

PRIMENA RAČUNARSTVA NA IVICI KOD PROGRAMABILNO LOGIČKIH KONTROLERA**APPLICATION OF EDGE COMPUTING IN PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS**Nikola Nestorović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – MEHATRONIKA**

Kratak sadržaj U okviru ovog rada dat je opis računarstva na ivici (*Edge Computing*) kod programabilno logičkih kontrolera. Urađeno je poređenje računarstva na ivici sa računarstvom u oblaku (*Cloud Computing*) u različitim industrijskim primenama. Izvršena je analiza praćenja rada pneumatskog cilindra u cilju predviđanja njegovog otkaza u radu.

Ključne reči: Računarstvo na ivici, računarstvo u oblaku, PLK.

Abstract –This paper provides a description of *Edge Computing* in programmable logic controllers. A comparison of *Edge Computing* with *Cloud Computing* in various industrial applications has been done. An analysis was made of monitoring the operation of the pneumatic cylinder in order to predict its cancellation.

Keywords: *Edge Computing*, *Cloud Computing*, *PLC*.

1. UVOD

Internet stvari (IoT) ima značajnu ulogu u digitalnoj transformaciji organizacije i industrije. Sve je veći broj senzora koji generišu terabajte podataka, i potreba za brzim i pouzdanim obradama ovih podataka motivisala je uobičajenu IoT arhitekturu na *Edge Computing* (računarstvo na ivici) uređaje koje komuniciraju sa IoT *Cloud* (oblak) platformama.

Danas, IoT rešenje mora da pokriva mnogo širi opseg zahteva. U većini slučajeva organizacije se odlučuju za kombinaciju *Cloud-a* i *Edge Computing-a* za složena IoT rešenja. *Edge Computing* se obično primenjuje kada organizacije zahtevaju skladištenje i računarsku snagu za izvršavanje određenih aplikacija i procesa i za vizuelizaciju telemetrijskih podataka bilo gde.

Edge Computing je s druge strane, pravi izbor u slučajevima kada je potrebno malo kašnjenje, lokalnim autonomnim radnjama, smanjenim povratnim podacima i kada su u pitanju poverljivi podaci.

U svetu data centara, postoji mogućnost da se neki deo posla obradi sa centralizovane *Cloud* računarske jedinice, tako što će se manje računarski i intenzivni zadaci preuzeti na druge komponente arhitekture [1].

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio prof. dr Stevan Stankovski.

2. TEORIJSKE OSNOVE *EDGE COMPUTING-A*

Edge Computing je raspodeljen *Computing* paradigam koji računanje i skladištenje podataka približava mestu gde je potrebno, poboljšavajući vreme odziva i čuvajući propusni opseg. Infrastruktura *Edge Computing-a* prikazana je na slici 1.

Slika 1. Infrastruktura *Edge computing-a*

Povećanje broja IoT uređaja na *Edge* mreži proizvodi veliku količinu podataka koje treba izračunati u centrima podataka, čime se povećavaju ograničenja mrežnog propusnog opsega do krajnjih granica. Uprkos poboljšanjima mrežne tehnologije, centri podataka ne mogu garantovati prihvatljive stope prenosa kao i vremena odziva, što bi moglo biti kritičan uslov za mnoge aplikacije. Pored toga, uređaji na *Edge* neprestano koriste podatke koji dolaze iz *Cloud-a*, primoravajući kompanije da grade mreže za isporuku sadržaja tako da decentralizuju podatke i obezbeđuju usluge, čime se koristi fizička blizina krajnjeg korisnika.

Upravljanje greškama je od presudne važnosti da bi se usluga održala živom. Ako je jedan čvor nedostupan, korisnici bi i dalje trebali biti u mogućnosti da pristupe usluzi bez prekida. Štaviše, *Edge Computing* sistemi moraju da obezbede akcije za oporavak od kvara i da upozore korisnika o incidentu. U tom cilju, svaki uređaj mora održavati mrežnu topologiju celog distribuiranog sistema, tako da detekcija grešaka i oporavak postanu lako primenljivi [2].

3. POREĐENJE *EDGE COMPUTING-A* SA *CLOUD COMPUTING-OM*

Cloud Computing je centralizovana mreža udaljenih servera koja pruža dostupnost resursa za *Computing* i skladištenje na zahtev preko Internet veze. Kompanijama nudi smanjenje troškova, mobilnost i sigurnost, jer se podacima upravlja centralno i virtualno se čuvaju.

