



SISTEM ZA UPRAVLJANJE PAMETNIM KUĆAMA PUTEM IOT TEHNOLOGIJA

SMART HOME MANAGEMENT SYSTEM VIA IOT TECHNOLOGIES

Jelena Vujaković, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

Oblast – ELEKTROTEHNIKA I RAČUNARSTVO

Kratak sadržaj – Ovaj rad prikazuje razvoj i implementaciju naprednog rešenja za upravljanje pametnim kućama zasnovanog na Internetu stvari (IoT), cloud infrastrukturi i višeplatformskoj korisničkoj aplikaciji. Sistem integriše uređaje, senzore i servise u jedinstveno inteligentno okruženje koje omogućava praćenje i upravljanje ambijentalnim uslovima u realnom vremenu. Arhitektura sistema je modularna i sastoji se od tri glavne komponente: IoT uređaja zasnovanog na ESP32 mikrokontroleru sa DHT22 senzorom, serverless pozadinskog sistema implementiranog pomoću Azure Functions i MongoDB baze podataka, te Flutter aplikacije dostupne na više platformi (Android, iOS, web).

Ključne reči: IoT, CPU, Edge Node, Računarstvo u oblaku.

Abstract – This paper presents the development and implementation of an advanced smart home management system based on the Internet of Things (IoT), cloud infrastructure, and a multiplatform user application. The system integrates devices, sensors, and services into a unified intelligent environment that enables real-time monitoring and control of ambient conditions. The system architecture is modular and consists of three main components: an IoT device based on an ESP32 microcontroller with a DHT22 sensor, a serverless backend implemented using Azure Functions and a MongoDB database, and a Flutter application available across multiple platforms (Android, iOS, and web).

Keywords: IoT, CPU, Edge Node, Cloud Computing.

1. UVOD

Pametne kuće predstavljaju jednu od najdinamičnijih oblasti savremene tehnologije, nudeći korisnicima mogućnost da unaprede kvalitet života kroz automatizaciju, optimizaciju potrošnje energije i povećanje bezbednosti. Razvoj IoT (Internet of Things) rešenja za pametne kuće omogućava povezivanje različitih uređaja i senzora, čime se stvara inteligentno okruženje koje reaguje na promene u realnom vremenu i prilagođava se potrebama korisnika.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Milan Lukić, docent

U tom kontekstu, sistem je osmišljen kao napredno, skalabilno i fleksibilno rešenje koje integriše najnovije tehnologije iz oblasti IoT-a, cloud computinga i multiplatformskih korisničkih interfejsa.

Sistem koristi Azure Functions kao serverless backend, što omogućava automatsko skaliranje resursa i optimizaciju troškova, dok MongoDB obezbeđuje fleksibilno skladištenje podataka bez stroge šeme. Real-time komunikacija je omogućena korišćenjem SignalR tehnologije, koja obezbeđuje trenutna ažuriranja korisnicima bez potrebe za ručnim osvežavanjem. Arhitektura sistema je modularna i obuhvata tri glavne komponente: Flutter klijentsku aplikaciju dostupnu na Android, iOS i web platformama, C# backend implementiran kao skup Azure Functions, i IoT uređaj baziran na Arduino tehnologiji opremljen DHT22 senzorom. Poseban naglasak je stavljen na bezbednost i zaštitu podataka kroz implementaciju sigurnih komunikacionih protokola i autentikacije korisnika. HomeR omogućava korisnicima potpunu kontrolu nad pametnim uređajima, uz mogućnost daljinskog upravljanja i praćenja u realnom vremenu, što doprinosi komforu i energetske efikasnosti doma. Sistem je projektovan sa mogućnošću proširenja na dodatne senzore i pametne uređaje, čime se može prilagoditi specifičnim potrebama korisnika i budućim tehnološkim trendovima. Ovaj rad ima za cilj da pruži sveobuhvatan pregled razvoja, implementacije i primene Sistema za upravljanje pametnim kućama, predstavljajući korak ka budućnosti u kojoj će pametne kuće biti standard moderne tehnologije.

