

**NADZOR I UPRAVLJANJE MAŠINOM UPOTREBOM VIRTUELNE REALNOSTI
MACHINE MONITORING AND CONTROLLING USING VIRTUAL REALITY**Arpad Pletikosić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

Kratak sadržaj – Tema ovog rada jeste ispitivanje mogućnosti virtuelnog okruženja za prikaz stvarnog stanja mašine. Razvijeni model virtuelne slike mašine, koji se prikazuje pomoću VR naočara, će obezbediti lakše nadgledanje i upravljanje mašinom, kao i jednostavniju obuku novih radnika.

Ključne reči: Mehatronika, Virtuelna realnost, Industrija 4.0

Abstract – The topic of this paper is to examine the possibility of a virtual environment to display the actual state of the machine. The development model of the virtual machine which is presented with the virtual glasses of the image of the machine, which is displayed using VR glasses, will provide easier monitoring and control of the machine, as well as easier training of new workers.

Keywords: Mechatronics, Virtual reality, Industry 4.0

1. UVOD

Četvrta industrijska revolucija je neosporno najviše pominjana tema u poslednjim godinama. Ovaj termin integriše sva dostignuća današnjice u svim segmentima automatizovane proizvodnje. Od samih automatizovanih mašina, sa ugrađenom mašinskom inteligencijom, mogućnostima umrežavanje, integracije, organizacije i reorganizacije proizvodnje u realnom vremenu, upravljanje i nadzor mašina sa udaljene lokacije, akviziciju podataka, optimizaciju i još mnogo drugih aspekata, koji su do pre desetak godina u potpunosti bila nezamisliva.

Zadatak ovog master rada je da se istraže mogućnosti upotrebe virtuelne stvarnosti (VR - Virtual Reality) za obuku radnika i za nadzor i upravljanje mašinom sa udaljene lokacije i da se napravi 3D verzija jedne mašine. U prvoj varijanti upotrebe VR bi mogao obezbediti nadgledanje rada mašine u realnom okruženju od strane operatera ili servisera koji je u tom trenutku udaljen od mesta gde se mašina nalazi, a u drugoj varijanti bi virtualna slika mašine mogla da bude korištena prilikom obuka za korišćenje mašine. Stručna osoba bi na ovaj način mogla da izvrši uvid u realno stanje mašine, da odabere deo mašine koje ga interesuje, da pozove i pogleda tehničku dokumentaciju za datu mašinu, ili da samostalno istestira mašinu.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Laslo Tarjan, docent.

Cilj ovog rada jeste i da se proveri da li doživljaj korisnika može da bude kao da je u stvarnim okolnostima, ili ova iluzija još uvek nije moguća.

Potreba za virtuelnim servisiranjem i nadgledanjem rada mašine je nastala zbog problema učestalih potreba za uključivanjem servisera proizvođača prilikom neplaniranih servisa (havarije, greške, itd.), naročito kod mašina stranog porekla gde servisna ekipa dolazi iz druge države ili sa drugog kontinenta, što povećava vreme odziva a i troškove takvog održavanja. Pristupanje mašini uz korišćenje VR omogućio bi efikasnije korišćenje ljudskih resursa u mreži servisera i na ovaj način bi se povećao odziv servisera iz inostranstva, pa bi i cena koštanja bila manja što zbog brže intervencije to zbog jeftinijih „izlazaka na teren“ jer bi se naplaćivao samo koristan rad stručne osobe a ne i putni troškovi, a samim tim bi se i zauzetost stručne osobe smanjila. Ideja je da se kontaktira mreža servisera, i oni iz svoje kancelarije uz pomoć VR naočara pristupe mašini, kao da su pored nje, i pokušaju da upravljaju mašinom, ustanove kvar, i na kraju reše kvar.

2. INDUSTRIJA 4.0

Posle prve tri industrijske revolucije (parna mašina, pojava struje, pojava kompjuterizovanih sistema) trenutno živimo vek četvrte industrijske revolucije. Ovo znači novi pristup proizvodnim sistemima u vidu rukovanja materijalom, praćenje pojedinačnih proizvoda, vid sastavljanje proizvodne linije [1].

