

**SISTEM ZA NADZOR I UPRAVLJANJE DATA CENTROM BAZIRAN NA IOT MREŽI****DATA CENTER MONITORING AND MANAGEMENT SYSTEM BASED ON IOT NETWORK**

Ivan VUJOVIĆ, Ericsson AB Štokholm, dio stranog društva Podgorica, Crna Gora  
Mladen KOPRIVICA, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Republika Srbija

**KRATAK SADRŽAJ**

Data Centri (DCi) sadrže različite uređaje i sisteme (UiS) čija je zajednička uloga da konstantno obezbeđuju definisane uslove za pravilno funkcionisanje telekomunikacione i računarske infrastrukture. Adekvatan dizajn sistema za nadzor i upravljanje (SNU) radom UiS osnov je za postizanje visokog nivoa pouzdanosti te infrastrukture. Efikasnost SNU ostvaruje se integracijom svih pojedinačnih komponenti u jedno centralizovano rešenje. U radu je dat pregled UiS u DCu koje je potrebno nadzirati, odnosno njima upravljati. Navedeno je koji su parametri, sa stanovišta SNU, bitni za konstantno praćenje UiS. Povezivanje komponenti sa centralizovanim SNU vrši se implementacijom hardverski i softverski nezavisne komunikacione mreže, optimizovane i prilagođene ovoj namjeni. Komunikacija pojedinačnih UiS sa SNU ostvaruje se preko kontrolera sa integrisanom mrežnom karticom, upotrebom koncentratora na koje se povezuju različiti elementi UiS koji generišu različite vrste signala i reaguju na različite vrste upravljačkih komandi ili upotrebom *Internet Protocol* (IP) koncentratora na koje se povezuju *Internet of Things* (IoT) uređaji čija implementacija je neophodna kada UiS nemaju mogućnost samostalnog povezivanja sa SNU. Poseban akcenat je na IoT uređajima, načinu njihove implementacije, izboru senzora i aktuatora, definisanju funkcionalnosti, odnosno na realizaciji mreže koja ove uređaje objedinjava. Podaci koji se konstantno šalju sa svih SiU prema SNU softverski se obrađuju u IoT Cloud-u i, na osnovu dobijenih rezultata, u slučaju da analiza dospjelih informacija pokazuje potrebu za promjenama, izvršavaju komande čiji je rezultat vraćanje vrijednosti parametara određenih UiS u definisani okvir. Dobijeni podaci se, takođe, skladište i obrađuju upotrebom softvera realizovanog na osnovu neuralnih mreža i vještačke inteligencije (VI) radi omogućavanja kasnijeg predviđanja dešavanja na UiS.

**Ključne reči:** Data Centar, uređaji i sistemi, sistem za nadzor i upravljanje, IoT, komunikaciona mreža

**ABSTRACT**

Data Centers (DCs) contains different devices and systems (DaS) whose common role is to constant provide defined conditions for proper functionality of the telecommunication and computer infrastructure. Adequate monitoring and management system (MMS) design of DaS operation is basis for the high reliability achievement of that infrastructure. Efficiency of the MMS is realised by the integration of all individual components into one centralised solution. This paper contains a review of DaS in the DC which are monitored and managed. It is named which parameters, from the MMS point of view, are important for constant DaS monitoring. Components connection with MMS is done by implementing hardware and software independent communication network which is optimised and customised for this purpose. Communication between individual DaS and MMS is realised through controller with integrated network interface card (NIC), using hub with which different elements of DaS, with different generated signal types and different management commands are connected or using Internet Protocol (IP) switch with which Internet of Things (IoT) devices are connected in the case when DaS doesn't have possibility to enabling direct, independent, connection with MMS. The special attention is on IoT devices, the way of their implementation, sensors and actuators selection, functionality definition and realisation of network that connects these devices. Data that are constantly being sent from all DaS to the MMS are processed in IoT Cloud and, based on obtained results, in the case that analysis of that information shows need for change, MMS execute commands whose result is certain DaS parameter values return in defined frame. Obtained data are also stored and processed by software based on neural networks and artificial intelligence (AI) for the purpose to enabling later predictions of events on DaS.

**Key words:** Data Center, devices and systems, monitoring and management system, IoT, communication network

25  
godina



13. SAVETOVANJE O ELEKTRODISTRIBUTIVNIM MREŽAMA sa regionalnim učešćem  
13<sup>th</sup> CONFERENCE ON ELECTRICITY DISTRIBUTION with regional participation

12-16 / 09 / 2022, Kopaonik, Srbija

## ZBORNIK RADOVA | PROCEEDINGS



Mladen Koprivica, asst. prof. dr, [kopra@etf.rs](mailto:kopra@etf.rs)

## UVOD

Primjena *Internet of Things* (IoT) rešenja u okviru Data Centar-a (DC-a) opisana u ovom radu odnosi se na predlog implementacije distribuiranih IoT uređaja (*smart objects*) za potrebe objedinjavanja senzora i aktuatora uređaja i sistema (UiS) i transformaciju signala koje generišu senzori u *Internet Protocol* (IP) format, odnosno transformaciju IP paketa namijenjenih aktuatorima u odgovarajuće komande, kao i realizaciju centralizovanog sistema nadzora i upravljanja (SNU) baziranog na IoT *Cloud*-u čija je uloga obrada i analiza dobijenih podataka, odnosno preduzimanje aktivnosti prema IoT uređajima na osnovu rezultata analize. Rad opisuje i predlog dizajna komunikacione mreže za povezivanje UiS DC-a sa IoT uređajima, odnosno IoT uređaja sa *Cloud*-om.

