

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

Andrija Ričko

**PLEA - softverski agent koji djeluje u različitim
okolinama**

Zagreb, 2021.

Ovaj rad izrađen je na Katedri za projektiranje izradbenih i montažnih sustava Fakulteta strojarstva i brodogradnje u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Tomislava Stipančića, dipl. ing. i predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2020./2021.

Andrija Ričko.

SADRŽAJ

Sadržaj	1
Popis slika	2
1. Uvod.....	3
1.1. Opći i specifični ciljevi rada.....	4
1.2. Opis sustava.....	4
2. Izrada i opis rada pojedinih komponenti sustava.....	7
2.1. PLEA-server.....	7
2.1.1. Web poslužitelj.....	8
2.1.2. Sustav za prikaz statističkih podataka	10
2.1.3. Program za zaštitu distribuiranog sustava (VPN)	11
2.2. PLEA-robot	11
2.2.1. Mikroracunalo Raspberry Pi 4B.....	13
2.2.2. Postupak konfiguracije mikroracunala	13
2.2.3. Pomoćno napajanje za mikroracunalo	14
2.2.4. Python aplikacija za komunikaciju sa serverom	15
2.2.5. Unreal Engine 4 aplikacija za vizualizaciju.....	16
3. Rezultati	19
4. Evolucija sustava	22
5. Zahvale.....	23
6. Zaključak.....	24
7. Literatura	25
8. Sažetak	27
9. Summary	28

POPIS SLIKA

Slika 1.1. Shema interakcije virtualnog agenta s čovjekom: a) s naočalama za proširenu stvarnost; b) s fizičkim modelom robota; c) s naočalama za virtualnu stvarnost	5
Slika 1.2. Razina uranjanja	6
Slika 2.1. Shema baze podataka	8
Slika 2.2. Dijagram toka rada poslužitelja.....	9
Slika 2.3. Sučelje za prikaz statističkih podataka	10
Slika 2.4. PLEA - robot	12
Slika 2.5. <i>Raspberry Pi 4 B</i> mikroračunalo	13
Slika 2.6. Blokowska shema pomoćnog napajanja.....	14
Slika 2.7. Dijagram toka <i>Python</i> aplikacije	15
Slika 2.8. <i>Quixel Bridge</i>	16
Slika 2.9. Kontrole za postavljanje izražaja lica	17
Slika 2.10. Dijagram toka <i>Unreal Engine</i> aplikacije.....	18
Slika 3.1. Web aplikacija.....	19
Slika 3.2. Cjelokupni sustav.....	20
Slika 3.3 Dijelovi PLEA-robot sustava	21

1. UVOD

U sklopu ovog rada opisano je programsko rješenje za upravljanje virtualnim softverskim agentom koji ima mogućnost djelovanja u sklopu različitih okolina, od one stvarne kroz glavu fizičkog robota, pa do one virtualne uključujući okolinu proširene stvarnosti. Vizija ovog projekta je dizajn i implementacija softverskog agenta kroz kojeg će osoba – operater sustava moći djelovati te komunicirati s drugim korisnicima. Kao rezultat razvijene metodologija, softverski agent u sklopu svojeg djelovanja može koristiti kibernetički prostor koji nije ograničen udaljenostima ili korištenim interakcijskim sučeljem. Interakcijsko sučelja mogu biti naočale za virtualnu ili uronjenu stvarnost, ekran mobitela ili prijenosnog računala, veliki ekran na zidu i sl. Na poziv agent se može pojaviti na sučelju bilo gdje u svijetu. Prisutnost agenta je ista bez obzira da li se korisnik nalazi uz poslužiteljsko računalo unutar laboratorija ili negdje na drugoj polovici zemaljske kugle. Temeljem tehnika za vizualizaciju informacija softverski je agent dobio svoje umjetno generirano lice čiji se izražaji mijenjaju zajedno s promjenom izražaja lica korisnika - operatera. Programski agent se može kretati kroz kibernetički prostor od sučelja do sučelja u ovisnosti na kojem sučelju je zahtijevana komunikacija. Ukoliko je softverski agent trenutno zauzet komunikacijom kroz jedno sučelje, drugi korisnik koji zahtjeva komunikaciju će dobiti obavijest o zauzeću. U trenutku kada prvotna komunikacija završi softverski agent će postati dostupan. Iako je moguće kreirati softverskog agenta koji može istovremeno komunicirati s više korisnika na ovaj se način htjelo postići da agent dobije osobnost. Takav je agent je sveprisutan i jedinstven bez obzira na korišteno sučelje i okolinu interakcije [1]. PLEA softverski agent koristi kontekstualni pristup kod zaključivanja i učenja, gdje se robot ovdje vidi kao dio okoliša bez obzira radi li se o realnom svijetu ili kibernetičkom prostoru.

Umjetna inteligencija ovdje daje značaj velikoj količini nestrukturiranih informacija koje se mogu koristiti za izradu upravljačkih mehanizama te za aproksimaciju različitih pojava ili procesa koji se odvijaju u kibernetičkom ili realnom svijetu. Ovdje se u prvom redu misli na razvoj neuronske mreže koja treba omogućiti mapiranje karakterističnih točaka na licu stvarnog korisnika – operatera s točkama koje su definirane na licu virtualnog agenta. Na taj su način omogućene sinkrone promjene izražaja lica virtualnog agenta zajedno s promjenama koje se događaju na licu operatera sustava. Ovdje se radi o tzv. Wizard of Oz [2] pristupu gdje softverskim agentom upravlja stvarna osoba, a ne algoritam umjetne inteligencije. U budućnosti će izražavanje robota postati autonomno kao reakcija na trenutno emocionalno stanje osobe u

interakciji te na druge informacije koje agent može sakupiti kroz interakciju. Interakcija će biti na neverbalnoj razini čime će agent stvarati temelje za uzajamno razumijevanje [3, 4, 5, 6]. Primarno pod pojmom uzajamnog razumijevanja se smatra dijeljeni skup znanja svih sudionika u određenoj interakciji. Stoga će se u sklopu istraživanja u Laboratoriju najprije napraviti Turingov test inteligencije gdje osobe koje komuniciraju s operaterom kroz softverskog agenta trebaju prepoznati da li komuniciraju s umjetnim sustavom ili sa stvarnom osobom [7]. Buduća eksperimentalna verifikacija razvijene metodologije će biti provedena na Art & AI Festivalu koji se ove godine održava u <https://www.art-ai.io/programme/plea/>.

1.1. Opći i specifični ciljevi rada

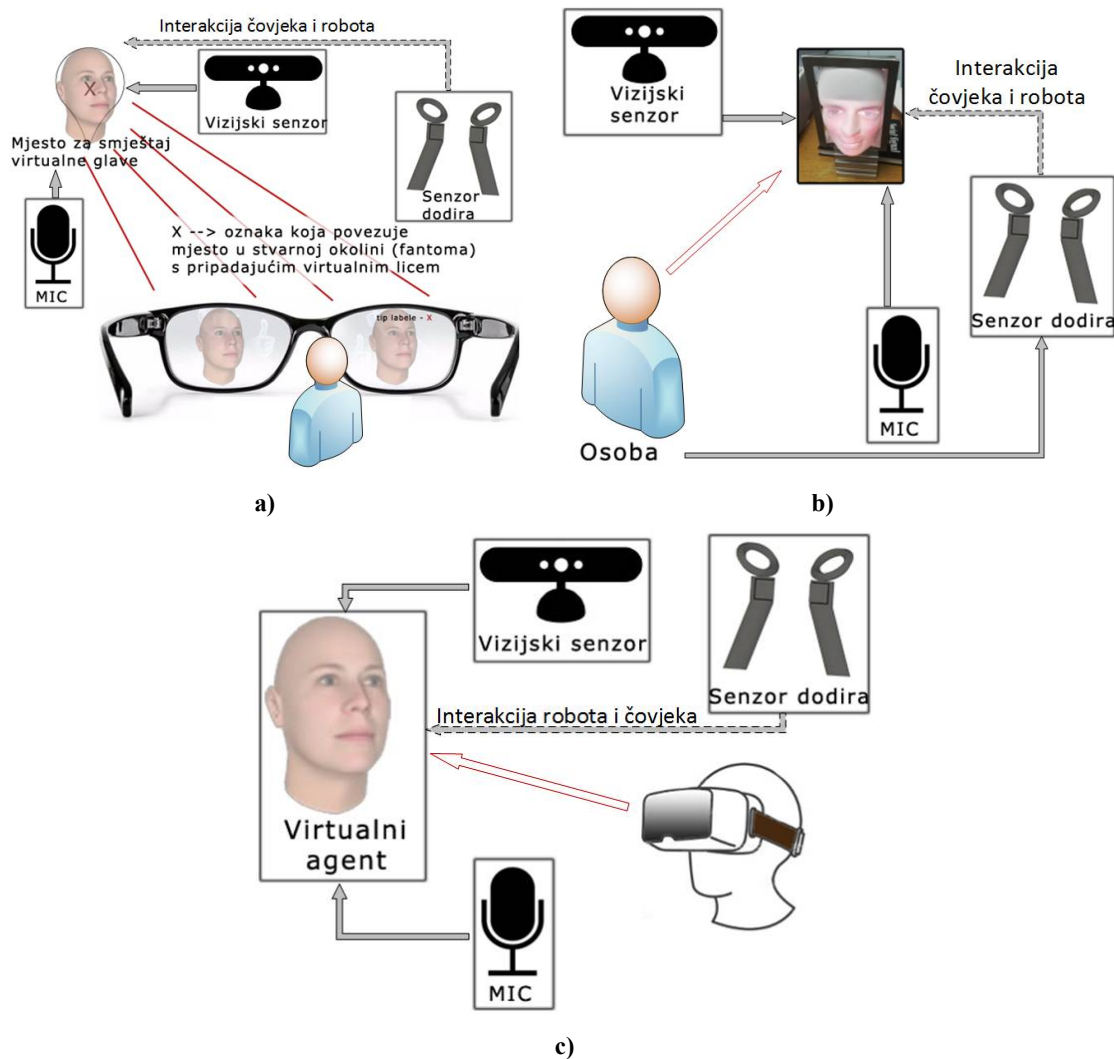
U sklopu projekta se primjenjuju recentna istraživanja o kognitivnim sustavima, umjetnoj inteligenciji, računalnim mrežama, vizualizaciji informacija te interakciji čovjeka i sustava. Te se spoznaje potom koriste kao temelj za razvoj novih interakcijskih strategija te novih primjena računalne tehnologije. S gledišta znanstvenog razvoja doprinos je u unaprijeđenoj i sigurnijoj vezi između ljudi, uređaja i objekata zbog boljih karakteristika rada, boljeg međusobnog razumijevanja te veće učinkovitosti [8, 9]. U sklopu istraživanja je primijenjen kombinirani metodološki pristup koji uključuje:

