov NMS.

Grega Blatnik je po izobrazbi računalniški tehnik, v podjetju STN storitve d. o. o. zaposlen v vlogi IT/network inženirja z nalogo skrbeti za vso IT- in mrežno infrastrukturo ter podporo vsem zalednim sistemom video-avdio distribucije.

Marko Jankovec je izredni profesor na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Raziskovalno delo opravlja na Katedri za elektroniko v Laboratoriju za fotovoltaike in optoelektroniko, kjer se ukvarja z razvojem elektronskih merilnih sistemov za karakterizacijo in dolgoročno spremljanje delovanja fotovoltaičnih gradnikov v različnih pogojih delovanja.

Polona Pavlovčič Prešeren je izredna profesorica na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani. Deluje na Katedri za matematično in fizikalno geodezijo ter navigacijo, kjer se ukvarja z uporabo globalnih satelitskih navigacijskih sistemov v visoko natančnem določanju položaja.

Boštjan Batagelj je izredni profesor na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Raziskovalno delo opravlja na Katedri za informacijsko komunikacijske tehnologije v Laboratoriju za sevanje in optiko, kjer se ukvarja s fizičnim nivojem prenosnih in dostopovnih telekomunikacijskih omrežij, zasnovanih na radijski in optični tehnologiji.