Zavisno od veličine DC-a, u njemu je implementiran manji ili veći broj UiS čije su primarne funkcije obezbjeđivanje neprekidnog i kvalitetnog napajanja, održavanje ambijentalne temperature i vlažnosti vazduha unutar objekta u definisanim granicama, odnosno adekvatna osvijetljenost. Razni spoljašnji i unutrašnji faktori utiču na to da se poveremeno ili stalno mijenjaju uslovi napajanja, klimatizacije i osvijetljenosti DC-a. Zbog toga je potrebno omogućiti mehanizme koji će registrovati promjenu tih uslova, odnosno izvršiti korekcije ukoliko su definisani parametri, kojima se kvantifikuju uslovi, van utvrđenih granica. Ovi mehanizmi se mogu ostvariti kroz realizaciju SNU-a.

Kada su DC-i veliki, prije svega u smislu konzumacije električne energije, potrebno je na SNU povezati i pripadajuća razvodna postrojenja, odnosno izvore električne energije koji takođe predstavljaju UiS, a često su u vlasništvu operatera DC-a, a ne kompanije za distribuciju, odnosno proizvodnju električne energije. Pri čemu se ostavlja mogućnost nadzora i upravljanja i sa strane: *Supervisory Control and Data Acquisition* (SCADA) sistema distributera, odnosno proizvođača električne energije.

U velikom broju postojećih DC-a uopšte nije implementiran SNU ili su implementirani posebni softveri za pojedinačne UiS, a ne postoji integrisano i centralizovano rešenje. Potpuna rekonstrukcija takvih objekata radi zamjene UiS novim, koji imaju mogućnost direktnog povezivanja na SNU, nije isplativa prije isteka predviđenog vremena eksploatacije. Da bi u tim objektima bilo moguće realizovati adekvatnu funkcionalnost SNU-a potrebno je izvršiti odgovarajuća prilagođenja radi realizacije IP komunikacije između svih UiS i SNU. Uopšteno, UiS omogućavaju različite načine komunikacije sa drugim sistemima. Prvi način je interna signalizacija, poznata samom UiS tj. kontroleru i korisniku koji je direktno povezan na njega, kada se prilagođenje za IP komunikaciju sa SNU realizuje preko IoT uređaja. Drugi način je signalizacija pojave alarmnih stanja na elementima pojedinačnog UiS koja se, preko releja, u Normal Open/Normal Close (NO/NC) formatu šalju ka koncentratoru čija je funkcija da ovu vrstu informacija pretvara u IP pakete koji se dalje prenose do SNU. Povratna komunikacija ostvaruje se preko komandi za uključenje, odnosno isključenje NO/NC releja, zavisno od tipa alarma. Treći način je direktna komunikacija između kontrolera na UiS koji koristi mrežnu karticu (*Network Interface Card* – NIC) za IP komunikaciju sa SNU.

Poželjno je da se, ukoliko to sami UiS omogućavaju, prema SNU šalju informacije o alarmima upotrebom NO/NC formata preko koncentratora, a u isto vrijeme, preko NIC kontrolera, šalju IP paketi koji sadrže detaljne informacije o alarmima i izmjerenim vrijednostima definisanih parametara. Kada navedeno nije moguće vrši se potpuno prilagođenje uz upotrebu IoT uređaja koji, sa jedne strane, komuniciraju sa kontrolerom ili senzorima, odnosno aktuatorima na UiS, a sa druge strane sa SNU.

## UREĐAJI I SISTEMI DATA CENTRA

U širem smislu, DC obuhvata ne samo objekat/objekte u kojima su smješteni rekovi i oprema, nego i pripadajuća razvodna postrojenja, izvore električne energije, naponske vodove i kablove, mrežne konekcije itd [1]. S tim u vezi, od značaja je omogućiti nadzor i upravljanje UiS koji se fizički nalaze van objekta DC-a. U ovom radu su navedena rešenja nadzora i upravljanja za: distributivne transformatore, obnovljive izvore (vjetroturbinne elektrane i solarne elektrane) i dizel električne agregate (DEA), kao i sistem zaštite postrojenja i vodova.