1. razvoj računalnog modela za prepoznavanje i mapiranje karakterističnih točaka na licu stvarne osobe,
2. dizajn lica virtualnog agenta te njegovo povezivanje s licem stvarne osobe,
3. razvoj mrežne infrastrukture i pripadajućih upravljačkih mehanizama,
4. eksperimentalnu validaciju razvijene aplikacije u sklopu laboratorijskog postava.
5. razvoj računalnog modela za prepoznavanje emocija koristeći dvije osjetilne modalnosti (vizija i zvuk, PLEA Core) [10, 11, 12, 13].

U sklopu ovoga rada biti će obrađene 3., 4. i 5. točka ovog projekta.

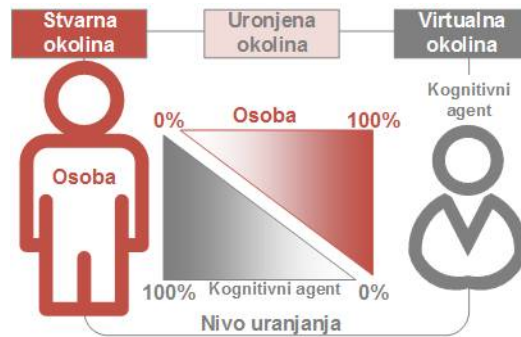
1.2. Opis sustava

Sustav se sastoji od servera kao centralne jedinice na kojoj je pokrenut algoritam *PLEA-core*. Algoritam je sastavljen od više neuronskih mreža čija je funkcija prepoznavanje akustičkih i vizualnih značajki dobivenih od strane klijenata [7]. Klijent može biti PLEA-robot ili bilo koje računalo sa web preglednikom, uključujući i pametne telefone te naočale za proširenu i virtualnu stvarnost [Slika 1.1].



Slika 1.1. Shema interakcije virtualnog agenta s čovjekom: a) s naočalama za proširenu stvarnost; b) s fizičkim modelom robota; c) s naočalama za virtualnu stvarnost

Posebnost ovoga sustava je da u bilo kojem trenutku server može komunicirati samo sa jednim klijentom. Na taj način se postiže koncept utjelovljenja ili uanjanja (*eng. embodiment*) kojim se postiže efekt realističnosti i osobnosti (nezamjenjivosti) softverskog agenta. Pojednostavljeni prikaz koncepta nalazi se na niže prikazanom grafikonu.



Slika 1.2. Razina uranjanja

Grafikon [Slika 1.2] prikazuje vezu između realnog i virtualnog okruženja te razinu uranjanja. Kada virtualni agent ima interakciju u sklopu stvarne okoline tada se može reći da je on 100% uronjen. Naprotiv tome, ako osoba kroz naočale za virtualnu stvarnost ima interakciju s agentom tada je osoba potpuno uronjena u virtualnu okolinu. Prostor između je vezan za pojam miješane ili proširene stvarnosti gdje osoba i softverski agent međusobno dijele svoje prirodne prostore. Na taj način je moguće veoma precizno odrediti razinu uranjenosti ovisnu o korištenoj tehnologiji.

U svrhu opisa rada sustava u ovom radu će se detaljno obraditi *PLEA-robot*, koji je jedan od segmenata ovoga sustava.

2. IZRADA I OPIS RADA POJEDINIH KOMPONENTI SUSTAVA

U ovom poglavlju opisana je izrada i način rada pojedinih dijelova sustava koji je sastavljen od:

- PLEA-server
 - PLEA-Core, Algoritam neuronskih mreža za prepoznavanje emocija (*Python-TensorFlow*) [14]
 - Web poslužitelj (*NodeJS*)
 - Poslužitelj za razmjenu podataka (*Socket*)
 - Baza podataka za pohranu telemetrije (*MySQL*)
 - Sustav za prikaz statističkih podataka
 - Program za zaštitu distribuiranog sustava (*VPN*)
- PLEA-robot [8]
 - Fizički model robota [15, 16]
 - Mikro računalo *Raspberry Pi 4B*
 - Web kamera i mikrofoni
 - Aplikacija izrađena u programu *Unreal Engine 4*
 - *Python* aplikacija za komunikaciju sa serverom

2.1. PLEA-server

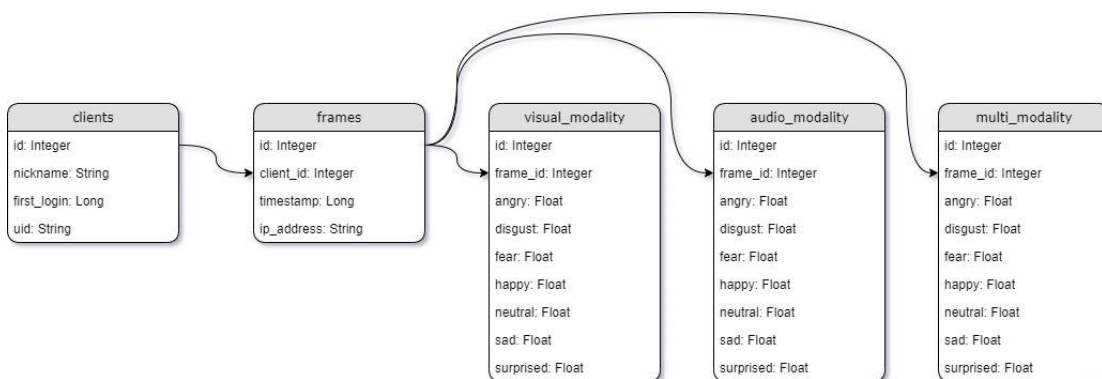
PLEA-server je centralna računalna jedinica koja se nalazi u Laboratoriju za projektiranje izradbenih i montažnih sustava (LAPIS) na Fakultetu strojarstva i brodogradnje. PLEA-Core aplikacija je dostupna preko sljedeće Internet veze, <https://pro11.fsb.hr>. PLEA-Core predstavlja temelj sustava na način da procjenjuje emocionalno stanje osobe koja komunicira sa sustavom. U ovom trenutku sustav imitira izražaje lica operatera te ih prikazuje na licu softverskog agenta koji komunicira s udaljenim korisnikom. U razvoju je programska podrška koja će samostalno (autonomno) stvarati izražaja lica softverskog agenta prilikom interakcije. To znači da se izražaji lica neće imitirati sa operatera temeljem *Wizard of Oz* principa već će biti generirani autonomno. Cilj ovog pristupa je stvaranje softverskog agenta ili robota empata koji procjenjuje emocionalno stanje osobe u interakciji. Detaljan opis svake komponente sustava dan je u nastavku.

