STUDIJSKI ODBOR D2 – INFORMACIJSKI SUSTAVI I TELEKOMUNIKACIJE

Predsjednik: MARIO JAVOROVIĆ, dipl. ing.el.
Tajnik: dr.sc. LEILA LUTTENBERGER MARIĆ, mag.ing.el.

Stručni izvjestitelj: MARIO JAVOROVIĆ, dipl. ing.el.

IZVJEŠĆE STRUČNOG IZVJESTITELJA

1. UVOD

Za 17. savjetovanje HRO CIGRE određene su sljedeće preferencijalne teme:

1. Otključavanje potencijala novih tehnologija u cilju ubrzavanja energetske tranzicije (umjetna inteligencija, Internet stvari, tehnologija velikih podataka, digitalni blizanci)
2. Napredna digitalna rješenja za učinkovito vođenje elektroenergetskog sustava i integraciju dionika u sustavu
3. Digitalne platforme za prikupljanje, obradu i analizu velikih skupina procesnih i mjernih podatka te njihova razmjena između tržišnih sudionika
4. Kibernetička sigurnost elektroenergetskih objekata i centara vođenja sustava
5. Izgradnja pouzdanih i učinkovitih telekomunikacijskih mreža za podršku uslugama u elektroenergetskom sustavu

Ukupno je prihvaćeno 16 prijava, ali je dostavljeno tek 11 referata koji su u konačnici i prihvaćeni za objavljivanje nakon izvršenih recenzija. Raspodjela referata po preferencijalnim temama ostvarena je na sljedeći način:

Tema 1: D2-01, D2-02
Tema 2: D2-03, D2-04, D2-05
Tema 3: D2-06, D2-07
Tema 4: D2-08, D2-09, D2-10
Tema 5: D2-11

Preferencijalna tema 1 zastupljena je s dva rada koji odražavaju relevantnost strojnog učenja i umjetne inteligencije u preoblikovanju elektroenergetskog sustava.

Tema 2 donosi tri raznovrsna rada koji se bave razvojem i implementacijom digitalnih rješenja od transformatorske stanice do centra vođenja. Radovi naglašavaju robusnost infrastrukture, integritet podataka i prilagodljivost programskih rješenja kao ključne čimbenika elektroenergetskog sustava budućnosti. Nakon odabira tehnologije, potrebno je uložiti trud u dizajn arhitekture sustava, operativnu otpornost i upravljanje razvojem softvera..

Dva referata iz teme 3 naglašavaju širi trend u poslovanju operatora sustava gdje se pokušava učinkovitije upravljati velikim skupovima podataka: interno u analitičke svrhe, ali i eksterno za potrebe usklađenosti s propisima i tržišnu komunikaciju.

Tema kibernetičke sigurnosti je značajno zastupljena i na ovogodišnjem savjetovanju. Iako se svaki od tri rada bavi zasebnim aspektom kibernetičke sigurnosti, može se reći da konvergiraju oko ključnih točaka: proaktivno upravljanje rizicima, usvajanje standarda sigurnosti i konvergencija IT i OT pristupa sigurnosti. Radovi opisuju konkretne korake prema izgradnji elektroenergetskog sustava otpornog na rastuće kibernetičke prijetnje.

Preferencijalna tema 5 obrađena je s jednim referatom koji opisuje mogućnost sinkronizacije vremena visoke preciznosti koja se otvara implementacijom MPLS-TP komunikacijske mreže.

U recenzijama referata sudjelovalo je 11 stručnjaka, uglavnom članova studijskog odbora D2. Njihovi stručni osvrti na referate i pitanja postavljena autorima bili su osnova za izradu ovog izvješća, te im se stoga iskreno zahvaljujemo na uloženom trudu.