2. PREGLED SLIČNIH SISTEMA

U oblasti upravljanja pametnim kućama putem IoT tehnologija postoji nekoliko značajnih komercijalnih rešenja koja dele slične ciljeve sa predloženim sistemom. Google Nest ekosistem integriše pametne termostate, sigurnosne kamere i glasovne asistente kroz centralizovanu platformu za optimizaciju energetske potrošnje i bezbednost doma. Amazon Alexa platforma omogućava upravljanje širokim spektrom pametnih uređaja kroz glasovne komande i jedinstveni interfejs. Apple HomeKit sistem fokusira se na privatnost podataka, pružajući lokalno upravljanje uređajima sa end-to-end enkripcijom. Samsung SmartThings Hub predstavlja otvorenu platformu koja podržava različite komunikacione protokole (Zigbee, Z-Wave, WiFi) i integraciju uređaja različitih proizvođača. Međutim, većina postojećih rešenja oslanja se na zatvoren

ekosistem specifičnih proizvođača, što ograničava fleksibilnost i povećava troškove implementacije. Predloženi sistem se razlikuje po otvorenoj, modularnoj arhitekturi zasnovanoj na standardnim IoT tehnologijama i Azure cloud platformi, omogućavajući kombinovanje uređaja različitih proizvođača uz manje troškove i veću prilagodljivost.

3. OPIS KORIŠĆENIH TEHNOLOGIJA

Implementacija sistema za upravljanje pametnim kućama zahteva integraciju različitih tehnologija koje omogućavaju efikasno prikupljanje, obradu i vizualizaciju podataka. Internet of Things (IoT) tehnologije predstavljaju osnovu sistema, omogućavajući povezivanje fizičkih uređaja sa internetom radi prikupljanja i razmene podataka, pri čemu su korišćeni ESP32 mikrokontroleri sa WiFi modulima koji obezbeđuju pouzdanu komunikaciju između senzora i cloud infrastrukture, dok DHT22 senzori omogućavaju precizno merenje temperature i vlažnosti okruženja uz Arduino IDE kao razvojno okruženje za programiranje mikrokontrolera u C++ programskom jeziku. Microsoft Azure cloud platforma pruža skalabilnu infrastrukturu za backend sistem, uključujući Azure Functions za računarstvo bez servera, Azure IoT Hub za upravljanje IoT uređajima, i Azure SignalR Service za komunikaciju u realnom vremenu, omogućavajući automatsko skaliranje resursa, visoku dostupnost i napredne sigurnosne mehanizme potrebne za pouzdano funkcionisanje sistema. MongoDB baza podataka koristi se za skladištenje senzorskih podataka, omogućavajući fleksibilno upravljanje nestrukturiranim podacima bez potrebe za fiksnom šemom, što je posebno pogodno za IoT aplikacije gde se struktura podataka može menjati tokom vremena. Flutter framework i Dart programski jezik omogućavaju razvoj multiplatformske korisničke aplikacije koja funkcioniše na Android, iOS, web, Windows, macOS i Linux platformama, pri čemu Flutter pruža bogat skup alata za kreiranje korisničkih interfejsa, dok Dart omogućava efikasno asinhrono programiranje potrebno za komunikaciju u realnom vremenu. SignalR tehnologija obezbeđuje dvosmernu komunikaciju u realnom vremenu između servera i klijentskih aplikacija, omogućavajući korisnicima da budu trenutno obavešteni o promenama u sistemu bez potrebe za ručnim osvežavanjem aplikacije, dok RESTful API arhitektura omogućava standardizovanu komunikaciju između različitih komponenti sistema, pružajući jasno definisane krajnje tačke za prikupljanje i distribuciju podataka između IoT uređaja, Cloud servisa i korisničkih aplikacija.

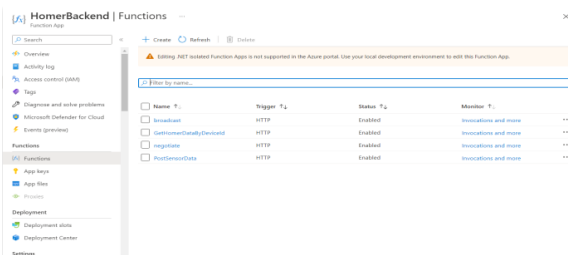
3.1 LoRa uređaj: Ivični uređaj za prikupljanje podataka