Pojava novih proizvođača robotskih manipulatora donosi sa sobom smanjenje cena tih manipulatora. Posledica ove pojave je veći nivo automatizacije unutar proizvodnih sistema što omogućava brži i efektivniji razvoj industrijskih sistema za rukovanje materijalom. Više nije neophodno instalirati veći broj manipulatora ukoliko se želi razdeliti jedna proizvodna linija u više linija, već se adekvatnim načinom prepoznavanja određenih vrsta sirovina uz pomoć jedne robotske ruke može obaviti zahtevani posao. Primenom novog načina upotrebe i organizacije resursa smanjuje se potreba za angažovanjem običnih radnika (koji obavljaju proste monotone poslove) na proizvodnoj liniji [2], koji se prekvalifikuju u radnike za nadzor rada mašine i povećava se potreba za većim brojem radnika za održavanje mašine koji imaju sve manje vremena za rešavanje ne planiranih havarija, jer se brzina i kapacitet proizvodnje povećava.

Sve veći akcenat se stavlja na preventivno održavanje, da bi se neplanirani prekidi izbegli. Optimizacija i reorganizacija proizvodnih linija, u cilju lakšeg rukovanja materijalom, dovela je do pojave fleksibilnije automatizacije i organizacije proizvodnje, gde linije nisu tako krute kao pre, već imaju mogućnosti zamene toka i načina funkcio-

nisanja, kao i mogućnost korišćenja iste mašine za proizvodnju više vrsta proizvoda, čak i iste mašine na različitim pozicijama u proizvodnji. Prednosti navedenog su da su ovakvi sistemi u svetu moćniji i imaju više potencijala za dalji razvoj, jer nude veći broj raspoloživih alata. Mora se uzeti u obzir i to da jako često ovo prouzrokuje i probleme, pošto zahteva posebno obučeni kadar, i često je sistem mnogo komplikovaniji nego što je to slučaj kod ranijih sistema, kada se radilo sa jednim namenskim uređajem za određeni zadatak.

Mora se napomenuti da ukoliko sistem radi na način za koji je projektovan, od ovakvih sistema može da se dobije mnogo više podataka o stanju mašine u odnosu na starije tipove sistema. Ova količina podataka daje mogućnost korišćenja novih alata za nadgledanje sistema. Kao jedan segment SCADA sistema u eri industrije 4.0 se sve više koristi i proširena realnost (AR – eng. augmented reality). Upotreba ovih alata je sve više zastupljena kod svetski priznatih brendova industrijske opreme.

Ove kompanije nude rešenja gde se AR koristi za projektovanje i prikaz budućih linija u toku projektovanja proizvodnih linija, ali i u procesima za obuku radnika ali i za kontinualni rad u pogonu. U kompaniji Festo, prilikom procesa montaže, radnik koristi AR naočare i pogledom na etiketu na kutijama oko sebe odmah dobija sve potrebne informacije o sadržaju te kutije, kao i pomoć pri sklapanju toga [3]. Kompleksnost ovakvog sistema čini i način komunikacije između pojedinačnih delova.

Koncept uključuje kiber-fizičke sisteme (CPS), Internet stvari (IoT), Internet usluga (IoS) i rad u oblaku. Industrija 4.0 takođe uključuje pojam modularno strukturisane pametne fabrike, gde sajber-fizički sistemi nadgledaju fizičke procese, kreiraju virtualnu kopiju fizičkog sveta i donose decentralizovane odluke. Preko Interneta stvari, kiber-fizički sistemi komuniciraju i saraduju jedni s drugima i sa ljudima u realnom vremenu. Sve to moguće preko industrijske standardne protokole kao što su komunikacija na otvorenoj platformi - objedinjena arhitektura (OPC-UA) [4] i vremenska osetljiva mreža (TSN) [5].

OPC UA je mašina-za-mašinu komunikacioni protokol za razvoj industrijske automatizacije od fondacije OPC. Cilj OPC UA komunikacije da pokaže novi put od originalnog OPC komunikacije što je bio namenjen samo za Microsoft Windows aplikacije [4].