2. IZVJEŠĆE O RADOVIMA

PREFERENCIJALNA TEMA 1: OTKLJUČAVANJE POTENCIJALA NOVIH TEHNOLOGIJA U CILJU UBRZAVANJA ENERGETSKE TRANZICIJE (UMJETNA INTELIGENCIJA, INTERNET STVARI, TEHNOLOGIJA VELIKIH PODATAKA, DIGITALNI BLIZANCI)

D2-01 Filip Grebenar, Krešimir Mesić, Bojan Franc, Ivan Toman, Tomislav Capuder
KOREKCIJA METEOROLOŠKIH PROGNOZA WRF MODELA POMOĆU METODA STROJNOG UČENJA

Rad daje sažet i informativan uvod u temu, uz jasno prepoznatu važnost kvalitetnih ulaznih podataka i pažljivog predprocesiranja prije izrade predikcijskih modela. Uključen je pregled postojećih meteoroloških modela i metoda korekcije, uključujući statističke pristupe i modele strojnog učenja. U istraživanju je korišten dovoljan broj podataka te različite kombinacije varijabli i modela, čime se osnažuje vjerodostojnost rezultata. Time je pružena dobra podloga za daljna istraživanja i razvoj različitih sustava za predikcije ovisne o meteorološkim varijablama.

Pitanja za diskusiju:

1. Koliki su vremenski zahtjevi za izvršavanje modela korekcije po pojedinim meteorološkim varijablama, te bi li takvi modeli bili prihvatljivi za produkcijsko okruženje u operativnim sustavima poput elektroenergetike ili zaštite okoliša?
2. S obzirom na klimatsku raznolikost u Hrvatskoj, postoje li neke meteorološke varijable koje imaju veću korisnost za korekciju u određenim regijama u odnosu na druge?
3. Preporučujete li korištenje različitih modela za različite meteorološke varijable, te gdje biste povukli granicu između povećane preciznosti i isplativosti takvog pristupa?

D2-02 Adnan Fehratbegović
POTENCIJALI UMJETNE INTELIGENCIJE U RAZVOJU INFORMACIJSKIH SUSTAVA

Članak donosi relevantan i aktualan uvid u primjenu LLM modela u razvoju softvera, no uvelike se oslanja na autorsko praktično iskustvo, dok je uloga stručne i znanstvene literature minimalna. Kako bi rad postigao veću stručnu težinu, preporuča se jasnije strukturirati metodologiju studije slučaja te uključiti konkretne metrike i empirijske podatke. Također, korisno bi bilo proširiti analizu potencijalnih rizika primjene AI alata, uvesti teorijski okvir temeljen na recentnim izvorima, te obraditi etičke, pravne i dugoročne aspekte primjene AI u razvoju softvera. Uz navedene dorade, rad ima potencijal za stručni doprinos.

Pitanja za diskusiju:

1. Kako komentirate etički i pravni aspekt primjene AI – uključujući pitanja zaštite podataka (npr. GDPR), odgovornosti za pogreške koje generira AI te potencijalne rizike od curenja osjetljivih informacija?
2. Kako osiguravate da mlađi developeri ne postanu previše ovisni o AI alatima, već razvijaju i vlastite vještine?
3. Kako pristupate održavanju AI-generiranog koda? Postoje li specifični izazovi u dugoročnom održavanju takvog softvera?

PREFERENCIJALNA TEMA 2: NAPREDNA DIGITALNA RJEŠENJA ZA UČINKOVITO VOĐENJE ELEKTROENERGETSKOG SUSTAVA I INTEGRACIJU DIONIKA U SUSTAVU

D2-03 Vlatko Debeljuh, Zvonko Mihelić, Ana Kekelj, Krešimir Mesić, Ana Jukić, Renata Rubeša

ARHITEKTURA NETVISION DAM SUSTAVA ZA POTREBE RJEŠAVANJA PROBLEMA NEOPSERVABILNOSTI U PRORAČUNIMA ESTIMACIJE STANJA

U radu je opisan EMS-History, neovisan sustav za arhiviranje stacionarnih ("snapshot") stanja mreže, trenutno upotrijebljen kao arhiva Netvision EMS sustava. Ukratko je opisan i modul za nadomještanje podataka koji detektira neopservabilne grane i zamjenjuje nedostajuća kritična mjerenja estimiranim.

Svi dinamički podaci koje sustav arhivira pridružuju se statičkim objektima modela i razrađen je model za pohranu višestrukih setova istih podataka ovisno o procesu ("divisions") i u različitim vremenskim trenucima. Posebna briga posvećena je optimizaciji zauzeća memorije kroz višestruko iskoristiva stanja za tipove podataka koji se rijetko mijenjaju, npr. uklopna stanja, komponente topološke povezanosti, popise objekata spojenih na računska čvorišta itd.