Edge Computing je evolucija i efikasniji oblik *Cloud Computing-a*. Međutim, po bukvalnom značenju, ona određuje da će se sve računanje izvoditi na *Edge* mreže umesto na centralno upravljanim platformama.

Najveća prednost *Edge Computing-a* nad *Cloud Computing-om* jeste broj operacija koje su klijentu potrebni da dođe i prenese podatke sa servera. *Edge Computing* distribuira te procese podataka na različite lokacije. To omogućava da se podaci isporuče do najbližeg čvora i obrade na *Edge*. Međutim, kada je u pitanju količina obrađenih podataka, *Cloud* infrastruktura ima prednost u odnosu na *Edge Computing*.

Druga ključna razlika između *Edge-a* i *Cloud-a* je ta što *Cloud* nudi centralno upravljaju platformu za ceo sistem pronalazjenja podataka ili šta god proces mogao da pokrene preko centralno upravljano sistema.

U slučaju *Edge Computing-a*, samo početnu obradu vrši *Edge* mreža, dok ostatak nosi centralno upravljani sistem što početnu obradu čini suvišnom i efikasnijom. *Edge Computing* se koristi za nadgledanje i analizu u stvarnom vremenu, dok se *Cloud Computing* u osnovi koristi za pozadinski pristup podacima koji možda nisu dovoljno efikasni za pružanje praćenja i analize u realnom vremenu.

4. PRIMENA EDGE COMPUTING-A U INDUSTRIJSKOJ AUTOMATIZACIJI

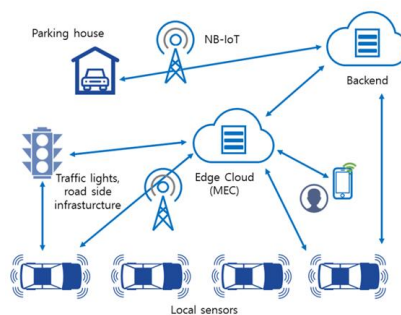
IIoT uključuje pristup podacima u realnom vremenu koji omogućavaju proizvođačkim partnerima i njihovim mašinama da tačno i brzo razmenjuju informacije. Cilj industrije 4.0 je postizanje niske cene proizvodne efikasnosti i stvaranje pouzdanijih operacija korišćenjem IoT i automatizacije. IoT i sveobuhvatne tehnologije su energetske efikasne tehnologije koje pomažu u ubrzavanju skaliranja digitalnog poslovanja sa više podataka, interakcija, kao i boljim i bržim odlukama. . Obrada većine tih podataka je na *Edge-u*. Na *Edge-u* se filtriraju signali buke, samim tim pomaže se u fokusiranju na informacije koje su najvažnije i dramatično umanjuju troškove podataka [3].

5. PRIMENE EDGE COMPUTING-A U RAZLIČITIM INDUSTRIJAMA

Edge Computing je optimizovani i raspodeljeni pristup *Edge* računarskim sistemima. Nudi nekoliko prednosti uklanjajući ponavljajuće obrade podataka iz *Cloud-a* pomoću resursa na *Edge-u* mreže, bliže izvoru podataka.

5.1 Autonomna vozila

Sa autonomnim vozilima, u suštini centrom podataka na točkovima, *Edge Computing* igra dominantnu ulogu. Digitalni partner Intel, procenjuje da će autonomni automobili, sa stotinama senzora na vozilu, generisati 40 terabajta podataka za svakih osam sati vožnje. Nepotrebno je i nepraktično slati sve te podatke u *Cloud*, jer se mnoge radnje i odgovori moraju vršiti u realnom vremenu sa ultra malim kašnjenjem kako bi se obezbedio siguran put putnicima i ostalim učesnicima u saobraćaju. Na slici 2 je prikazana arhitektura autonomnog vozila sa *Edge Computing-om*.



Slika 2. Arhitektura autonomnog vozila sa *Edge Computing-om*

Autonomni automobil koji šalje podatke u *Cloud* radi analize i odlučivanja dok se kreće gradskim ulicama i magistralama pokazao bi se katastrofalnim, a postupci u obradi i u stvarnom vremenu ne zahtevaju informacije o akcijama iz spoljnog izvora kada se koristi *Edge Computing*.

U samom radu su takođe navedene primene *Edge Computing-a* u različitim industrijama i oblastima: Mobile Edge Computing, upravljanje saobraćajem, Edge video orchestration, daljinsko nadgledanje nafte i gasa [4].