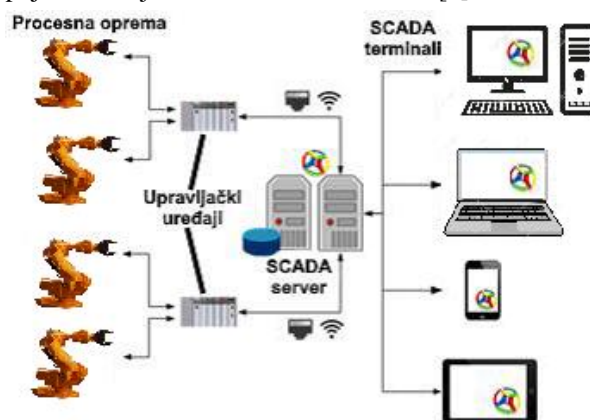
Novi pogled podržava funkcija starog modela kao što su pristup podacima, alarmi, događaji, kao i istorijski pristup podacima. Novi protokol daje osnovu za TCP/IP komunikaciju. Čvorovi i relacije između delovi modela su objektno orijentisani [4]. Vremenski osetljiva mreža (TSN) je skup standarda u fazi razvoja TSN radne grupe koji je deo IEEE 802.1 radne grupe. TSN radna grupa je osnovana u novembru 2012. godine preimenovanjem postojeće radne grupe za povezivanje audio/video zapisa, i u ovom novom obliku nastavlja svoj rad. Ime se promenilo zbog proširenja radnog područja grupe za standardizaciju. Standardi definišu mehanizme za vremenski osetljiv prenos podataka preko ethernet mreža [5].

2.1. SCADA sistemi

Razvoj industrijskih sistema doveo je do povećanja broja senzora i aktuatora u pojedinačnim delovima proizvodnje. SCADA sistemi su nastali kao odgovor za potrebu nadzora i upravljanje nad tim složenijim sistemima. SCADA

sistemi predstavljaju sisteme zadužene za prikupljanje i analizu podataka o nekom posmatranom upravljanim sistemu, za nadzor i za upravljanje [6]. Složeniji sistemi mogu biti sastavljeni od više podsistema između kojih rastojanje može biti od nekoliko metara do nekoliko hiljada kilometara. Za međusobnu komunikaciju se koristi telemetrija koja omogućava slanje naredbi i informacije kao i primanje informacije od udaljenog sistema [7].

SCADA služi za prikaz prikupljenih informacija SCADA operaterima na različitim medijumima za prikaz podataka, za prikupljanje informacija o upravljanim objektima, za analizu tih prikupljenih informacija, za upravljanje objektima upravljanja. Pri obradi vraćaju se nazad potrebne upravljačke informacije o postrojenju. Na slici 1 vidi se pojednostavljena šema SCADA sistema [8].



Slika 1. Pojednostavljena šema SCADA sistema

SCADA sistem se sastoji od hardvera i od softvera. Hardverski deo sistema u suštini obuhvata sve što je potrebno instalirati u postrojenju sa ciljem ostvarivanja nadzora i upravljanja proizvodnjom (senzori, SCADA računar i terminal, žica za umrežavanje sistema, itd). Na osnovu prikupljenih senzorskih informacija o postrojenju PLC analizira stanja i u zavisnosti od dobijenih podataka donosi odluku o upravljanju aktuatorima [9, 10].

Takođe prikupljeni podatak PLC prosleđuje glavnom računaru pomoću raznovrsnih komunikacionih mreža. Primeri analognih vrednosti koje se nadziru u okviru SCADA sistema su: temperatura, nivo, protok fluida, pritisak i brzine rotacija vratila motora i drugo.

Digitalne vrednosti koje SCADA sistem nadzire su vrednosti kao npr. aktiviranost: senzora nivoa, senzora pritiska i releja.

2.2. Digitalni bliznac i kiber-fizički sistemi

Sajber-fizički sistem (CPS) i digitalni bliznac (DT - Digital Twin) dele isti cilj, da uspešno realizuju neometanu konekciju između realnog i sajber sveta. CPS pruža integrisani i kompatibilni okvir sa sveobuhvatnom perspektivom, a DT se može smatrati njegovom usredsređenom primenom.

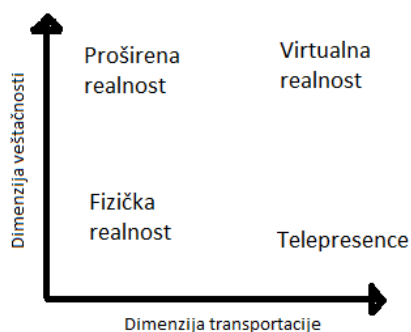
DT nosi karakteristike CPS-a, kao što su ciber-fizičko mapiranje, kontrola zatvorene petlje i struktura na tri nivoa, dok njegovi elementi mogu dodatno poboljšati sajber – fizičku integraciju zasnovanu na CPS-u. Internet stvari (IoT) se primenjuje na framework da bi se ostvarile veze unutar i širom fizičkog i sajber sveta, i na taj način bude svaki element međusobno povezan [11].