2.1.1. Web poslužitelj

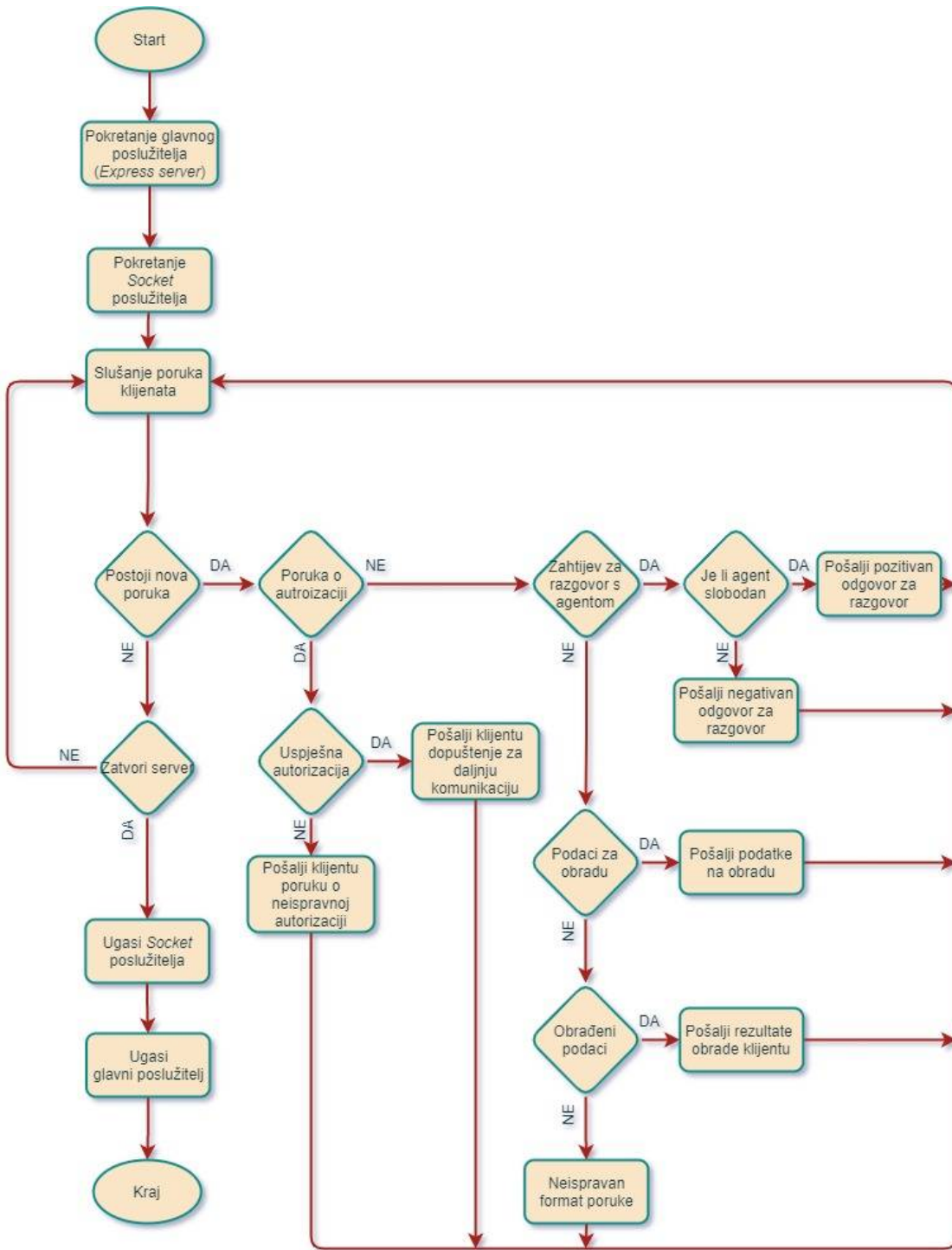
Poslužitelj je dizajniran pomoću programske platforme *NodeJs* te obavlja tri glavne funkcije:

- Posluživanje web stranice
 - *Express*
- Komunikaciju s klijentima
 - *Socket.IO*
- Spremanje podataka u bazu podataka
 - *MySQL*

Slika 2.2 prikazuje dijagram toka izvođenja programa. U prvom bloku kreira se web poslužitelj koji sadrži skup funkcija za komunikaciju preko programskog *socketa za računalnu komunikaciju* te sustav za posluživanje web stranice. Poslužuje se na lokalnom sustavu (*localhost*) na kojem se prilikom spajanja nekog klijenta otvara *socket* kanal za komunikaciju sa serverom te se autorizira klijent. Nakon što je konekcija uspješno prošla, u bazu podataka spremaju se meta podaci o klijentu (IP adresa, vrijeme i datum prijavljivanja, nadimak klijenta). Potom klijent daje zahtjev za razgovor s virtualnim agentom. Zahtjev dolazi do servera koji provjerava da li već postoji aktivna komunikacija s nekim drugim klijentom. Ako postoji vraća se odgovor o zauzeću. U suprotnom klijent dobiva odobrenje za razgovor te razgovor započinje. Tijekom razgovora rezultati očitavanja se spremaju u bazu podataka (prema pravilima GDPR-a). **Slika 2.1** prikazuje shemu baze podataka.



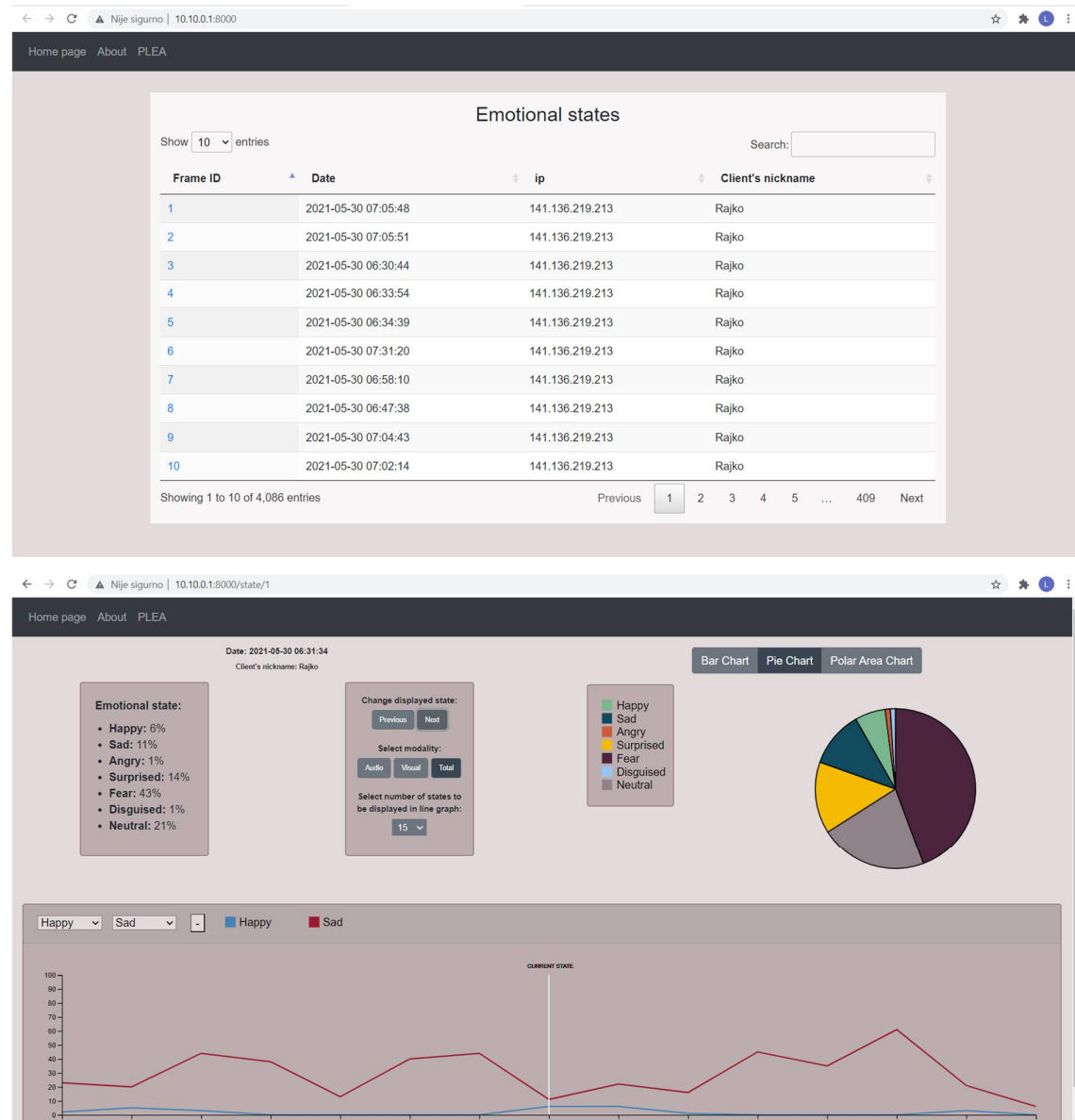
Slika 2.1. Shema baze podataka



Slika 2.2. Dijagram toka rada poslužitelja

2.1.2. Sustav za prikaz statističkih podataka

Ovaj sustav je izrađen u sklopu završnog rada kojem je suština čitanje i obrada podataka spremljenih u bazu te prikaz istih u svrhu lakše interpretacije podataka prikupljenih u komunikaciji s klijentima. Predviđeno je da se obrađeni podaci prezentiraju na web sučelju kao dio cjelokupnog sustava. U nastavku je prikazano sučelje [Slika 2.3].