6. PRIMENA EDGE COMPUTING-A KOD NAJVEĆIH PROIZVOĐAČA PLC-A

Edge Computing olakšava rastuću potrebu za analizom podataka u realnom vremenu širom industrije. Potrošeno vreme i troškovi potrebni za obavljanje zadataka bliži originalnom izvoru podataka, i bolji i brži odziv, omogućava važne uštede resursa i bolju efikasnost u radu. Postoji više izvora podataka poput senzora, robota, PLC-a, pametnih telefona, tableta itd.

6.1. Mitsubishi electric

Ključne karakteristike Mitshubishi *Edge Computing* softvera i hardvera: Real-time Data analyzer (analiza podataka u realnom vremenu, dijagnostika softvera), MC Works64 *Edge Computing* Edition (SCADA software), MELIPC Series (industrijski računari).

MELIPC se koristi za dve aplikacije *real-time control* za kontrolu uređaja i *Edge Computing* za prikupljanje i analizu podataka u *Edge* sloju. Veliki opseg uređaja sadrži sve, od vrhunskih do niskih modela i doprinosi poboljšanjima na nivou proizvodne linije korišćenjem podataka.

MI5000 je opremljen Windows® i VxWorks®, integriše kontrolu uređaja i obradu informacija u jedan modul kontrolni uređaj visoke preciznosti sa CC-Link IE Field Network. Na slici 4 je prikazan izgled Mitsubishi modela MI5000.



Slika 4. Izgled MI5000

MI3000 Sposobnost za prikaz i rad sa prikupljenim podacima, MI3000/MI2000. Sposobnost prikupljanja podataka i *large-capacity* podataka, MI1000 Računar funkcioniše u kompaktnoj veličini [5].

6.2. Siemens

Industrial Edge-a sadrži sve prednosti računara na *Edge-u* i u *Cloud-u* što je optimalno prilagođeno specifičnim zahtevima. *Industrial Edge* omogućava analizu svih podataka na mašini ili bržu i trenutnu preradu istih. Optimizovani podaci se mogu brže preneti na *Cloud*, postoji pristup većoj računarskoj snazi i većim kapacitetima skladištenja. Ovo omogućava preciznu analizu podataka tokom dužeg vremenskog perioda. Na osnovu aplikacije se može definisati da li i na koji način se koristi *Cloud* pored *Industrial Edge-a*.

SIMATIC S7 – 1500 Edge integration

Kontroler SIMATIC S7-1500 daje vrhunske performanse i poseduje ugrađenu održivost u budućnosti. Pretvara najsavremenije dizajne mašina u stvarnost zahvaljujući modularnoj strukturi regulatora, koja pruža pouzdanu pomoć, svojim radom kroz digitalnu transformaciju.

Multifunkcionalna platforma TM MFP omogućava integraciju različitih, nezavisnih aplikacija: Fleksibilna upotreba opcionih softverskih paketa, npr. Proneta, Mogućnost korišćenja *Edge* aplikacija poput SIMATIC Flov Creator-a, Otvorenost za prilagođena proširenja jezika na visokom nivou, C/C++, Isključiva upotreba interfejsa za posebne aplikacije.

6.3. OPTO 22

Ako se podaci mogu dobiti direktno iz izvora, onda se zna tačno gde se ti podaci nalaze. Groov EPIC uređaj kompanije OPTO22 je uređaj koji se nalazi na *Edge-u* i direktno se povezuje sa senzorima i aktuatorima kroz svoj I/O. Ulazi i izlazi koji sakupljaju podatke sa senzora šalju komandne kontrole. Takođe se može povezivati na postojeće *PLC-ove* ili druge uređaje za prikupljanje podataka i izdavanje naredbi.

Groov EPIC je uređaj na *Edge-u* mreže koji aktivno radi i na podacima, filtriranju anomalija, označavanju, čuvanju i prenosu samo sa izuzetkom da bi se smanjila nepotrebna veličina podataka, i konvertovanju vrednosti iz jednog protokola u drugi. Sav ovaj *preprocessing* omogućava sve operacije i aplikacije preduzeca sa poslovnim *Cloud-ima* mnogo efikasniji rad. Zato što je to jedini izvor podataka, EPIC uređaj takođe može bezbedno da deli ove podatke sa softverom i ostalom opremom, uključujući druge kontrolne sisteme, zgrade menadžment sistema, baze podataka, usluge u *Cloud-u* i druge.

Možete programirati pomoću poznatih alata za automatizaciju: *Function Block Diagram (FBD)*, *Structured Text (ST)*, *Sequential Function Charts (SFC)*, *Ladder Diagram (LD)* [6].