Pitanja za diskusiju:

1. Objasniti optimizaciju korištenja prostora kroz višestruko iskoristiva stanja na primjeru uklopnih stanja i komponenti topološke povezanosti (npr. sekcija sabirnica).
2. Kvantificirati zauzeće diska za neki vremenski raspon prema poslovnom procesu. Usporediti veličinu sirovih podataka sa zauzećem tablica i indeksa na disku.
3. Komentirati usklađenost opisanog pristupa sa IEC CIM i CGMES standardima. (EQ/SSH/SV profili).

D2-04 Azra Grahović
VISOKOPOUZDANI SUSTAV UPRAVLJANJA 500/33 kV TRAFOSTANICOM

Moderne daljinske stanice preuzimaju sve više funkcija pa se time povećava i potreba za njihovom visokom dostupnošću. Implementacijom redundancije u sustavu bitno se umanjuje rizik od gubitka podataka ili nemogućnosti upravljanja procesom. U radu je opisan sustav gdje je redundancija implementirana na više razina: od signalnog ožičenja, preko same daljinske stanice pa sve do komunikacijske mreže i sustava napajanja. Rad daje pregled osnovnih koncepata redundancije i osnovnih ispitnih slučajeva, ali ne ulazi dublje u problematiku naprednih funkcionalnosti i s njima povezanih zahtjeva (npr. rad u hibridnim okruženjima s legacy opremom, fleksibilna SCADA sučelja, paralelni pristup relejima ili fleksibilno ispitivanje konfiguracije zahvaljujući redundanciji).

Pitanja za diskusiju:

1. Prema kojim kriterijima je donešena odluka o uvođenju redundancije u predmetnu transformatorsku stanicu?
2. Koji signali su definirani kao kritični te stoga redundantno privođeni na I/O module?
3. Navedite sve kriterije za automatsku zamjenu uloga RTU (npr. gubitak sinkronizacije vremena)? Može li korisnik sam definirati uvjete za automatski throwover?

D2-05 Adnan Fehratbegović, Jasmin Heljić, Zoran Cico, Emina Kreštalica
INTERNI RAZVOJ SOFTVERA U JAVNIM ELEKTROPRIVREDNIM KOMPANIJAMA

Autori referata opisuju prednosti i nedostatke internog razvoja programskih sustava u elektroprivrednim kompanijama u odnosu na rješenja vanjskih dobavljača. Kao glavne prednosti navode efikasnije prilagođavanje poslovnih procesa, očuvanje internih znanja, cijenu razvoja i održavanja licenci, jednostavniju integraciju te povećanje sigurnosti i kontrole nad procesom. Kao nedostatke tog pristupa navode dulje vrijeme koje je potrebno za uspostavu razvojne okoline i metodologija koje vanjski dobavljači u pravilu imaju.

Referat opisuje koncepte internog razvoja u Elektroprivredi BiH i primijenjene tehnologije. Koriste se tehnologije temeljene na .NET, JavaScript i Phyton rješenjima. Integracija aplikacija odvija se korištenjem Oracle SOA Suite, a “Front End” je razvijen na Oracle WebLogic Server platformi. Ovakva arhitektura omogućuje jednostavniju skalabilnost i integraciju sustava.

Pitanja za diskusiju:

1. U odnosu na navedene prednosti internog razvoja da li smatrate da se može postići jednaka kvaliteta u organizaciji razvoja programske podrške na način da se omogući jednostavna tranzicija znanja i višekorisničko programiranje kao u komercijalnim rješenjima?

2. Da li se Elektroprivreda BiH suočava s poteškoćama u zapošljavanju IT kadrova obzirom na veliku potražnju i fluktuacije na tržištu te konkurentnost u plaćama? Na koji način da se osigurava uvođenje i obuka novih djelatnika ukoliko postoji fluktuacija djelatnika?
3. Koristite li kontejnere i DevOPS tehnologije? Ako ne, obrazložite razloge i navedite imate li takve planove?