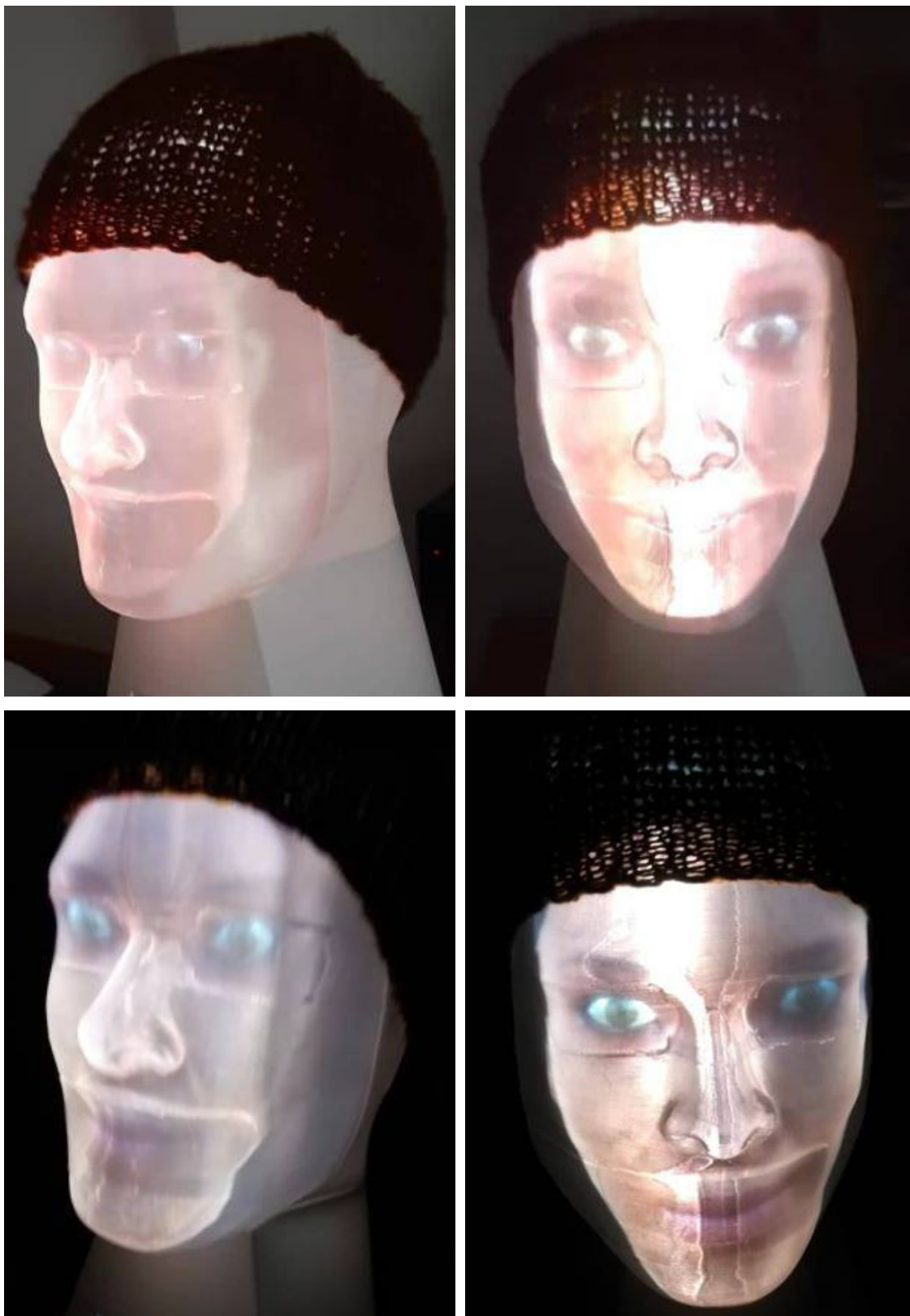
Slika 2.3. Sučelje za prikaz statističkih podataka

2.1.3. Program za zaštitu distribuiranog sustava (VPN)

Cilj ovog segmenta je zaštita protoka podataka između servera i klijenta. Naime, kako bi računalna aplikacija bila sukladni sa svim pravilima postavljenima kroz GDPR standard, mora se garantirati da su svi podaci kriptirani. Drugim riječima, postavljanje ovakvog sustava omogućuje da podaci koji se razmjenjuju između klijenta i servera nisu vidljivi trećim stranama. Ujedno, ovakav pristup omogućuje da PLEA-robot ne mora koristiti HTTPS protokol za komunikaciju sa serverom već koristiti HTTP protokol koji s ovakvim pristupom postaje siguran. Razlog za korištenje ovakvog pristupa je nepostojanje programske podrške za HTTPS od strane većine programskih paketa korištenih u komponenti PLEA-robot.

2.2. PLEA-robot

Fizički model robota **Slika 2.4** izrađen je metodom 3D ispisa u sklopu diplomskog rada „*Afektivna robotska glava koja imitira izražaja lica osobe u interakciji*“ [16]. Funkcionalnost prikaza lica postignuta je projiciranjem pomoću pico projektora unutar vrata robota na unutarnju stranu polu-prozirnog lica. Kako bi se povećala živost, robot ima mogućnost zakretanja glave prema izvoru zvuka (ljudski govor) [15]. Upravljanje robotom postignuto je upotrebom mikroracunala *Raspberry Pi 4B*. Postupak konfiguriranja računala opisan je u nastavku.



Slika 2.4. PLEA - robot

2.2.1. Mikroročunalo Raspberry Pi 4B

Raspberry Pi 4 B je računalo koje je dizajnirala tvrtka *Raspberry Pi Foundation*. Računalo je temeljeno na *SoC (System on Chip)* kontroleru ARM arhitekture. Glavne specifikacije su:

- 4-jezgreni 1.5GHz procesor – overclocked 2.0GHz,
- 4GB DDR3 integrirane RAM memorije,
- WiFi 4.2,
- 1 Gbit Ethernet kontroler,
- 2 Micro-HDMI 2.1,
- 40 eksternih GPIO pinova,
- Linux operativni sustav (*Raspbian*).

Detaljne informacije o ovom računalu mogu se pronaći na web stranici: <https://raspberrypi.org>.



Slika 2.5. *Raspberry Pi 4 B* mikroročunalo

2.2.2. Postupak konfiguracije mikroročunala

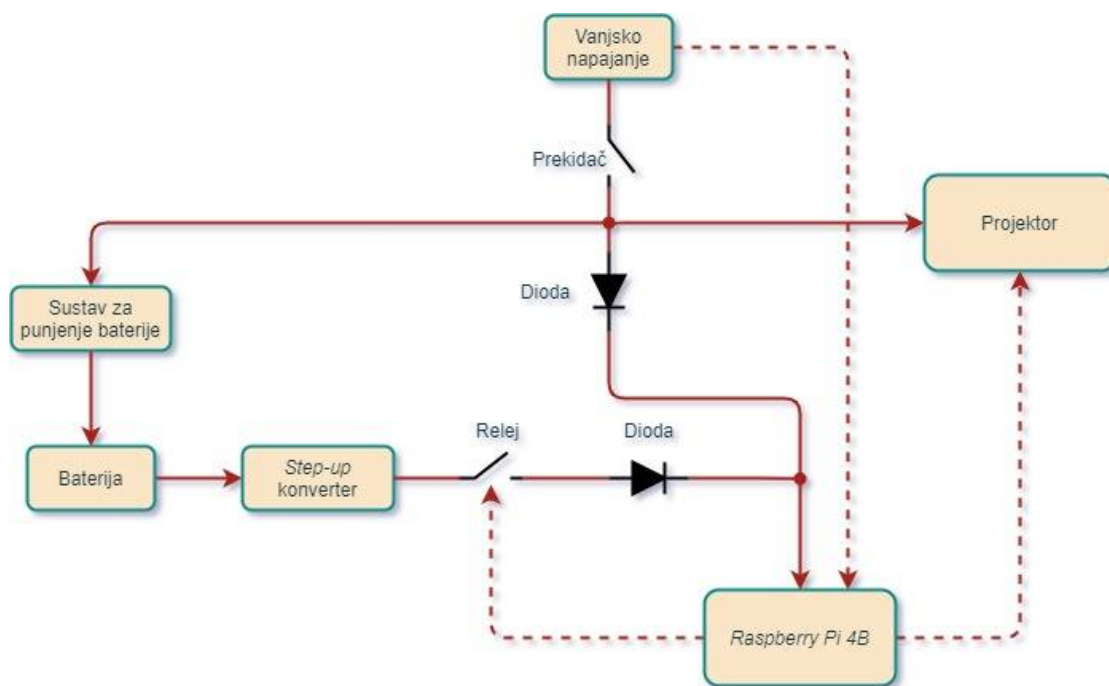
Operativni sustav je preuzet s službenog repozitorija proizvođača mikroročunala. Nakon čega je isti snimljen na SD karticu pomoću programa *Rufus*. Daljnja konfiguracija rađena je na samom računalu.

Prvi korak konfiguracije mikroročunala je instalacija posebno prilagođenog grafičkog upravljačkog programa. Pošto standardan grafički upravljački program ne podržava *Vulkan Engine* potreban za normalan rad 3D vizualizacije, prije same instalacije bilo je potrebno pripremiti poseban program. U tu svrhu korišteni su pomoćni programi *Ninja* i *Mesa*. Nakon uspješne instalacije putanju na kojoj se nalazi upravljački program potrebno je dodati u poznate putanje kako bi pokrenuta skripta pravilno mogla učitati sve potrebne sustave.

Konačno, potrebno je pokrenuti program za konfiguraciju i kontrolu VPN mreže imena *OpenVPN*. Program učitava prethodno generirane ključeve i podatke o načinu spajanja na server. Spajanjem na server dobiva se lokalna adresa kojom je moguće pristupiti računalu.