Digitalni blizanci su inicijalno razvijeni u cilju poboljšanja procesa proizvodnje. DT su definisani kao digitalna replika živih i beživotnih entiteta koji omogućavaju neometan prenos informacija između realnog i sajber sveta. DT objektom omogućava nadzor, razumevanje i optimizaciju funkcija svih fizičkih entiteta i za korisnika pruža neprekidnu povratnu informaciju za poboljšanje kvaliteta života [12]. Sajber - fizički sistem (CPS) je računarski sistem u kojem se mehanizmom upravlja ili nadgleda pomoću računarskih algoritama.

U sajber-fizičkim sistemima fizičke i softverske komponente su duboko povezane, sposobne da međusobno komuniciraju na načine koji se menjaju od situacije do situacije [13]. Primeri CPS-a uključuju pametnu mrežu, autonomne automobilske sisteme, medicinsko nadgledanje, industrijske sisteme upravljanja, sisteme robotike i automatsku pilot letelicu [14].

3. RAZLIKA IZMEĐU PROŠIRENE I VIRTUELNE REALNOSTI

Na kontinualnu stvarnost-virtuelnost AR je jedan deo opšteg područja mešovite stvarnosti. U oba virtuelna okruženja (i virtuelna realnost i proširena realnost) realno okruženje se zameni sa virtuelnim ili se doda nešto na realnu sliku [15]. Mora da se napomene da AR pruža lokalnu virtuelnost. Kada se uzima u obzir ne samo veštačnost već i transformacija korisnika, AR se klasifikuje kao odvojena i od VR i od teleprisutnosti (slika 2.), jer se u slučaju AR može govoriti o prisustvu korisnika u pravom fizičkom smislu, sa pridodatim virtuelnim elementima, a kod ostalih slučajeva se korisnik uz pomoć nekog tehničkog dodatka transformiše (u psihičkom smislu) u virtuelni svet.



Slika 2. Raspodela prema transportu korisnika i nivo veštačnosti oprema

3.1. Koncept proširene realnosti

Sistem proširene realnosti (AR) kombinuje stvarne i virtuelne objekte u stvarnom okruženju, međusobno registruje (poravnava) stvarne i virtuelne objekte, radi interaktivno, u tri dimenzije i u realnom vremenu. Tri aspekta ove definicije je važno napomenuti. Prvo, nije ograničen na određene tehnologije prikaza kao što je ekran na glavi (HMD), niti je po definiciji ograničena samo na čulo vida. AR može i potencijalno želi da se primeni na sva čula, uključujući sluh, dodir i miris. Konačno, uklanjanje stvarnih objekata prekrivanjem virtuelnim objektima, pristupi poznatiji kao posredovana ili umanjena stvarnost (eng: mediated or diminished reality), takođe su segment pametne (eng: smart) AR [15].

3.2. Koncept virtuelne realnosti

Prvo treba da se razjasni funkcionalnost VR-a. Radi se o simulaciji u kojem se koristi grafički modul kompjutera da bi se realizovao realističan izgled virtuelnog sveta. Štaviše, sintetizovani svet nije statičan, nego reaguje na korisnikove komande (gestikulacija, audio komande, itd). Ovo definiše ključno svojstvo virtuelne realnosti, što čini interakciju u realnom vremenu. U ovom slučaju realno vreme znači da kompjuter ima mogućnost da prepozna jednu korisnikovu komandu, i da u sledećem trenutku modifikuje virtuelni svet. Ljudi vole da vide promene na ekranu u zavisnosti od njihovih komanda, i postaju opčinjeni sa ovom simulacijom.

Trougao virtuelne realnosti grade tri pojma, a to su: potapanje – immersion, interakcija – interaction, mašta – imagination. Ovaj trougao se referira kao I³ [16]. Za razliku od proširene realnosti, virtuelna realnost stvara potpuno digitalno iskustvo koje može ili simulirati ili u potpunosti odvajati od stvarnog sveta. Izraz virtuelna realnost odnosi se na računarski generisano trodimenzionalno okruženje.