LoRa uređaj, implementiran kroz ESP32 mikrokontroler sa LoRa modulom, predstavlja ključnu komponentu sistema za prikupljanje podataka na ivici mreže (engl. Edge computing), omogućavajući efikasno prikupljanje senzorskih informacija iz okruženja uz minimalnu potrošnju energije. Ovaj uređaj funkcioniše kao krajnji čvor u IoT arhitekturi, opremljen DHT22 senzorom za precizno merenje temperature i vlažnosti. Kombinacija 32-bitnog dual-core Xtensa LX6 procesora koji radi na frekvenciji do 240 MHz, zajedno sa 520 KB SRAM memorije i 4 MB Flash memorije, omogućava lokalnu obradu podataka pre

njihovog prosleđivanja centralnom sistemu, čime se smanjuje mrežno opterećenje i povećava efikasnost celokupnog sistema. Ugrađeni 0.96-inčni OLED displej pruža vizuelnu povratnu informaciju o statusu uređaja i kvalitetu signala, dok napredni sistem upravljanja napajanjem omogućava dugotrajan rad na baterijama kroz različite režime niske potrošnje energije, uključujući mod dubokog spavanja sa potrošnjom manjom od 10 μ A. Softverska implementacija realizovana je kroz Arduino IDE razvojno okruženje korišćenjem C programskog jezika, pri čemu se podaci prikupljaju periodično (na svakih 60 sekundi), formatiraju u JSON strukture sa vremenskim oznakama sinhronizovanim sa NTP serverom, i asinhrono šalju ka Azure backend infrastrukturi putem sigurnih HTTP POST zahteva, omogućavajući kontinuirano praćenje ambijentalnih uslova i real-time reakcije sistema na promene u okruženju.

3.1 Pozadinska i Azure Infrastruktura

Pozadinska infrastruktura sistema za upravljanje pametnim kućama implementirana je pomoću Microsoft Azure Cloud platforme. Arhitektura je zasnovana na računarskom modelu bez održavanja servera korišćenjem Azure funkcija. Sistem je organizovan kao višeslojna arhitektura koja se sastoji od prezentacionog sloja implementiranog kroz Azure Functions HTTP krajnje tačke za komunikaciju sa IoT uređajima i klijentskim aplikacijama, servisnog sloja koji sadrži poslovnu logiku kroz HomerService klasu za obradu i validaciju podataka, te sloja za pristup podacima realizovanog putem MongoDB NoSQL baze podataka koja omogućava fleksibilno skladištenje nestrukturiranih senzorskih informacija bez potrebe za fiksnom šemom. U projektu je korišćen C# programski jezik za implementaciju poslovne logike, pri čemu su kreirana tri ključna Azure Functions endpoint-a: PostSensorData funkcija za prijem JSON podataka sa ESP32 uređaja putem HTTP POST zahteva, GetDeviceInformation funkcija za preuzimanje informacija o uređaju na osnovu identifikatora, te broadcast i negotiate funkcije za realizaciju SignalR komunikacije u realnom vremenu. MongoDB je integrisana kroz generički MongoDBRepository<T> repozitorijum koji omogućava centralizovano upravljanje kolekcijama, sa specifičnim repozitorijumima HomerDataRepository za senzorske podatke i DeviceDataRepository za informacije o uređajima, dok WeatherRepository služi za komunikaciju sa spoljašnjim vremenskim servisima. Azure SignalR servis obezbeđuje dvosmerni prenos podataka u realnom vremenu između servera i klijentskih aplikacija kroz currentSensorData kanal, omogućavajući korisnicima trenutna ažuriranja bez ručnog osvežavanja, dok Azure Key Vault čuva bezbedne konfiguracije i pristupne ključeve. Deployment pozadinskog koda realizuje se automatski iz Visual Studio razvojnog okruženja ka Azure cloud platformi kroz kontinuiranu integraciju resursa, što omogućava sistemu dinamičko skaliranje, visoku dostupnost preko ugovorenih garancija kvaliteta usluge i naprednu sigurnost kroz Azure Active Directory sistem za potvrđivanje identiteta autentifikaciju.