2.2.3. Pomoćno napajanje za mikroracunalo

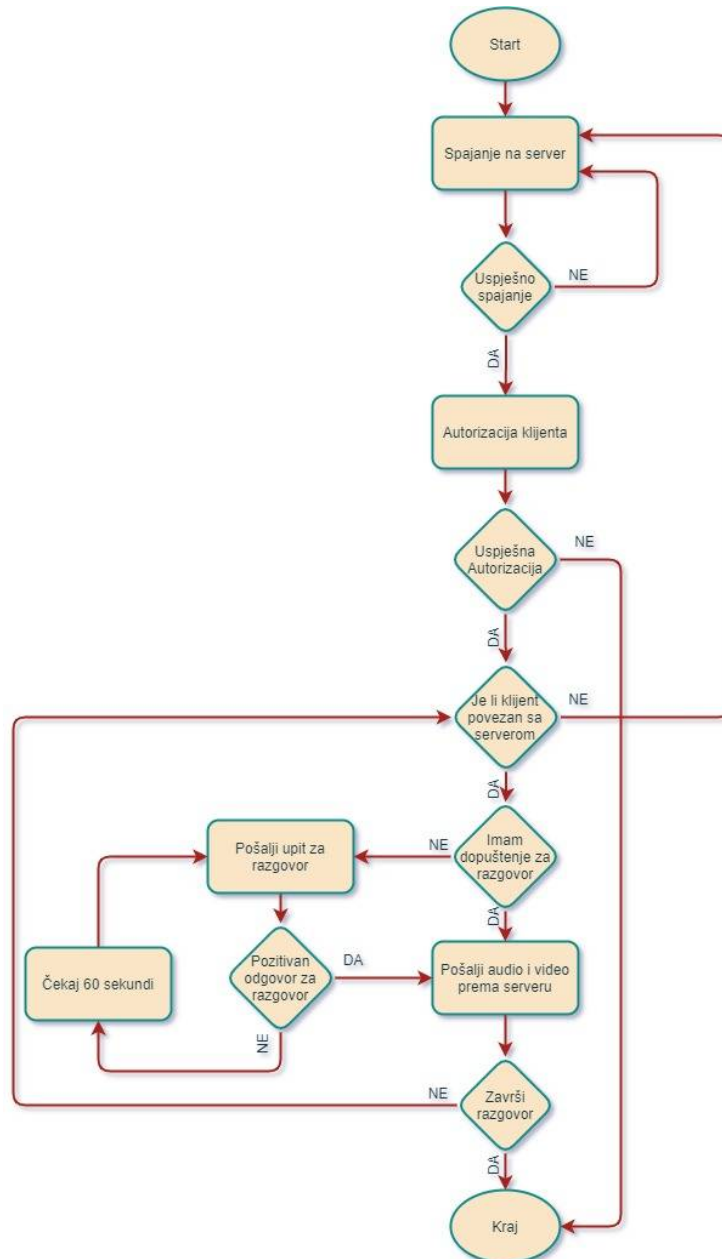
Mikroracunalo je jako osjetljivo na iznenadan nestanak električne energije. Naglim gašenjem moguća je korupcija memorijske kartice na kojoj se nalazi operativni sustav sa svim aplikacijama. Stoga je bilo potrebno dizajnirati sklop koji će u slučaju nestanka napajanja preuzeti svrhu istog. Pomoću litij ionske baterije te sklopa za stabilizaciju napona sustav u bilo kojem trenutku može prekloniti izvor napajanja, koje može držati računalo uključeno nekoliko minuta. Ujedino sustav signalizira mikroracunalu da je došlo do isključenja glavnog napajanja te se računalo gasi. Kada je glavno napajanje uključeno baterija se kontinuirano održava punom kako nebi došlo do pada rezervnog sustava. Iskorišten princip je vrlo sličan komercijalno dostupnim sustavima neprekidnog izvora napajanja (*UPS - Uninterrupted Power Supply*) korištenih kod osobnih računala ili serverskih sustava. **Slika 2.6** prikazuje je blokovsku shemu sklopa.



Slika 2.6. Blokowska shema pomoćnog napajanja

2.2.4. Python aplikacija za komunikaciju sa serverom

Kako bi PLEA-robot mogao komunicirati sa serverom bilo je potrebno napisati aplikaciju koja šalje podatke s kamere i mikrofona prema serveru. Aplikacija je napisan u programskom jeziku *Python 3.7*. Za akviziciju slike i videa korištena je biblioteka *OpenCV*. **Slika 2.7** prikazuje dijagram toka ove aplikacije



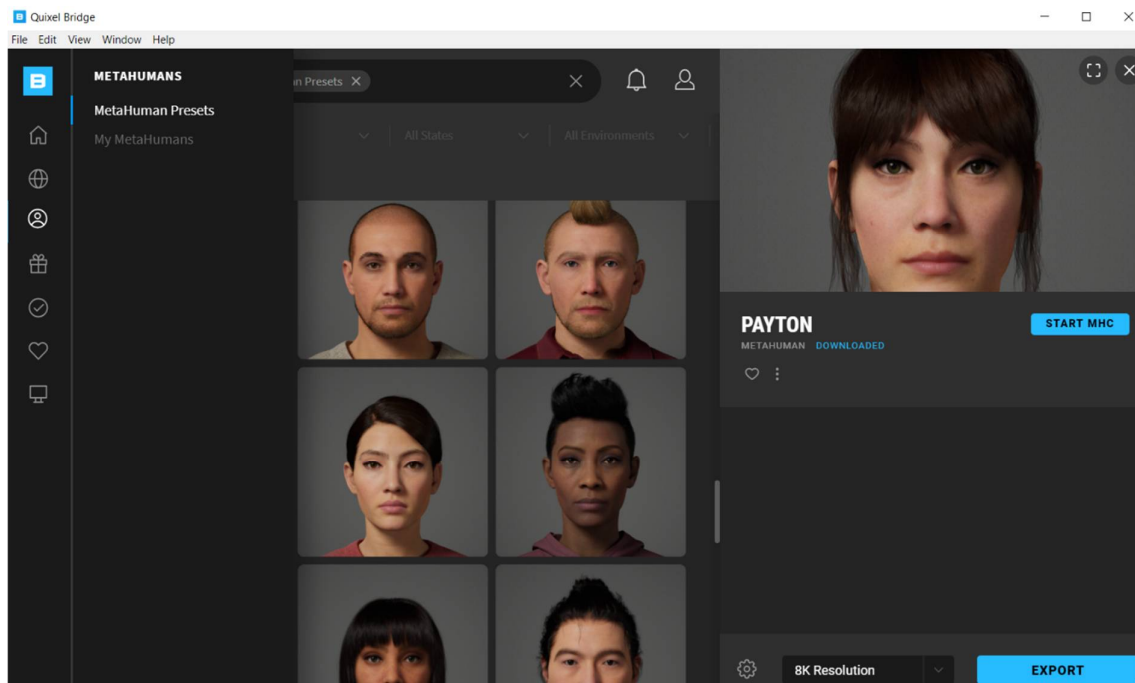
Slika 2.7. Dijagram toka Python aplikacije

2.2.5. Unreal Engine 4 aplikacija za vizualizaciju

Za izradu aplikacije za vizualizaciju korištena je posebno prepravljena verzija programa *Unreal Engine 4.26* sastavljenog (engl. compiled) iz izvornog kôda. Većina proizvođača programa ne dopušta direktno preuzimanje koda već se mora proći proces autorizacije. Stoga je bilo potrebno zatražiti pristup izvornom kôdu te napraviti izmjene koje su omogućile pokretanje aplikacija na mikrorračunalu. Promjene izvornog kôda uključivale su:

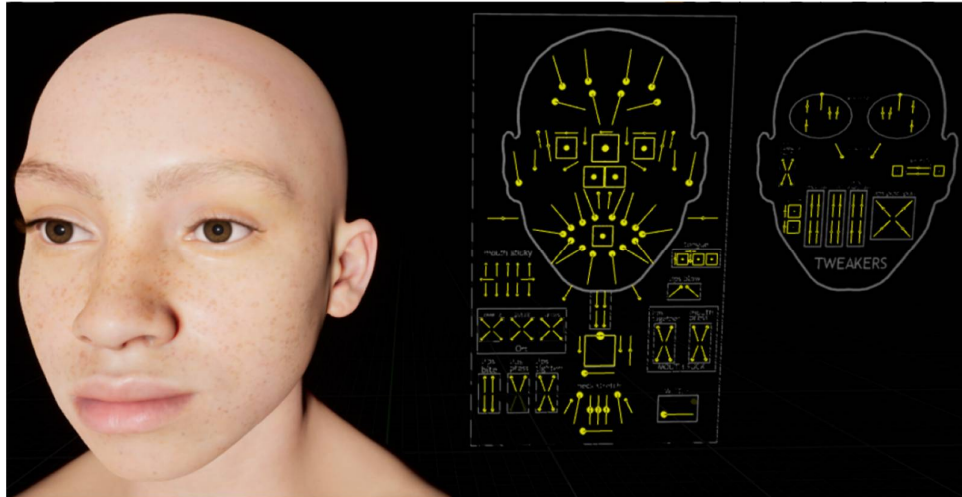
- Dodavanje podrške za kontrolni čip (*Broadcom*) mikrorračunala
- Dodavanje podrške za teksture na mikrorračunalu
- Povećavanje maksimalnog broja kostiju koji se mogu prikazati na modelu za arhitekturu mikrorračunala

Nakon uspješne izmjene izvornog kôda *Unreal Engine-a*, model ljudskog lica modeliran je u programskom alatu *Metahuman Creator*. Radi se o alatu koji je razvijen kao pomoć pri modeliranju realnih skulptura ljudskog tijela za *Unreal Engine*. Također alat omogućuje vrlo dobru pripremu za animiranje skulptura. Pošto je *cloud-based* alat, potrebno je instalirati program *Quixel Bridge* koji služi kao konektor između *Unreal Engine-a* i *Metahuman Creator-a*.