Da biste doživeli virtuelnu realnost i stupili u interakciju sa njom, biće vam potrebna odgovarajuća oprema, poput VR naočara i/ili slušalica. Ova tehnologija je korišćena da kreira potapajuće iskustvo koji može da se koristi npr. u edukaciji ili čak u zabavi. Izvan popularnih načina korišćenja kao što je gejming industrija, virtuelna realnost je apliciran u raznovrsnoj industriji, medicini, arhitekturi, vojnoj industriji i tako dalje [17].

4. REALIZACIJA MODELA

Zadatak realizacije sistema virtuelne realnosti za neki postojeći fizički sistem se sastoji iz tri dela, izrada CAD modela objekta i okoline (mašine i okoline), kreiranje programa, način komunikacije između objekta (mašine) i programa. Prvi korak realizacije virtuelne mašine jeste izrada CAD model koji je u ovom radu izrađen u Autodeskovom alatu, Inventor 2018 koji se sastoji iz više sklopova. Plan je bio da se kreira veza između pojedinih delova mašine u Inventoru i da se sačuva ta veza, i tako se uveže u Unreal Engine-u. Na žalost formati koji su podržani sa strane Inventora nisu prihvatljivi programu Unreal Engine-u tako da je bilo potrebno da se koristi i 3D MAX kao program za formatiranje ekstenzije modela. Nakon uspešnog formatiranja model je bio spreman za prikaz u finalnom programu. Za generisanje i prikaz različitih modela u virtuelnom svetu se najčešće koristi Unity ili Unreal Engine. I Unity i Unreal imaju svoje prednosti i mane, ali zbog lakšeg korisničkog interfejsa za dalji rad odabran je Unreal Engine.

Najveći broj korisnika ovaj alat koristi za pravljenje video igrice, što olakšava savladavanje osnova rada u ovom alatu jer se po internetu nalazi jako puno pomoćnog video materijala, i postoji razvijena tehnička podrška, što je dobro došlo prilikom izrade ovog rada.

Cilj je bio da se pomoću ovog programa napravi jedna aplikacija koja zauzima malo prostora i može da se koristi na različitim računarima. Prvobitna ideja za komunikaciju između realne mašine i programa bila je da se koristi jedan API (programski interfejs aplikacije) koji piše pa čita iz HTML koda. Međutim lista API-a koji mogu da

služe kao izvorni interfejs za prenos podataka je jako kratak, ili se plaća, pa je ideja odbačena.

Korišćenje baze podataka se nadmetnulo kao sledeće moguće rešenje. Po literaturi za Unreal Engine se dosta pominje „NoSQL“ baza, kao dobro rešenje za sopstvene potrebe jer je besplatan alat i što je jako bitno ima direktnu implementaciju u odabranom programu za prikaz u VR-u. Pošto Unreal Engine 4 ima ugrađene metoda za komunikaciju sa Google-ovim Firebase bazom podata, ova opcija se učinila kao najjednostavnija, jer ne zahteva instalaciju u konfiguraciju sopstvenog servera, što za potrebu rada na ovom radu nije bilo ključno.

Naravno, u slučaju monitoringa većeg broja parametara vredi razmišljati i o sopstvenom serveru, sa stručnim održavanjem. Firebase je Google servis za IoT mobilne platforme, koja pomaže brzi razvoj visokokvalitetnih aplikacija koji zahtevaju servise baze podataka i oblak (eng. cloud) servise. Komunikacija realne mašine sa programom VR je zamišljena pomoću sinhronizacije praćenih promenljivih sa PLC-a Siemens S7-1200 (čitanje OPC servera) preko Firebase baze podataka.

5. ZAKLJUČAK

Obuka radnika bi bila jedna od najvećih prednosti korišćenja VR sistema u industrijskom okruženju. Jeste da sistem zahteva ozbiljniju opremu od AR naočare, ali sadrži u sebi i više mogućnosti, tako da upotrebom haptičke opreme simulacija može biti još realnija. U radu opisani koncept korišćenja VR mogao bi da se primeni u kompanijama koje obraćaju posebnu pažnju na obuku radnika na radnom mestu, jer je pretpostavka da ovakav način obuke znatno može ubrzati vreme trajanja obuke, što olakšava zapošljavanje ili promenu radnog kadra.