Zavisno od veličine DC-a tj. instalisane snage objekta, razvodna postrojenja su sa dva ili više naponskih nivoa. U ovom radu razmatrana su samo postrojenja sredjenaponskog i niskonaponskog nivoa jer se nadzor i upravljanje visokonaponskim razvodnim postrojenjima vrši preko SCADA Elektroenergetskog sistema (EES). Snage izvora električne energije koji se koriste za napajanje DC-a takođe zavise od instalisane snage objekta. Obnovljivi i konvencionalni izvori električne energije velikih snaga nisu tema ovog rada jer se proizvodnjom iz ovih objekata upravlja preko EES-a. Međutim, izvori električne energije manje snage, koji se priključuju na sredjenaponska ili niskonaponska postrojenja uključuju se u SNU. Takođe, vrši se nadzor i upravljanje redundantnim izvorima napajanja u vidu DEA.

Parametri razvodnih postrojenja DC-a koji su od najveće važnosti za nadzor i upravljanje odnose se, prije svega, na distributivne transformatore. U [2] su opisani parametri transformatora: napon i struja primara, odnosno sekundara, temperatura namotaja, analiza gasova u posudi za ulje (ako je hlađenje namotaja ostvareno posredstvom ulja), nivo ulja, funkcionalnost spoljašnjeg prinudnog hlađenja (ako je implementirano takvo hlađenje). Za mjerenje vrijednosti napona na sredjenaponskom nivou koristi se naponski transformator sa

ispravljačem, a na niskonaponskom nivou voltmetar. Mjerenje struje se vrši strujnim transformatorima ili senzorima struje. Jedan od načina mjerenja temperature namotaja i sadržaja gasova u ulju prikazan je u radu [3]. Upotrebljavaju se senzori temperature i koncentracije: metana, ugljen dioksida, ugljen monoksida i vodonika.

Sistem zaštite može se realizovati kao što je opisano u [4]. Kvarovi na vodovima tj. kablovima, uređajima i opremi postorojenja detektuju se pomoću senzora, odnosno mjernih transformatora. Upravljanje relejima vrši se preko kontrolera baziranog na IoT tehnologiji [5].

Nadzor vjetrogeneratora i turbine ostvaruje se pomoću senzora: temperature, vlažnosti vazduha, vibracija turbine, brzine vjetra, brzine okretanja rotora generatora, napona i struje na izlazu generatora, dok je upravljanje realizovano preko releja povezanog na IoT kontrolnu jedinicu [6]. Nadgledanje rada solarnog sistema realizovano je upotrebom senzora temperature, napona i struje [7]. Predloženo rešenje uključuje i baterijski sistem tako da bi se moglo dodati mjerenje temperature baterija, kao i napona na baterijama, odnosno struje baterija. Kao redundantni i rezervni sistem napajanja kod DC-a koji se priključuju na sredjenaponska i niskonaponska razvodna postrojenja, najčešće se koriste DEA. U radu [8] izložen je predlog nadzora agregata koji uključuje ultrazvučni senzor za određivanje nivoa goriva u rezervoaru i senzore napona, odnosno struje na priključcima generatora.

Sa stanovišta nadzora i upravljanja UiS-a u objektu DC-a, ovaj rad opisuje sisteme: napajanja, klimatizacije i ventilacije, kao i osvetljenja.

Neprekidno napajanje opreme *alternating current* (AC) električnom energijom ostvaruje se preko *Uninterruptible Power Supply* (UPS), dok se napajanje *direct current* (DC) električnom energijom realizuje preko ispravljačkog (*rectifier*) sistema (RS). Nadzor ovih uređaja realizuje se u dva dijela. Prvi dio se odnosi na vrijednosti i kvalitet ulaznog i izlaznog napona, struje, odnosno snage, pri čemu se mjerenja vrše preko odgovarajućih senzora [9]. Drugi dio se odnosi na stanje baterija [10]. Važni parametri su temperatura, napon na krajevima nizova i struja baterija u režimu kada se potrošači napajaju iz baterija ili kada se kapacitet baterija dopunjava sa mreže. Koriste se senzori: temperature (termistori), napona i struje.

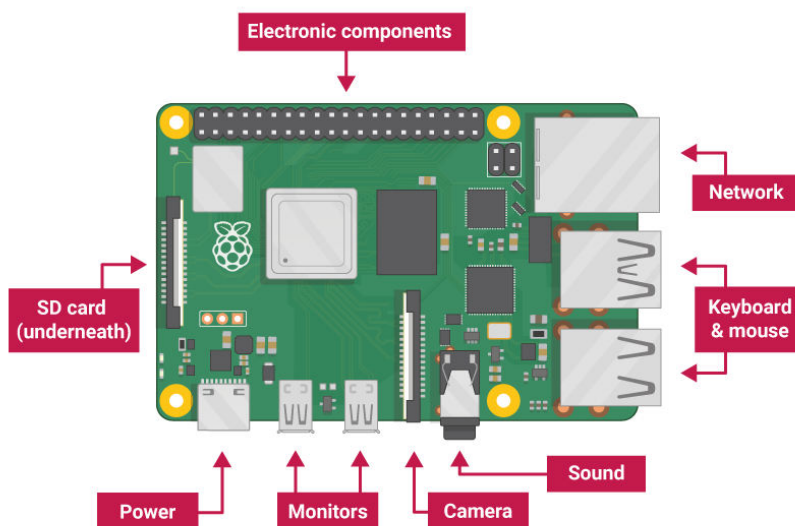
Sistem klimatizacije je u osnovi baziran na kompresorima tj. motorima koji se napajaju direktno sa mreže ili, u slučaju aktiviranja redundantnog napajanja, sa DEA. Arhitektura kontrole i nadzora ovog sistema data je u radu [11]. Senzori temperature i vlažnosti vazduha konstantno šalju podatke o vrijednostima parametara prema IoT kontrolerima. Poslije obrade podataka, zavisno od dobijenih vrijednosti, uključuju se jedinice *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) sistema ili se mijenja rashladna snaga.