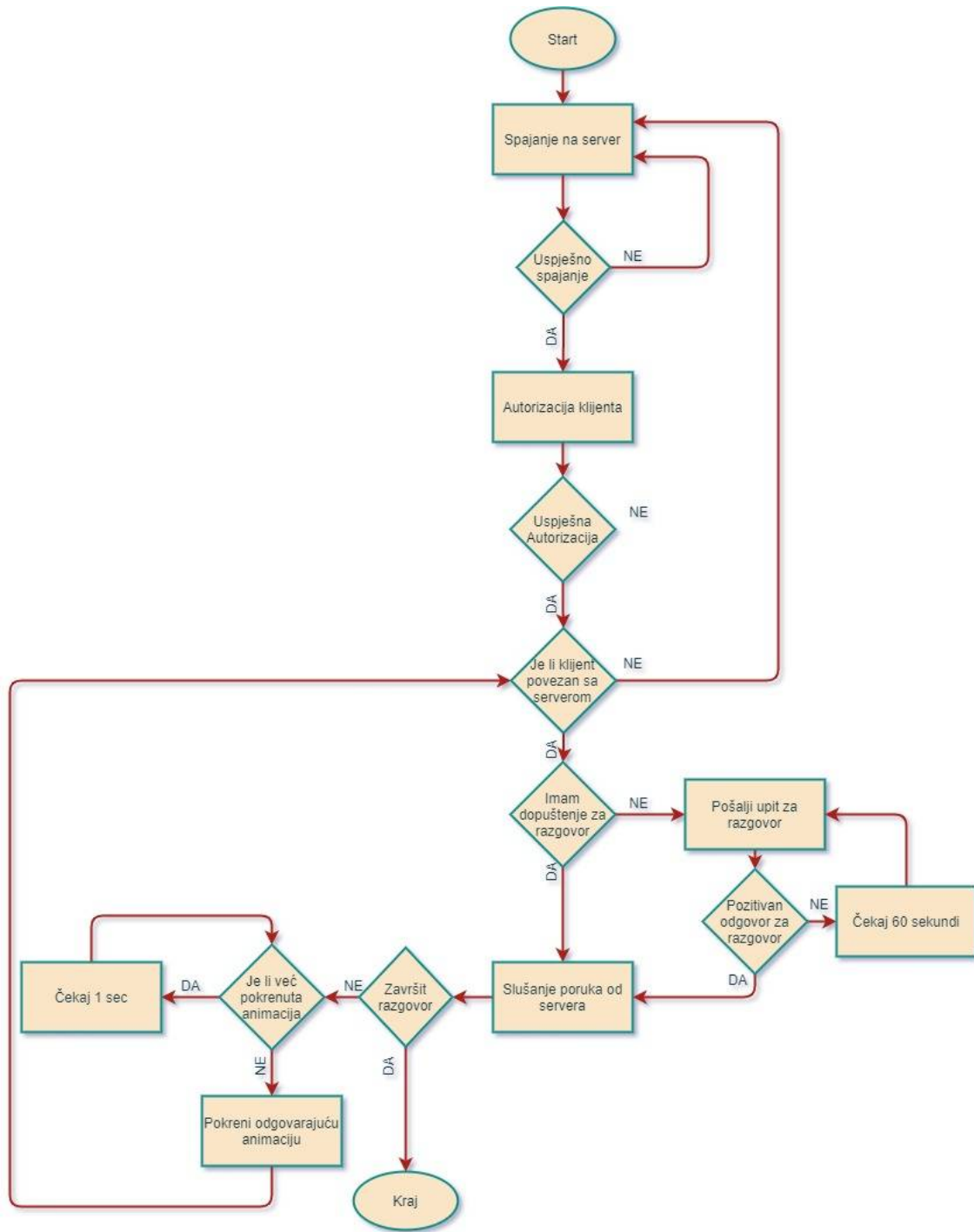
Slika 2.8. *Quixel Bridge*

Kreiranjem novog projekta otvara se generička scena koja sadrži osnovne elemente kao što su osvjetljenje i podloga. Zatim se prije modelirano ljudsko tijelo učita u *Unreal Engine* preko programa *Quixel Bridge* [Slika 2.8]. Nakon učitavanja modela u scenu, pomoću programskog dodatka *Rig Logic* (dostupan samo na verzijama *Unreal Engine 4.26* i više), dobivamo mogućnost fine kontrole izražaja lica [Slika 2.9]. Ovom metodom dobiveni su razni izražaji lica, povezani u animacije koje definiraju prelazak s jedne emocije u drugu. Također izrađene animacije se kontinuirano pokreću kako bi se povećala živost samog virtualnog agenta.



Slika 2.9. Kontrole za postavljanje izražaja lica

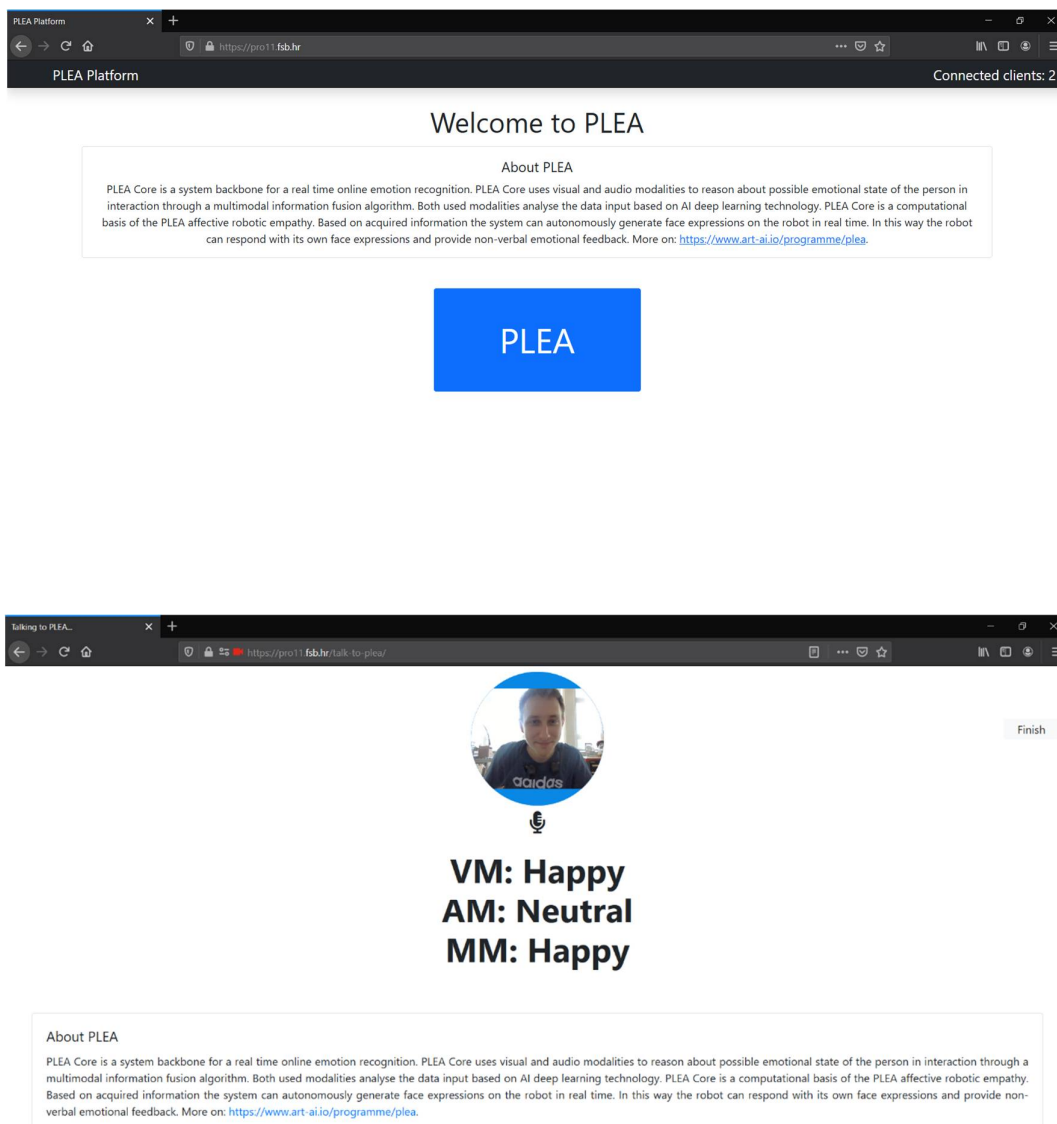
Nakon definiranja svih animacija potrebno je bilo napisati pozadinski programski kôd koji će pravovremeno pokretati određene animacije. Suština rada kôda je povezivanje sa serverom i autorizacija, potom se slušaju poruke od servera te se pokreću animacije lica. Slika 2.10 prikazuje dijagram toka kôda.