6.4. ABB

Na Hannover Messe u 2017. kompanija B&R (kompanija ABB) predstavila je svoj Orange Box, *Edge* uređaj. Orange Box omogućava operaterima na mašinama da sa minimalnim naporom prikupe i analiziraju podatke sa

prethodno izolovanih mašina i linija i pripreme ih za pametnu fabriku. Kontroler prikuplja operativne podatke sa bilo koje mašine putem svojih I/O kanala ili preko Fieldbus-a. Na osnovu ovih podataka, mape generišu i prikazuju OEE (opštu efikasnost opreme) rejtinga i druge KPI, a informacije se mogu deliti i sa sistemima višeg nivoa putem OPC UA.

6.5. EMERSON

Novi *portfolio* kontrolera povezanih na *Cloud*, industrijskih računara i pametnih uređaja dopunjuje Emerson-ov Plantweb, digitalni ekosistem, dodajući još jedan sloj Emerson-ovom fokusu da se koriste tehnologije automatizacije u digitalnoj transformaciji. *Portfolio* za automatizaciju i kontrolu će omogućiti veće operativne performanse i efikasnost za kupce u naukama o životu, metalima i rudarstvu, struji i vodi, hrani i piću, i pakovanju.



Slika 8. Izgled RX3i CPL410 kontrolera

RX3i kontroleri predstavljaju osnovu za industrijsku internetsku povezanost. To je moćan, modularni programabilni automatizacijski kontroler sa fokusom na veliku dostupnost. RX3i se odlikuje jednim upravljačkim motorom i univerzalnim programskim okruženjem za pružanje prenosivosti aplikacija na više hardverskih platformi.

6.6. Rockwell Automation- Allen Bradley

Na nivou uređaja Rockwell Automation uvodi tri ponude računara na nivou uređaja kako bi operaterima omogućili brže i informisanije odluke bliže izvoru informacija.

Računarski modul Allen-Bradley ControlLogix omogućava korisnicima da dodaju Windows 10 IoT direktno u Logix sistemu u postojećim aplikacijama i pružaju brži pristup ControlLogix podacima preko pozadinske površine. Kao rezultat toga, korisnici mogu kombinovati Windows aplikacije što bliže tački donošenja odluka.

Kontroler Allen-Bradley CompactLogix 5480 kombinuje kontrolu Allen-Bradley Logix5000 i računanje na bazi Windows u jednom regulatoru. Kontroler podržava Windows aplikacije, kao što su prikupljanje podataka, analitika i prediktivna izračunavanja. Idealan je za ispunjavanje potreba proizvodnih linija visokih performansi i pametnih mašina sa informacijama.

Industrijski računari Allen-Bradley VersaView 5000 pružaju modernu vizuelizaciju i grupisanje podataka za pametnu proizvodnju. Računari koriste dizajn otvorene arhitekture, omogućavajući korisnicima da instaliraju softver specifičan za njihove aplikacije. Posebno su dizajnirani da izdrže uslove industrijskih okruženja.

6.7. Schneider Electric

Početni korak kompanija je masovno skaliranje njihovih mernih, senzorskih i video sposobnosti, generisanje velikih podataka. Integriranje, tumačenje i analiza ovih podataka u njihovu korist je od ključnog značaja i za to je potreban IT u obliku izračunavanja i skladištenja. Lokalni Mikro Data Centar u kontrolnoj sobi proizvodnog mesta je Schneider electric industrije 4.0 za proizvodnju.

Micro Data Center Xpress rešenja kompanije APC by Schneider Electric su sertifikovani, kompatibilni, sigurni i upravljani, pojednostavljene fizičke infrastrukture primenjene u *Edge* okruženjima, čineći ga brzim, jednostavnim i isplativim.

6.8. OMRON

Omron-ov industrijski PC dizajniran je posebno za upotrebu na mašini. Čineći ih inovativnim i istovremeno pouzdanim, IPC mašinski kontroler kombinuje preciznost i korisnost Sismac platforme sa svestranošću i opsegom Windows programa. Dve platforme rade istovremeno, ali odvojeno, tako da ako je Windows u *down-u*, mašina samo nastavlja rad.

Kao rezultat, inženjeri postaju nezaustavljivi, osnaženi za istraživanje inovacija u proizvodnji od strane iskorišćavanja velikih podataka, NUI (Natural User Interface) i IoT (Internet of Things) inicijative, a sve bez narušavanja dokazane pouzdanosti i robusnosti *PLC-a*.