Osvjetljenje unutrašnjosti i spoljašnjosti objekta DC-a treba da bude prilagođeno uslovima rada u unutrašnjosti objekta, odnosno vremenskim uslovima i dobu dana van objekta. S tim u vezi, pogodno je ostvariti uštedu u konzumiranju električne energije potrebne u ove svrhe. U [12] je predstavljen način realizacije smanjenja utroška električne energije za osvetljenje. Informacije o trenutnoj osvijetljenosti dobijaju se preko senzora i šalju na obradu IoT uređaju ili IoT sistemu. Na osnovu dobijenih vrijednosti, prisustva ili odsustva ljudi u objektu i oko njega, određuje se nivo jačine svjetlosti.

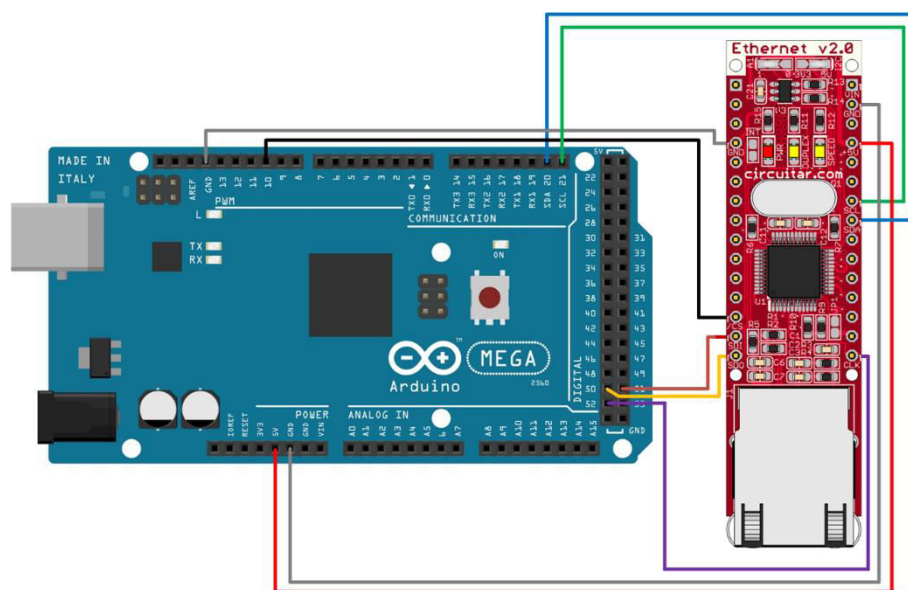
U okviru DC-a implementirani su različiti sistemi zaštite i pristupa kod kojih je takođe veoma rasprostranjena upotreba IoT, ali se oni realizuju nezavisno od svih drugih sistema i nisu tema ovog rada. Takođe, nadzor i upravljanje računarskom i telekomunikacionom opremom realizuje se u okviru jednog ili više zasebnih sistema tako da ni ova oprema nije tema rada.

## KOMPONENTE IoT SISTEMA

U osnovi svakog IoT sistema su krajnji IoT uređaji (*smart objects*), najčešće realizovani korišćenjem *single board* računara (SBR) i mikrokontrolera. Najviše korišćen SBR je: *Raspberry PI* [13] prikazan na slici 1. Na ovom uređaju, kao i na svakom računaru, može biti instaliran bilo koji operativni sistem, ali se obično koristi *Raspbian* koji je baziran na *Debian Linux* platformi. Programi se mogu pisati na bilo kom programskom jeziku, a najčešća je upotreba *Python*-a. U IoT okruženju, SBR se koriste kada je potrebna neka obrada podataka na samom uređaju tj. kada je ulazne podatke od senzora potrebno obraditi i filtrirati prije slanja u *Cloud*. Takođe se koriste i za obradu audio i video materijala.