Slika 2.10. Dijagram toka Unreal Engine aplikacije

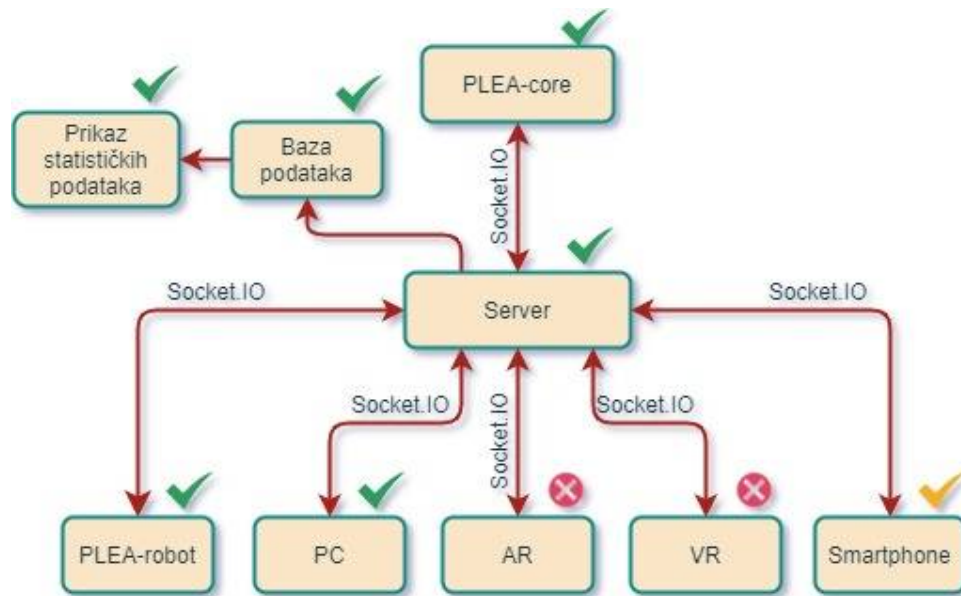
3. REZULTATI

U ovom poglavlju bit će prikazani dobiveni rezultati. Prilikom izrade rada bilo je potrebno nekoliko puta sastavljati (*engl. compile*) *Unreal Engine* aplikaciju kako bi se ista mogla pokrenuti na različitim platformama. Kako se radi o vrlo kompleksnom problemu, prepravljanje izvorni kod aplikacije je prilagođen za pokretanje na *Windows* i *Raspberry Pi 4* platformama. Alternativno je bila izrađena ekvivalentna aplikacija koja se izvršava na web pregledniku u realnom vremenu, ali uz nedostatak vizualizacije [Slika 3.1].



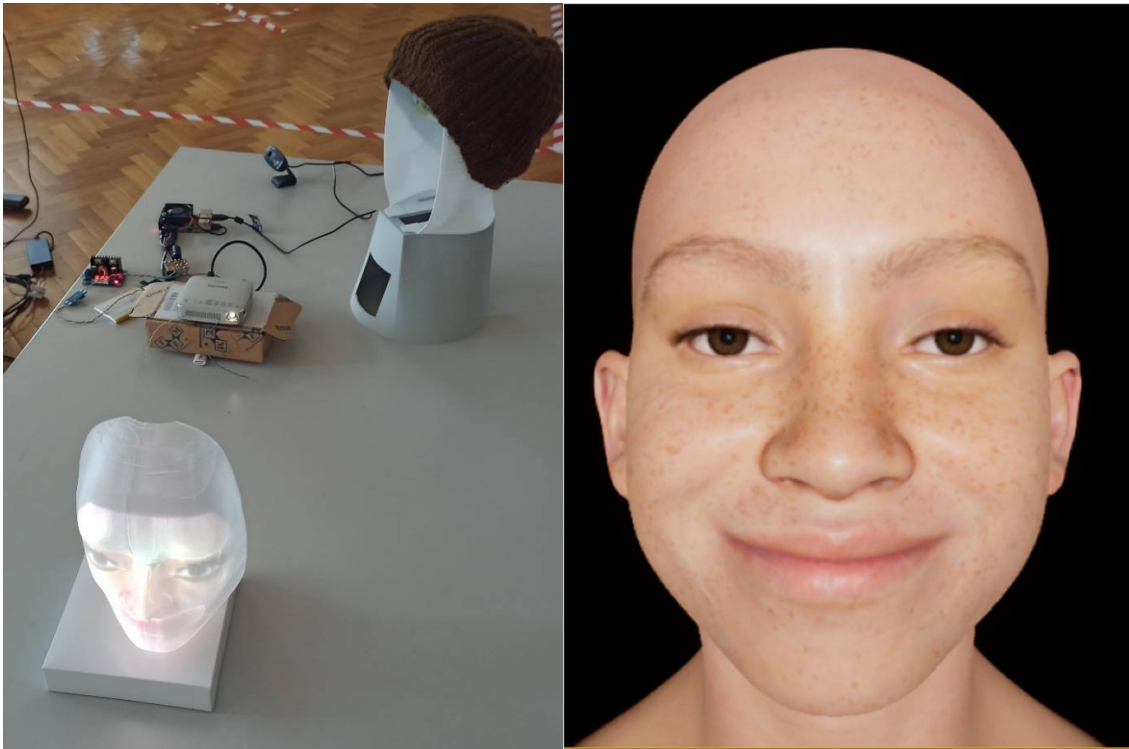
Slika 3.1. Web aplikacija

Aplikacija je dostupna na web adresi <https://pro11.fsb.hr>. Teoretski takva se aplikacija može pokrenuti na bilo kojem uređaju koji ima web preglednik. Također jedan od razloga zašto, do trenutka predaje ovoga rada, nije odrađen taj dio je i nedostatak vremena jer je trebalo napraviti vrlo stabilan sustav rada PLEA robot komponente kako bi bio osiguran stabilan rad za Art & AI festivalu u Leicesteru, Velika Britanija gdje će biti provedeno opsežno testiranje sustava. **Slika 3.2** prikazuje arhitekturu sustava. Zelenom kvačicom su označeni segmenti sustava koji su u potpunosti završeni. Narančastom kvačicom su označeni djelomično završeni segmenti, a crvenom su označeni segmenti koji se još planiraju izraditi kako bi arhitektura bila cjelovita. Dva segmenta koja još nisu napravljena se odnose na implementaciju softverskog agenta na uređajima za virtualnu i proširenu stvarnost što ne utječe na samu funkcionalnost osnovne arhitekture sustava.



Slika 3.2. Cjelokupni sustav

Segment PLEA-robot detaljno je razrađen. Na slici [Slika 3.3] vidi se upravljački dio, gornji dio kućišta robota, te projicirano lice virtualnog agenta na fizičko lice robota.



Slika 3.3 Dijelovi PLEA-robot sustava

Detaljna evaluacija sustava bit će provedena na festivalu te nakon što festival prođe budući da će afektivni robot tamo biti u stalnoj interakciji s posjetiteljima. Prilikom testiranja aplikacije na festivalu pohranjivat će se podaci o odzivima korisnika na određene emocije koje je iskazala PLEA preko svojeg lica. Sakupljeni podaci će potom biti korišteni za poboljšavanje točnosti predviđanja računalnih modela za prepoznavanje emocija. Osim toga, sakupljeni podaci će biti korišteni za razvijanje interakcijskih strategija afektivnog robota.

4. EVOLUCIJA SUSTAVA

Razvijena aplikacija PLEA će biti testirana u nekoliko testnih scenarija. Prvi uključuje interakciju studenata FSB-a koristeći veliki ekran smješten na zid ispred Laboratorija. Prikaz PLEA agenta će biti generiran u realnom vremenu na velikom ekranu na temelju procijenjenog emocionalnog stanja korisnika s kojim virtualni agent komunicira pomoću neverbalnih komunikacijskih znakova iskazujući emocije preko lica. Ta interakcija neće biti snimana zbog zaštite privatnosti korisnika. PLEA će potom preko ekrana pozvati korisnika (studenta) da ukoliko želi može pridonijeti razvoju računalnih modela koji upravljaju sustavom unutar Laboratorija pod kontroliranim uvjetima. Navedena interakcija će biti snimana. Na taj će način računalni modeli biti konstantno poboljšavani omogućujući sustavu sve točnije prepoznavanje emocija korisnika.

PLEA robot će biti jedna od zvijezda Art & AI festivala koji se trenutno održava u Leicesteru, Velika Britanija (<http://www.art-ai.io/>). PLEA robot će biti fizički dostupan kao instalacija na festivalu u srpnju, kolovozu i rujnu. Virtualni agent koji se prikazuje kroz robota bit će inicijaliziran i upravlján iz LAPIS laboratorija s FSB-a. Analitika sustava bit će provedena na laboratorijskom poslužitelju. Time direktno dolazi do izražaja snaga i važnost računalne podrške razvijene i predstavljene u sklopu ovog rada. Kroz suradnju s timom Centra za kreativne tehnologije s De Montfort sveučilišta (DMU) koji je organizator festivala je dogovorena suradnja i zajedničko istraživanje tako što će interakcija posjetitelja s robotom biti snimana te kasnije analizirana. Očekuje se da će zajedničko istraživanje dovesti do razvoja novih interakcijskih strategija te novih spoznaja u područjima kognitivne robotike i interakcije čovjeka i robota. Više informacija o sudjelovanju PLEA robota je moguće saznati na <https://www.art-ai.io/programme/plea/>.

5. ZAHVALE

Zahvaljujem svojem mentoru doc. dr. sc. Tomislavu Stipančiću na iznimnoj pomoći i podršci tijekom izrade rada, na povjerenju za korištenje raznih tehnologija u laboratoriju.

Također zahvaljujem se doktorandu Leonu Korenu na velikoj pomoći i danim savjetima kod izrade tehničkog dijela rada.