7. PRIMER

U sledećem primeru prikazan je program sa simulacijom koji prati rad cilindra na taj način što bi beležio sledeće podatke:

1. Vreme (trenutak) kad je dat signal za izlazak cilindra,
2. Vreme (trenutak) kad je cilindar stigao da svog izvučenog položaja,
3. Period kretanja cilindra iz uvučenog u izvučeni položaj,
4. Vreme (trenutak) kad je dat signal za povratak cilindra,
5. Vreme (trenutak) kad je cilindar stigao od svog izvučenog položaja do svog uvučenog položaja,
6. Period kretanja cilindra iz izvučenog u uvučeni položaj,
7. Broj punih ciklusa izvlačenja-uvlačenja cilindra.

U nastavku je prikazan proračun, koliko bi memorije trebalo da se obezbedi da bi se pratilo stanje cilindra, odnosno 7 različitih parametara za 1.000.000 ciklusa.

Svaki parametar od 1. do 6. se upisuje u promenljivu tipa Time, nakon toga konvertuje u promenljivu tipa UDINT i upisuje u niz tipa UDINT. Čitanje jednog vremenskog trenutka iz niza UDINT, odnosno jedne promenljive, ukoliko je upisan broj npr. 122888, on predstavlja 1m 22s 888ms. Broj punih ciklusa izvlačenja-uvlačenja cilindra, parametar 7. se beleži pomoću brojača CTU, promenljive tipa INT.

Prema standardu IEC 61131-3 jedna promenljiva UDINT (Unsigned double integer) zauzima memorijski prostor od 4 Byte dok jedna promenljiva tipa INT (Integer) zauzima memorijski prostor od 2 Byte.

Na osnovu primera potrebno je pratiti stanje cilindra, 7 različitih parametara za milion ciklusa. Iz toga sledi formula (1) za izračunavanje potrebne količine memorije.

$$M = ((6 * 4 \text{ Byte}) + 2 \text{ Byte}) * 1\,000\,000 = 26\,000\,000 \text{ Byte} = 26\,000 \text{ KB} = 26 \text{ MB} \quad (1)$$

U samom radu je odrađena simulacija i napisan program u programskom okruženju Codesys..

8. ZAKLJUČAK

Primena Edge Computing-a u industriji doprinosi boljem, bržem i sigurnijem radu sistema.

Ključne prednosti *Edge Computing-a* su:

- Kraće vreme prenosa podataka,
- Pristup podacima u realnom vremenu,
- Korišćenje uzeg propusnog opsega,
- Smanjenje resursa servera i povezanih troškova,
- Privatnost, izbegavanje slanja svih neobrađenih podataka na čuvanje i obradu na *Cloud* serverima,
- Pouzdanost, sistem je sposoban da radi čak i kada nije povezan sa *Cloud* server,
- Brže predviđanje, otkrivanje i sprečavanje katastrofa.

Najveći proizvođači *PLC-a* imaju slične prilaze kada je u pitanju *Edge computing*, ali se isto tako i svaki od njih u ne;emu razlikuje, što se može videti u radu, sa tim da svi imaju isti cilj, poboljšavanje rada samih sistema, sa prethodno navedenim prednostima korišćenja *Edge Computing-a*.

9. LITERATURA

- [1] Katalog, "Edge computing for IoT", "Bosch" (pristupljeno 29.2.2020.)
- [2] Internet sajt, "Wikipedia", https://en.wikipedia.org/wiki/Edge_computing (pristupljeno 15.02.2020.)
- [3] Internet sajt, "GCWiki", https://wiki.gccollab.ca/Technology_Trends/Edge_Computing#Industry_Use (pristupljeno 19.2.2020.)
- [4] Članak "5 Examples of Edge Computing Solutions in Use Today", dostupno na: <https://www.lanner-america.com/blog/5-examples-edge-computing-solutions-use-today/> (pristupljeno 19.2.2020.)
- [5] Internet sajt, "Mitsubishi electric", <https://www.mitsubishielectric.com/news/2017/1107-b.html> (pristupljeno 21.2.2020.)
- [6] Katalog, "Meet the Future: Edge Programmable Industrial Controllers", "OPTO22" (pristupljeno 24.2.2020.)

Kratka biografija:



Nikola Nestorović rođen je u Zaječaru 1994. god. Diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti mehatronika, robotika i automatizacija 2018. god. Oblasti interesovanja su mu *PLC*, *HMI* i programiranje i automatizacija industrijskih sistema.