Slika 1. Šema *Raspberry Pi* single board računara

Mikrokontroleri se programiraju u C++ (ili u C) programskom jeziku. Sistemi koji imaju IoT obično sadrže *Arduino* mikrokontrolere [14]. Jedan takav mikrokontroler sa *Ethernet* modulom prikazan je na slici 2. Mrežni modul je dodat zato što je neophodna IP komunikacija sa IoT mrežom tj. *Cloud*-om sem u slučaju kada se *Arduino* povezuje sa *Raspberry Pi*. Tada se veza može ostvariti preko *Universal Serial Bus* (USB) interfejsa.

Slika 2. Šema *Arduino* mikrokontrolera sa *Ethernet* modulom

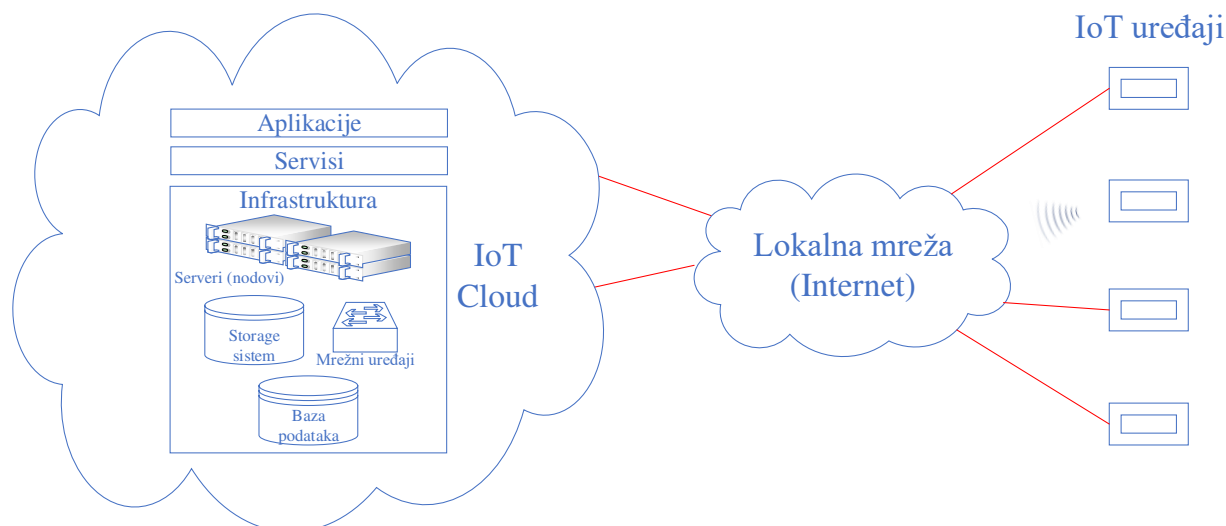
Upotreba mikrokontrolera najviše je vezana za prijem analognih i digitalnih signala sa senzora, kao i slanje komandi za uključenje, odnosno isključenje aktuatora.

Senzori temperature, vlažnosti vazduha i brzine kretanja povezuju se na analogne ulaze, kao i senzori napona, odnosno struje jer su navedni parametri kontinualno promjenjive veličine. Digitalizacija podataka dobijenih sa senzora se vrši na samom mikrokontroleru. Senzori nivoa i stanja povezuju se na digitalne ulaze jer predstavljaju diskretno promjenjive veličine.

Povezivanje senzora i aktuatora sa IoT uređajem vrši se preko bakarnih provodnika. U praksi se rijetko koristi bežični prenos upotrebom: *ZigBee*, *BlueTooth* i drugih tehnologija. U zavisnosti od mogućnosti komunikacije pojedinačnih UiS, povezivanje sa SNU vrši se na različite načine i sa različitim tipovima uređaja. Neki UiS imaju kontrolere sa NIC koji se direktno spajaju na računarsku mrežu upotrebom *Foiled Twisted Pairs* (FTP) ili optičkih konekcija. Povezivanje senzora i aktuatora pojedinačnog uređaja ili sistema može se ostvariti i direktno sa izvoda ovih elemenata na distribuirani koncentratore. U okviru distribuiranog koncentratore definišu se

analogni i digitalni ulazi/izlazi više uređaja i sistema, a sa druge strane ostvaruje dvosmjerna komunikacija sa SNU preko FTP ili optičkih konekcija. Kada ovaj koncentrator ne pruža mogućnost prenosa podataka u IP formatu, upotrebljava se IoT *gateway* čija je uloga prilagođenje dobijenih signala prenosu IP paketa prema *Cloud*-u. Senzori i aktuatori jednog ili više uređaja, odnosno sistema mogu se povezati na analogne i digitalne ulaze/izlaze IoT uređaja preko kog se vrši IP komunikacija sa SNU. Tada je riječ o potpunom IoT sistemu. U slučaju da IoT uređaj nema mogućnost IP komunikacije koristi se IoT *gateway*. Prenos podataka od IoT uređaja do IoT *gateway*-a se obično realizuje preko bežičnih konekcija upotrebom: WiFi, ZigBee ili Bluetooth tehnologija.

Druga komponenta IoT sistema je *Cloud*. Na slici 3 je prikazana struktura *Cloud* okruženja IoT sistema.