Kao bitna namena ovakvog sistema bi bila i uključivanje radnika održavanje ili servisera sa udaljenog mesta. Pomoću VR naočara u bilo kom trenutku bilo ko, sa odgovarajućim kvalifikacijama, mogao bi da vrši nadgledanje sistema. U ovom virtuelnom okruženju nadzor bi mogao odmah sa mesta nadgledanja da „šeta“ do mašine odakle bi mogao u realnom vremenu da dobija informacije sa različitih senzora kao što je temperatura, brzina kretanja, broj ciklusa, ali i o stanju sistema kao što su različiti statusi, upozorenja i alarmi. Naravno ovo rešenje nikad neće moći da zameni potrebu radnika na licu mesta, bar sve dok industrijski roboti ne budu do te mere bili autonomni da u potpunosti samostalno rešavaju svoje zastoje i kvarove.

Kao dodatni deo VR okruženja, mogle bi se odraditi dodatne realistične simulacije različitih neočekivanih situacija na datom radnom mestu kao što su: način gašenja mašina u slučaju nezgode, simulacija rada mašine u neodgovarajućim okolnostima, ili simulacija kvara mašine, što radnicima na mašini može dati dodatnu pomoć u održanju mira u trenutku nezgode na mašini, jer lakše mogu dobiti stručnu pomoć sa strane, što u kriznim vremenima može da sačuva, čak i život nesrećnog radnika.

6. LITERATURA

- [1] M. L. Egyesület: „Ipari forradalmak“ Dostupno: <https://bit.ly/3181PJ> . [Pristup 20. sept 2020.].
- [2] E. G. Popkova i ostali, Fundamental Differences of Transition to Industry 4.0 from Previous Industrial

Revolutions, pp 21-29, Volgograd State Technical University, Volgograd, Russia: Springer International Publishing AG, 2019.

- [3] I. Tsmots i ostali, „Use of Augmented Reality Technology to Develop an,“ 2019. Dostupno: <https://bit.ly/314kndg> [Pristup 17 sept 2020].

- [4] P. Marcon i ostali, Communication technology for industry 4.0, St. Petersburg, Russia: IEEE, 2017.

- [5] F.Zezulka i ostali, „Communication Systems for Industry 4.0 and the IIoT,“ u IFAC PapersOnLine 51-6, pg 150–155, www.sciencedirect.com, 2018.

- [6] W. Salter, A. Daneels, „What Is Scada ?“, Italy 1999. Dostupno: <https://bit.ly/2SpqFYM> [Pristup 5. sept 2020].

- [7] E. S. a. A. B. B. Totalflow, „Scada and telemetry in gas transmission systems,“ ABB White Pap.,, 2007.

- [8] Ecava IntegraXor: „What is SCADA?“ <https://bit.ly/3cZSgJp> [Pristup 2. sept 2020].

- [9] H. Wang, J. Xie, Y. Zeng, and X. Bai, „The Design of PLC-based Process Control Systems [J],“ Tech. Autom. Appl, 2004, pp. 8.

- [10] M. Ogawa, Y. Henmi, „Recent developments on PC+ PLC based control systems for Beer Brewery Process Automation Applications,“ SICE-ICASE, International Joint Conference, 2006, pp. 1053-1056.

- [11] F. Tao, M. Zhang, A.Y.C. Nee,, „Digital Twin, Cyber-Physical System, and Internet of Things,“ u Digital Twin Driven Smart Manufacturing, Academic Press, 2019, pp. 243-256.

- [12] A. El, Saddik, „Digital Twins: The Convergence of Multimedia Technologies,“ IEEE MultiMedia, IEEE, 2018, pp. 87 - 92.

- [13] US National Science Foundation, „Cyber-Physical Systems (CPS),“ 2012. Dostupno: <https://bit.ly/3cXXs0h> [Pristup 21. sept 2020].

- [14] S. Khaitan, Design Techniques and Applications of Cyber Physical Systems: A Survey, IEEE Systems Journal, 2015.

- [15] R. Poelman, D. W. F. Van Krevelen, A survey of augmented reality technologies, applications and limitations, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands: The International Journal of Virtual Reality, 2010.

- [16] P. C. Grigore C. Burdea, Virtual Reality Technology, University of Verailles, France: John Wiley & Sons, 2003.

- [17] K. Patel, J. N. Bailenson, The Effects of Fully Immersive Virtual Reality on the Learning of Physical Tasks, University of California at Berkeley, California, 2006.

Kratka biografija:



Arpad Pletikosić rođen je u Subotici 1996. god. Završio gimnaziju 2015 god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike 2019 god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Mehatronike odbranio je 2020.god.

kontakt: pletiarpad96@gmail.com