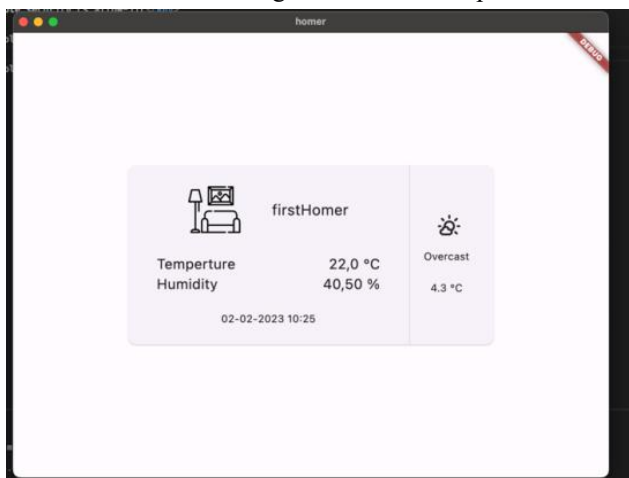


Slika 1. Prikaz ključnih funkcionalnosti backend sloja za upravljanje senzorskim, uređajskim i vremenskim podacima u HomeR sistemu

3.2 Korisnički Interfejs HomeR Sistema: Multiplatformska Aplikacija za Pametnu Kuću

Korisnički interfejs predstavlja ključnu komponentu sistema, omogućavajući intuitivno i efikasno upravljanje pametnim domom kroz naprednu višeplatformsku aplikaciju. Razvijen korišćenjem Flutter okvira i Dart programskog jezika, interfejs omogućava korisnicima da pristupe funkcionalnostima sistema sa bilo kog uređaja - mobilnih telefona, tablet računara, stolnih računara ili direktno kroz veb preglednike. Aplikacija je projektovana kao centralna kontrolna tabla koja omogućava praćenje podataka sa senzora u realnom vremenu, upravljanje pametnim uređajima na daljinu, kao i prilagođavanje korisničkog iskustva prema individualnim potrebama.

Arhitektura korisničkog interfejsa zasniva se na modularnim komponentama koje omogućavaju jasno odvajanje funkcionalnosti i lako proširenje sistema, uključujući komponente za vizualizaciju podataka o temperaturi i vlažnosti, prikaz spoljašnjih vremenskih uslova, kao i upravljačke module za različite pametne uređaje u domaćinstvu. Posebnu karakteristiku predstavlja implementacija dvosmerne komunikacije sa pozadinskim sistemom, gde se koristi kombinacija poziva ka programskom interfejsu aplikacije za inicijalno preuzimanje podataka i SignalR tehnologija za trenutna ažuriranja bez potrebe za osvežavanjem aplikacije. Višeplatformska priroda aplikacije omogućava korisnicima kontinuiran pristup funkcionalnostima sistema bez obzira na njihovu trenutnu lokaciju ili tip uređaja koji koriste, pri čemu se aplikacija automatski prilagođava različitim veličinama ekrana i operativnim sistemima, zadržavajući konzistentnost korisničkog iskustva na svim platformama.



Slika 2. Prikaz rada front-end aplikacije na Mac OS emulatu za vizuelizaciju senzorskih i uređajskih podataka u HomeR sistemu

4. SPECIFIKACIJA

Cilj ovog projekta je razvoj naprednog sistema za upravljanje pametnim kućama koristeći Internet stvari tehnologije, pri čemu je sistem implementiran korišćenjem Azure cloud platforme koja omogućava skalabilno skladištenje podataka, serverless obradu i komunikaciju u realnom vremenu između IoT uređaja i korisničkih aplikacija. Projekt obuhvata implementaciju višeplatformske aplikacije koja omogućava praćenje ambijentalnih uslova u domu na osnovu podataka dobijenih od senzora za temperaturu i vlažnost, koristeći ESP32 mikrokontroler sa DHT22 senzorom za prikupljanje podataka, Azure Functions za serverless obradu i MongoDB za fleksibilno skladištenje informacija. Ključni aspekt sistema predstavlja obrada senzorskih podataka u realnom vremenu i omogućavanje korisnicima da prate uslove u svom domu putem intuitivne višeplatformske aplikacije razvijene u Flutter razvojnom okruženju, uz integraciju SignalR servisa za trenutnu komunikaciju između pozadinskog sistema i korisničke aplikacije. Ovakav pristup omogućava automatska ažuriranja korisničkog interfejsa bez potrebe za ručnim osvežavanjem, čime se obezbeđuje kontinuirano praćenje parametara okruženja i efikasno upravljanje pametnim domom kroz centralizovanu kontrolnu tablu dostupnu na različitim platformama i uređajima.