Slika 3. Struktura IoT *Cloud*-a

Zavisno od broja IoT uređaja, odnosno veličine DC-a i sigurnosnih zahtjeva vrši se implementacija sopstvenog *Cloud* okruženja (veliki DC-i) ili iznajmljuju *Cloud* servisi preko provajdera (manji DC-i). S tim u vezi, okruženje *Cloud*-a može biti privatno ili javno. Servisi koje *Cloud* okruženje pruža dijele se u tri tipa. Prvi tip je infrastruktura tj. *Infrastructure as a Service* (IaaS). U okviru ovog koncepta predviđeno je korišćenje hardvera (servera, *storage*-a, mreže) i softvera (operativnih sistema i baza podataka) *Cloud* okruženja. Drugi tip je platforma, odnosno *Platform as a Service* (PaaS). Servisi ovog tipa se odnose na iznajmljivanje okruženja za razvoj, testiranje i nadgledanje rada aplikacija. Treći tip je: *Software as a Service* (SaaS). Ovaj servis se odnosi na upotrebu aplikacija. Arhitektura *Cloud* okruženja opisana je u radu [15]. Rad [16] ukazuje na specifičnosti IoT *Cloud*-a. Servisi i njihove funkcije su:

Broker (*Gateway*) – obavlja prijem i organizaciju podataka dobijenih od strane IoT uređaja, otpremanje poruka u red čekanja gdje se vrši filtriranje i prilagođavanje podataka za prenos, kao i prosleđivanje poruka na obradu prema drugim modulima *Cloud*-a,

Baza podataka – čuva primljene podatke,

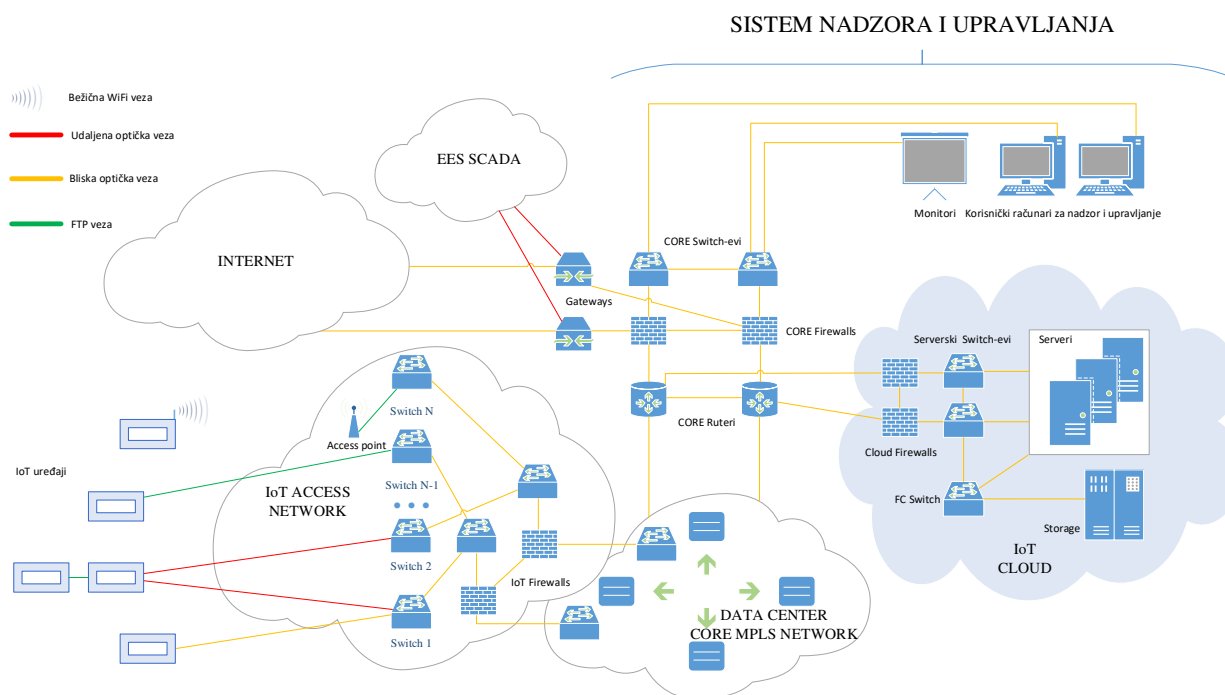
*Front-end* server – omogućava vizualizaciju i analizu podataka na osnovu koje se vrši izvještavanje i kreiraju preporuke za preventivno djelovanje,

*Event* menadžeri – omogućavaju definisanje pravila djelovanja, vrše analizu podataka u realnom vremenu radi rešavanja hitnih događaja i izdaju upozorenja ako se ispune prethodno definisani uslovi.