PREFERENCIJALNA TEMA 3: DIGITALNE PLATFORME ZA PRIKUPLJANJE, OBRADU I ANALIZU VELIKIH SKUPINA PROCESNIH I MJERNIH PODATKA TE NJIHOVA RAZMJENA IZMEĐU TRŽIŠNIH SUDIONIKA

D2-06 Franko Peter, Lovro Kudelić, Tomislav Brejar, Ivan Šturlić
SKALABILNA PRIPREMA PODATAKA IZ COPERNICUS METEOROLOŠKIH IZVORA: INTEGRACIJA PYTHON SERVISA S CLOUDERA DATA LAKE ARHITEKTUROM

U referatu je dan prikaz arhitekture (tehnoloških komponenti) korištenih za realizaciju sustava za pohranu velikih količina podataka u HOPS-u. Opisani su koraci procesa pohrane podataka počevši od spajanja na različite izvore podataka (uključivo i one Copernicus programa Europske Svemirske Agencije), transformacije podataka te adekvatne pohrane u obliku pogodnom za daljnje korištenje. Kreiranje prognoza proizvodnje solarnih elektrana korištenjem metoda strojnog učenja navedeno je kao primjer poslovnog slučaja koji korištenje navedene platforme unapređuje.

U radu se faktografski navode brojne programske komponente što se u sklopu ove teme moglo i izostaviti tj. više pažnje posvetiti holističkom prikazu arhitekture i ciljeva koji su se htjeli postići. Mnoge od navedenih tehnologija zaslužuju zasebnu temu u nekom od budućih radova.

Pitanja za diskusiju:

1. U radu se spominje termin "Copernicus meteorološki sateliti". Možete li pojasniti o kojim se točno satelitima radi i koji se produkti navedenog sustava koriste?
2. U radu je navedeno da je implementirana provjera kvalitete meteoroloških podataka kroz usporedbu rezultata SQL upita s parametrima iz vanjskih izvora. Provjerava li se pritom kvaliteta meteoroloških mjerenja ili kvaliteta produkata reanalize ERA5 te Koji se vanjski izvori pritom koriste?
3. U radu je navedeno da sustav omogućava razvoj ML modela za predviđanje proizvodnje solarnih elektrana s visokom točnošću te da je jedan takav model realiziran u Python okruženju. Da li je rađena analiza točnosti razvijenog modela ili usporedba s nekim od dostupnih komercijalnih sustava.

D2-07 Andro Radičević, Sanja Medić, Marija Žmire, Luka Hrgović
HOPS DATA EXPORT IMPORT SUSTAV

Hrvatski operator prijenosnog sustava ima obvezu dostavljanja određenih podataka na različita odredišta, prije svega na ENTSO-E platformu za transparentnost (ENTSO-E TP). U tu svrhu uspostavljen je Data Export Import sustav, koji omogućuje prikupljanje podataka iz različitih izvora unutar HOPS-a, poput relacijskih baza podataka, skladišta podataka (DWH) i SCADA sustava. Sustav omogućuje transformaciju i pohranu podataka u željenom obliku, izradu datoteka te njihovo slanje na odabrana odredišta.

Rad na dosta općeniti način opisuje Data Export Import sustav, njegove komponente i način njihove međusobne povezanosti. Kroz cijeli rad ostaje relativno nejasno koje aplikacije/sustavi koriste Data Export Import sustav, koji podaci se razmjenjuju i za koju poslovnu namjenu.

Pitanja za diskusiju:

1. Kojim sve programskim sustavima i aplikacijama pripadaju baze podataka koje predstavljaju izvore i odredišta podataka Data Export Import sustava?
2. Na koji način je podržana konfigurabilnost i proširivost sustava?
3. Na koji način je riješena interakcija korisnika sa sustavom obzirom da se u radu navodi da ne postoji korisničko sučelje sustava?

PREFERENCIJALNA TEMA 4: KIBERNETIČKA SIGURNOST ELEKTROENERGETSKIH OBJEKATA I CENTARA VOĐENJA SUSTAVA

D2-08 Ivan Cindrić, Tamara Hadjina, Hrvoje Keserica
SANDBOX OKRUŽENJE ZA ELEKTROENERGETSKE SUSTAVE

Tema članka je vrlo aktualna i u skladu s trenutnim izazovima na polju kibernetičke zaštite (eng. Cyber Security) s kojima se susreću OT okruženja. Sandbox okruženje za elektroenergetske sustave je svakako nešto što će u budućnosti imati sve veću težinu u svrhu veće zaštite OT okruženja, koja općenito kaskaju za onima u IT svijetu. Autori su u članku naveli potrebne komponente za potrebe realizacije sandbox okruženja. Također dan je opis svake pojedine komponente, te njega uloga u svrhu ranije detekcije i onemogućavanja malicioznih radnji unutar OT okruženja.