5. IMPLEMENTACIJA

Sistem je razvijen kroz nekoliko ključnih faza, od inicijalizacije infrastrukture za Internet stvari do prikupljanja i distribucije podataka sa senzora, uz korišćenje fundamentalnih koncepata računarstva u Cloudu kao što su funkcije bez servera, nerelacione baze podataka i komunikacija u realnom vremenu. Sistem koristi višeslojnu arhitekturu koja omogućava komunikaciju između različitih komponenti unutar ekosistema pametne kuće, uključujući uređaje za Internet stvari, pozadinski sistem i korisničke aplikacije, pri čemu ovaj model omogućava razvoj aplikacija koje efikasno razmenjuju podatke preko protokola za prenos hiperteksta i SignalR tehnologije, koristeći generisane interfejse za razmenu informacija između servisa. Na početku, senzori prikupljaju podatke o temperaturi i vlažnosti u prostoru i te informacije prosleđuju sistemu putem dokumenata u notaciji objekata definisanih u okviru programskog interfejsa aplikacije, dok se podaci dalje obrađuju kroz faze obrade podataka bez servera i upravljanja stanjem aplikacije, osiguravajući stabilno i pouzdano funkcionisanje sistema. Azure funkcije su zadužene za upravljanje životnim ciklusom zahteva, dok baza podataka kontroliše skladištenje i preuzimanje podataka u različitim stanjima, uključujući inicijalno čuvanje i kasniju analizu informacija. U okviru razvoja projekta za upravljanje pametnim kućama pomoću senzora za Internet stvari, servisni interfejsi se definišu za ključne komponente koje omogućavaju komunikaciju između različitih delova sistema, pri čemu prva komponenta predstavlja senzorski uređaj koji prikuplja podatke o ambijentalnim uslovima pomoću senzora za temperaturu i vlažnost. Servisni interfejs za senzorski uređaj omogućava slanje podataka o temperaturi i vlažnosti ka komponenti za obradu podataka korišćenjem zahteva za slanje podataka, dok senzorski uređaj periodično prikuplja podatke i koristi definisani interfejs da prosledi informacije procesoru

podataka radi dalje obrade. Procesor podataka predstavlja ključnu komponentu koja obrađuje podatke o ambijentalnim uslovima i donosi odluke o daljim akcijama u sistemu, sa definisanim servisnim interfejsom koji omogućava prijem podataka sa senzora za Internet stvari i obezbeđuje komunikaciju između senzora i modula za obradu podataka, uključujući pravovremenu analizu promena u okruženju i evidentiranje upozorenja kada vrednosti prelaze definisane pragove. Takođe, servisni interfejsi su definisani i za korisnički interfejs i komunikaciju u realnom vremenu, koje upravljaju korisničkim interakcijama i procesima unutar sistema, omogućavajući kontrolu nad prikazom podataka, ažuriranje korisničkog interfejsa u realnom vremenu i omogućavanje dvosmerne komunikacije u skladu sa potrebama sistema, čime svaki deo sistema ima jasno definisane komunikacione kanale što omogućava efikasan i pouzdan rad aplikacije za upravljanje pametnim domom.

5.1 SignalR i integracija sa pozadinskim sistemom

Tehnologija za komunikaciju u realnom vremenu predstavlja ključnu komponentu za uspostavljanje dvosmerne komunikacije između pozadinskog sistema i korisničke aplikacije, omogućavajući trenutno ažuriranje podataka bez potrebe za ručnim osvežavanjem interfejsa, pri čemu je ova tehnologija implementirana kao servis u okviru Cloud platforme koji pruža skalabilnu infrastrukturu za upravljanje velikim brojem istovremenih konekcija i efikasnu distribuciju podataka ka svim povezanim klijentima. Integracija servisa za komunikaciju u realnom vremenu sa pozadinskim sistemom ostvaruje se kroz Cloud funkcije koje služe kao posrednici između baze podataka i klijenata, gde se podaci sa senzora automatski prosleđuju svim aktivnim korisnicima čim stanu na raspolaganje, dok se arhitektura komunikacije zasniva na centralnom čvoru koji upravlja konekcijama i distribucijom poruka prema registrovanim klijentima. Kada senzorski uređaj pošalje nove podatke pozadinskom sistemu putem programskog interfejsa aplikacije, Cloud funkcija prima podatke, obrađuje ih kroz poslovnu logiku i zatim koristi servis za komunikaciju u realnom vremenu da emituje ažurirane informacije ka svim povezanim klijentskim aplikacijama, pri čemu se ovaj proces odvija asinhrono omogućavajući sistemu da istovremeno obrađuje mnogostruke zahteve i održava visoke performanse bez blokiranja drugih operacija. Implementacija klijenta u korisničkoj aplikaciji realizuje se kroz uspostavljanje trajne konekcije sa pozadinskim sistemom, gde aplikacija inicijalno šalje zahtev za dobijanje pristupnog tokena i podešavanja, nakon čega se registruje za praćenje određenih kanala komunikacije kao što je kanal za senzorske podatke, vremensku prognozu ili informacije o stanju uređaja. Klijentska strana implementira slušaoce događaja koji reaguju na pristigle poruke sa servera, automatski ažuriraju korisnički interfejs i obaveštavaju korisnika o relevantnim promenama u sistemu, dok je bezbednost komunikacije bezbedena kroz implementaciju sigurnih protokola za uspostavljanje konekcije, potvrdu identiteta korisnika i šifrovanje podataka tokom prenosa. Pozadinski sistem proverava sve dolazne zahteve, kontroliše dozvole korisnika za pristup određenim podacima i implementira mehanizme za sprečavanje neovlašćenog pristupa, dodatno omogućavajući podešavanje različitih nivoa pristupa čime