Navedenim servisima treba dodati servis koji upotrebom neuralnih mreža (NM), na osnovu dobijenih vrijednosti definisanih parametara, vrši predviđanje mogućih vrijednosti za buduće vrijeme korišćenja UiS. Pri tome treba vrijednosti parametara uzorkovati sa što većom rezolucijom tj. učestanošću kako bi se, na osnovu algoritama NM, dobili rezultati (predviđanja) sa što većom tačnošću.

## KOMUNIKACIONA MREŽA SISTEMA ZA NADZOR I UPRAVLJANJE

Opisani IoT uređaji se, preko računarske mreže, povezuju na IoT *Cloud* kao što je predstavljeno na slici 4. Konekcija se može ostvariti direktno sa *access switch*-evima pristupne IoT mreže, preko FTP ili optičkih kablova, odnosno korišćenjem *Ethernet* tehnologije, kao i bežičnim putem, upotrebom WiFi *access point*-a, odnosno *Wireless Local Area Network* (WLAN) tehnologije. Komunikacija jednog uređaja može se ostvariti i preko konekcije sa dugim uređajem.



Slika 4. Struktura komunikacione mreže IoT sistema

Saobraćaj kreiran od strane IoT uređaja se filtrira na IoT *firewall*-ima i preko *MultiProtocol Label Switching* (MPLS) mreže DC-a prosleđuje do IoT *Cloud*-a gdje se vrši prijem i obrada podataka. Pristup SNU treba biti omogućen i sa Interneta i iz SCADA EES-a. Takođe treba omogućiti i prikazivanje obrađenih podataka na monitorima SNU-a.

Arhitektura komunikacione mreže bazirana je IoT steku protokola [17] i *Transmission Control Protocol/Internet Protocol* (TCP/IP) steku protokola [18]. Zbog potrebe razdvajanja i zaštite saobraćaja koriste se *Virtual Local Area Network* (VLAN) [19].

## ZAKLJUČAK

Nadzor i upravljanje UiS-a DC-a je moguće realizovati upotrebom IoT sistema. U širem smislu, DC predstavljaju i razvodna postrojenja, odnosno izvori električne energije koji se fizički nalaze van objekta. Srednjenaponska i niskonaponska postrojenja, kao i obnovljivi izvori priključeni na ove naponske nivoe povezuju se na SNU, dok se visokonaponskim postrojenjima i izvorima velike instalisane snage upravlja iz EES-a. U ovom radu opisani su parametri i senzori preko kojih se vrši mjerenje vrijednosti parametara distributivnih transformatora kao najznačajnijih komponenti razvodnih postrojenja. Predstavljena je i mogućnost realizacije sistema zaštite postrojenja. Dati su parametri i način mjerenja vrijednosti tih parametara za vjetroelektrane, solarne elektrane i DEA.

Unutar objekta DC-a su implementirani sistemi napajanja, klimatizacije i ventilacije, odnosno osvjjetljenja. Nadgledanje i upravljanje ovim sistemima odnosi se na mjerenje vrijednosti: napona, struje, temperature, vlažnosti vazduha i nivoa osvijetljenosti, kao i korektivno reagovanje na poremećaje u smislu preduzimanja aktivnosti radi vraćanja vrijednosti parametara u definisani opseg.

Povezivanje UiS sa SNU, odnosno komunikacionom mrežom, vrši se direktno upotrebom NIC kontrolera ili posredno, povezivanjem senzorskih/aktuatorskih izvoda elemenata uređaja, odnosno sistema na ulaze koncentratore ili povezivanjem uređaja/sistema na ulaze IoT uređaja. Kao IoT uređaji najviše se upotrebljavaju *Raspberry PI single board* računari i *Arduino* mikrokontroleri. Senzori i aktuatori se povezuju na ove uređaje preko bakarnih žica. Sa druge strane, komunikacija sa IoT *Cloud*-om ostvaruje se preko FTP ili optičkih konekcija, korišćenjem *Ethernet* tehnologije, odnosno preko WiFi *access point*-a, korišćenjem WLAN tehnologije. Za manje DC-e iznajmljuju se servisi *Cloud*-a provajdera i to kao: IaaS, PaaS ili SaaS. Definisani su



specifični servisi za IoT *Cloud* i opisane njihove funkcije. Takođe je dodat i servis koji koristi NM za predviđanje događaja na UiS. U velikim DC-ma vrši se implemetacija sopstvenog (privatnog) IoT *Cloud* rešenja.

Komunikaciona mreža IoT sistema obuhvata: pristupni dio u okviru kog se IoT uređaji povezuju na *switch-eve* ili *access point-e*, upotrebu MPLS mreže DC-a, CORE mreže SNU-a i IoT *Cloud*. Pristup SNU treba omogućiti i sa SCADA EES-a, odnosno preko Internet-a. Arhitektura mreže se zasniva na upotrebi IoT i TCP/IP steka protokola.