Zahvaljujem se i djevojci Ivoni Martinez, roditeljima, bratu, sestrama i prijateljima na podršci i razumijevanju.

6. ZAKLJUČAK

Sustav posjeduje posebno razvijeni PLEA Core modul koji može procjenjivati emocije korisnika u interakciji koristeći vizualne i zvučne modalnosti. Te su modalnosti kreirane koristeći metodologiju dubokog učenja temeljem velike količine podataka koja opisuje ciljano ponašanje sustava. Tehnikama vizualizacije informacija potom je kreiran softverski agent PLEA koji se prikazuje kod korisnika na uređaju koji je odabran za interakciju. Razvijeni sustav bit će testiran u sklopu Art & AI festivala koji se ove godine održava u Leicesteru, Velika Britanija. Virtualni agent koji je inicijaliziran u Laboratoriju na FSB-u će obitavati u glavi afektivnog robota na festivalu. Aktivno će se sakupljati interakcijski podaci koji će se nakon što festival završi analizirati i uključiti u postojeće upravljačke mehanizme za prepoznavanje emocija softverskog agenta.

Razvijeni sustav predstavlja temelj za sadašnja i buduća istraživanja od interesa iz područja kognitivne robotike, vizualizacije informacija te interakcije čovjeka i robota koja će se odvijati u sklopu Laboratorija za projektiranje izradbenih i montažnih sustava FSB-a [2]. Planira se primijena ovih koncepata u različitim domenama ljudskih djelatnosti od zdravstva i medicine pa do računalnih znanosti, IKT-a, kognitivne robotike te umjetne inteligencije.

PODRŠKA HRZZ

Ovaj rad je sufinancirala Hrvatska zaklada za znanost projektom “AMICORC - Afektivna multimodalna interakcija temeljena na konstruiranoj robotskoj spoznaji”(UIP-2020-02-7184).

7. LITERATURA

- [1] T. Stipančić, Y. Ohmoto, S. A. Badssi i T. Nishida, »Computation Mechanism for Situated Sentient Robot,« u *SAI Computing Conference*, London, 2017.
- [2] L. D. Riek, »Wizard of Oz studies in HRI: a systematic review and new reporting guidelines,« *Journal of Human-Robot Interaction*, svez. I, br. 1, pp. 119-136, 2012.
- [3] C. H. i B. S., »Grounding in communication,« *Perspectives on socially shared cognition*, pp. 127-149, 1991.
- [4] C. H. i S. E., »Contributing to discourse,« *Cognitive Science*, pp. 259-292, 1989.
- [5] M. J. Nathan, M. W. Alibali i R. B. Church, »Making and breaking common ground: How teachers use gesture to foster learning in the classroom,« *R. B. Church, M. W. Alibali, & S. D. Kelly (Eds.). John Benjamins Publishing Company*, pp. 285-316, 2017.
- [6] E. Tan, »Effects of two differently sequenced classroom scripts on common ground in collaborative inquiry learning,« *Instructional Science*, svez. 46, pp. 893-919, 2018.
- [7] T. Stipančić, B. Jerbić i P. Čurković, »A context-aware approach in realization of socially intelligent industrial robots,« *Robotics and computer-integrated manufacturing*, svez. 37, pp. 79-89, 2016.
- [8] B. Jerbić, T. Stipančić i T. Tomašić, »Robotic bodily aware interaction within human environments,« u *SAI Intelligent Systems Conference*, London, UK, 2015.
- [9] T. Stipančić, B. Jerbić i P. Čurković, »A Bayesian Approach to Robot Group Control,« *Computer Technology and Application*, svez. 2, pp. 716-723, 2011.

- [10] Y. Jiang, W. Li, M. S. Hossain, M. Chen, A. Alelaiwi i M. Al-Hammadi, »A snapshot research and implementation of multimodal information fusion for data-driven emotion recognition,« *Information Fusion*, pp. 209-221, 2020.
- [11] S. Poria, E. Cambria, N. Howard, G.-B. Huang i A. Hussain, »Fusing audio, visual and textual clues for sentiment analysis from multimodal content,« *Neurocomputing*, pp. 50-59, 2016.
- [12] Y. Qian, Y. Zhang, X. Ma, H. Yu i L. Peng, »EARS: Emotion-aware recommender system based on hybrid information fusion,« *Information Fusion*, pp. 141-146, 2019.
- [13] D. Gkoumas, Q. Li, C. Lioma, Y. Yu i D. Song, »What makes the difference? An empirical comparison of fusion strategies for multimodal language analysis,« *Information Fusion*, pp. 184-197, 2021.
- [14] L. Koren i T. Stipančić, »Multimodal Emotion Analysis based on Acoustic and Linguistic Features of the Voice,« u *Social Computing and Social Media: Experience Design and Social Network Analysis*, 2021.
- [15] L. Koren, »Mehanizam za zakretanje robotske glave koji reagira na zvučne podražaje,« 2020.
- [16] M. Matijašević, »Afektivna robotska glava koja imitira izražaje lica osobe u interakciji,« Zagreb, 2020.

8. SAŽETAK

Autor: Andrija Ričko

Naslov rada: PLEA - softverski agent koji djeluje u različitim okolinama

U ovom radu opisana je PLEA platforma za ostvarivanje prisutnosti agenta u sklopu različitih okolina PLEA virtualnog agenta. Kroz rad su objašnjeni i prikazani postupci pripreme i izrade svih komponenti sustava. Primarni dio sustava je softverski agent koji je smješten u sklopu PLEA Server komponente i koji djeluje kroz kibernetički prostor u sklopu stvarne okoline gdje se odvija interakcija s korisnicima. . Softverski agent PLEA nije ograničen udaljenošću niti korištenim sučeljem te može razmjenjivati neverbalne komunikacijske znakove s korisnicima za neverbalnu komunikaciju.

PLEA arhitektura se sastoji od centralne jedinice zadužene za procesuiranje emocija te kontrolu virtualnog položaja agenta koja je smještena na PLEA Server komponenti. Putem Interneta centralna jedinica šalje informacije prema sučelju robota (PLEA Robot komponenta), koji je također dizajniran unutar ovog rada. Robot je pogonjen mikroračunalom *Raspberry Pi 4B* na kojem je implementirano virtualno lice izrađeno u *Metahuman Creator-u* te animirano pomoću *Unreal Engine-a 4*. Komunikacija je dizajnirana pomoću *socket* računalnog protokola s posebno prilagođenim bibliotekama. Za potpunu funkcionalnost robot je opremljen web kamerom koja prikuplja podatke te ih šalje centralnoj jedinici na obradu. Podaci u prijenosu su kodirani primjenom VPN programskog rješenja te se isti ne spremaju niti na jednom dijelu sustava. U konačnici, dizajnirana je baza podataka za spremanje podataka vezanih uz rad agenta.

Sustav je testiran u laboratorijskom okruženju na Fakultetu strojarstva i brodogradnje dok će test u stvarnom svijetu biti proveden na Art & AI festivalu Leicesteru, Velika Britanija (<https://www.art-ai.io/programme/plea/>). Razvijeni sustav je od strateškog značaja za rad laboratorij na FSB-u gdje će se razvijati područja umjetne inteligencije, kognitivne robotike, vizualizacije informacija te interakcije čovjeka i robota. Očekuje se da će ovaj rad osim znanstvenog doprinosa doprinijeti stvaranju budućih suradnji između istraživačke grupe s FSB-a i grupe Centra za kreativne tehnologije sa DMU-a.

Ključne riječi: afektivna robotika, Unreal Engine 4, Raspberry Pi, umjetna inteligencija, imitacija

9. SUMMARY

Author: Andrija Ričko

Title: PLEA - a software agent that operates in various environments

This paper describes the PLEA platform for realizing the presence of an agent within different environments. Through the paper, the procedures of preparation and fabrication of all system components are explained and presented. The primary part of the system is the software agent located within the PLEA Server component and which operates through cyberspace within the actual environment where user interaction takes place. In doing so, interacting with the real environment. The PLEA software agent is not limited by distance or interface used and can exchange non-verbal communication signs with users for non-verbal communication.

The PLEA architecture consists of a central unit in charge of processing emotions and controlling the virtual position of the agent, which is located on the PLEA Server component. Via the Internet, the central unit sends information to the robot interface (PLEA Robot component), which is also designed within this paper. The robot is powered by a Raspberry Pi 4B microcomputer on which a virtual face created in Metahuman Creator is implemented and animated using Unreal Engine 4. The communication is designed using a socket computer protocol with specially customized libraries. The robot is equipped with a webcam that collects data and sends it to the central unit for processing. The data in the transmission is encrypted using a VPN software solution and is not stored on any part of the system. Ultimately, a database was designed to store data related to the agent's work.

The system was tested in a laboratory environment at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture while the real-world test will be conducted at the Art & AI Festival in Leicester, UK (<https://www.art-ai.io/programme/plea/>). The developed system is of strategic importance for the work of the laboratory at the FSB, where the areas of artificial intelligence, cognitive robotics, information visualization, and human-robot interaction will be developed. It is expected that this work, in addition to the scientific contribution, will contribute to the creation of future collaborations between the research group from the FSB and the group of the Center for Creative Technologies from the DMU.

Key words: affective robotics, Unreal Engine 4, Raspberry Pi, artificial intelligence, imitation