se osigurava da korisnici primaju samo one informacije za koje imaju odgovarajuće dozvole, dok je optimizacija performansi postignuta kroz implementaciju mehanizama za upravljanje konekcijama, automatsko ponovno povezivanje u slučaju prekida mreže i inteligentno grupiranje poruka radi smanjenja mrežnog saobraćaja.

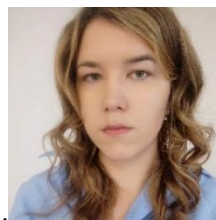
6. ZAKLJUČAK

Razvoj sistema za upravljanje pametnim kućama putem tehnologija Interneta stvari predstavlja značajan korak ka digitalizaciji savremenih domaćinstava, omogućavajući korisnicima potpunu kontrolu nad uslovima u okruženju kroz implementaciju napredne arhitekture koja kombinuje senzorske uređaje, Cloud infrastrukturu i višeplatformske korisničke aplikacije. Ključni doprinos ovog rada ogleda se u uspešnoj integraciji ivičnog uređaja sa senzorima za temperaturu i vlažnost, Cloud servisa za obradu podataka i korisničke aplikacije razvijene u Flutter razvojnom okruženju, pri čemu je korišćenje funkcija bez servera omogućilo kreiranje skalabilne arhitekture koja se automatski prilagođava opterećenju sistema. Modularnost sistema predstavlja najvažniju karakteristiku ostvarenog rešenja, omogućavajući lako proširenje funkcionalnosti i dodavanje novih komponenti bez značajnih promena postojeće arhitekture, dok je testiranje u realnim uslovima potvrdilo pouzdanost, stabilnost i performanse rešenja. Implementirani sigurnosni mehanizmi, uključujući šifrovanje komunikacije i kontrolu pristupa, obezbeđuju zaštitu privatnosti korisnika, dok značaj rada se ogleda u demonstraciji mogućnosti kreiranja ekonomski isplativog rešenja koje koristi dostupne tehnologije i otvorene standarde. Pravci za buduća istraživanja uključuju integraciju veštačke inteligencije za prediktivnu analizu podataka, proširenje na dodatne tipove senzora i implementaciju naprednih algoritma za optimizaciju potrošnje energije, čime ovaj rad predstavlja solidnu osnovu za dalja istraživanja u oblasti pametnih kuća i tehnologija Interneta stvari.

7. LITERATURA

- [1] Erl, T., Puttini, R. and Mahmood, Z., 2013. Cloud computing: concepts, technology & architecture. Pearson Education.
- [2] Cao, J., Zhang, Q. and Shi, W., 2018. Edge computing: a primer. Springer.
- [3] <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/azure-functions/> (pristupljeno u novembru 2025.)
- [4] <https://learn.microsoft.com/en-us/azure/iot-hub/> (pristupljeno u novembru 2025.)

Kratka biografija:



Jelena Vujaković rođena je u Somboru 1995. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Elektrotehnike i računarstva – Embeded sistemi i algoritmi, odbranila je 2025.god.

kontakt:
jelena.vujakovic7@gmail.com