U budućnosti je realno za očekivati tehnološki savremenije UiS DC-a (uključujući i razvodna postrojenja, odnosno izvore električne energije) i IoT uređaje sa većim mogućnostima procesiranja podataka, odnosno proširen spektar senzora i aktuatora koji se mogu upotrebljavati sa ovim uređajima. Uočljiv je trend implementacije *Cloud* okruženja kod sve većeg broja provajdera i omogućavanje sve većeg broja servisa, kao i većeg broja IoT uređaja koji se mogu povezati na *Cloud*. Povećanjem učestanosti mjerenja vrijednosti parametara i širom upotrebom neuralnih mreža poboljšavaju se analitičke mogućnosti *Cloud* okruženja, a time i IoT sistema.

## LITERATURA

1. Vujović I, Šošić D, Đurišić Ž, 2021, "Integrirani sistem za monitoring i upravljanje Data Centra napajanog iz obnovljivih izvora energije", "Zbornik radova 36og međunarodnog savetovanja "U susret zelenom oporavku", Energetika 2021", stranice 22-28
2. Khandait A P, Kadaskar S, Thakare G, 2017, "Real Time Monitoring of Transformer using IOT", "International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)", "Vol. 6", Issue 03, pp. 146 – 149
3. Shastrimath D S, Vasudevurthy S, Shastrimath S, Prathyusha K, Panchavati, Sushma N, Yashaswini S, 2022, "IoT based Condition Monitoring of Transformer", "International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)", "Vol. 11", Issue 01, pp. 481 - 484
4. Shaheen Kousar S, Zafar N A, Ali T, Alkhamash E H, Hadjouni M, 2022, "Formal Modeling of IoT-Based Distribution Management System for Smart Grids", "Sustainability 2022, 14", No. 8:4499
5. Rakib A A, Rahman M, Rahman A, Chakraborty S, Shawon A S, Abbas F I, 2021, "IoT based Controlling of Power Grid", "European Journal of Engineering and Technology Research", "Vol. 6", Issue 06, pp. 54 – 59
6. Kalyanraj D, Lenin Prakash S L, Sabareswar S, 2016, "Wind Turbine Monitoring and Control Systems Using Internet of Things", "21st Century Energy Needs - Materials, Systems and Applications (ICTFCEN)", pp. 1 – 4
7. Patil S M, Vijayalashmi M, Tapaskar R, 2017, "IoT based Solar Energy Monitoring System", "International Conference on Energy, Communication, Data Analytics and Soft Computing (ICECDS)", pp. 1574 – 1579
8. Septian B, Rakesh P, Dhora S R, 2020, "IoT Based Power Monitoring System for Diesel Generator", "5<sup>th</sup> IEEE International Conference on Recent Advances and Innovations in Engineering (ICRAIE)", pp. 1 – 4
9. Alqinsi P, Ismail N, Edward I J M, Darmalaksana W, 2018, "IoT-Based UPS Monitoring System Using MQTT Protocols", "4<sup>th</sup> International Conference on Wireless and Telematics (ICWT)", pp. 1 – 5
10. Manasa K V, Prabu A V, Prathyusha M S, Varakumari S, 2018, "Performance monitoring of UPS battery using IoT", "International Journal of Engineering & Technology", "Vol. 7", No. 2.7, pp. 352 – 355
11. Rajith A, Soki S, Hiroshi M, 2018, "Real-time Optimized HVAC Control System on top of an IoT Framework", "3<sup>rd</sup> International Conference on Fog and Mobile Edge Computing (FMEC)", pp. 181 – 186
12. Jang H, Kang B, Cho K, Jang K H, Park S, 2019, "Design and Implementation of IoT-based HVAC and Lighting System for Energy Saving", "MATEC Web of Conferences 260", 02012
13. Nayyar A, Puri V, 2015, "Raspberry Pi - A Small, Powerful, Cost Effective and Efficient Form Factor Computer: A Review", "International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering (IJARCSSE)", "Vol. 5", Issue 12, pp. 720 – 737
14. Louis L, "Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research", 2016 "International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJACS)", Vol. 1, No. 2, pp. 21 – 29
15. Ara R, Rahim A, Roy S, Prodhan U K, 2020, "Cloud Computing: Architecture, Services, Deployment Models, Storage, Benefits and Challenges", "International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD)", "Vol. 4", Issue 4, pp. 837 – 842
16. Da Silva A F, Ohta R L, Dos Santos M N, Binotto A P D, 2016, "A Cloud-based Architecture for the Internet of Things targeting Industrial Devices Remote Monitoring and Control", "International Federation of Automatic Control (IFAC) Papers On line", "Vol. 49", Issue 30, pp. 108 – 113



17. Naik N, 2017, "Choice of Effective Messaging Protocols for IoT Systems: MQTT, CoAP, AMQP and HTTP", "IEEE International Systems Engineering Symposium (ISSE)", pp. 1 - 7
18. Socolofsky T, Kale C, 1991, "A TCP/IP Tutorial, RFC 1180", "IETF Network working group"
19. IEEE Computer society, 2003, "802.1Q - IEEE Standards for Local and Metropolitan Area Networks: Virtual Bridged Local Area Networks", "The Institute of Electrical and Electronics Engineers"