Pitanja za diskusiju:

1. Autori spominju simulaciju industrijskog procesa unutar sandbox okruženja korištenjem open-source alata u kombinaciji s vlastitim programskim rješenjima. Koje sve komponente industrijskog procesa se simuliraju? Postoji li samo jedan skup simulacija industrijskog procesa ili postoje određene podvarijante istoga koje se po potrebi mijenjaju? Koji dio simulacije je već integriran u open-source alat, a koji dio su vlastita programska rješenja koja se pri tome koriste?
2. Mogu li autori predstaviti izgled jednog izvještaja nakon određene simulacije i detekcije zlonamjernog softvera kojeg je izradio Agregator izvještaja? U kojem je isti obliku/formatu?
3. U zaključku referata spominje se da trenutna implementacija ima određenih nedostataka zbog čega se opisani sustav koristi povremeno. Je li u bližoj budućnosti (1 - 2 godine), koliko je poznato autorima, u planu integracija u sustav kontinuiranog testiranja softverskih i konfiguracijskih promjena, te ako je na koji način se navedeno planira realizirati?

D2-09 Ivan Cindrić, Tamara Hadjina, Hrvoje Keserica
OSIGURAVANJE PROTOKOLA IEC 60870-5-104 KORISTEĆI NORMU IEC 62351-3

Sigurnost komunikacijskih protokola u elektroenergetskim sustavima ključan je aspekt kibernetičke sigurnosti kritične infrastrukture, a IEC 104 se naveliko primjenjuje za daljinsko upravljanje i nadzor energetskih postrojenja. Budući da nije izvorno dizajniran s mehanizmima za ostvarivanje kibernetičke sigurnosti, ovaj rad se fokusira na primjenu standarda IEC 62351-3, koji osigurava transportni sloj IEC 104 protokola korištenjem TLS (Transport Layer Security) enkripcije. Ovaj rad pruža praktičan uvid u primjenu TLS zaštite u industrijskim komunikacijama.

U radu se analiziraju izazovi implementacije IEC 62351-3, posebice u kontekstu elektroenergetskih sustava, gdje trajanje veza i kompatibilnost unatrag predstavljaju značajne tehničke prepreke. Opisuje se testiranje sukladnosti prema IEC TS 62351-100-3, čime je potvrđeno da implementacija zadovoljava normirane zahtjeve sigurnosti. Rezultati pokazuju da primjena IEC 62351-3 značajno poboljšava sigurnost IEC 104 komunikacije, ali implementacija donosi izazove vezane uz performanse, rukovanje certifikatima i fleksibilnost konfiguracije.

Pitanja za diskusiju:

1. Opišite detaljnije mogući scenarij "Man in the middle" odnosno izmjene podataka u slučaju korištenja IEC104 bez enkripcije pri čemu bi potencijalni napadač pokušao poslužitelju poslati lažnu komandu. Dali bi takav upad bio detektiran od strane pravog klijenta, odnosno sustava mrežnog nadzora u slučaju da poslužitelj ima definiranu listu IP klijenata odnosno da poslužitelj nema definiranu listu klijenata?
2. Obzirom da se "obnova i ponovno dogovaranje ključeva moraju izvršavati periodički s ciljem smanjenja mogućnosti otkrivanja sjedničkih ključeva koji bi trajali predugo, što bi ih činilo ranjivima na napade metodom grube sile." tko bi organizacijski u sustavu trebao biti odgovoran za obnovu ključeva i na koji način bi se ključevi kreirali i obnavljali?

D2-10 Ana Kekelj, Domagoj Ožanić, Mario Javorović, Tomislav Šesnić, Tomislav Stupić
IMPLEMENTACIJA KIBERNETIČKE SIGURNOSTI NA SCADA SUSTAVIMA U EE OBJEKTIMA

Rad obrađuje vrlo relevantnu temu i jasno prikazuje specifičnosti primjene kibernetičke sigurnosti u SCADA sustavima elektroenergetskih objekata. Posebno je vrijedno što autori nude konkretan, praktičan prikaz procesa testiranja i implementacije sigurnosnih zakrpa. Tekst je informativan i pokazuje dobru usklađenost s normama i realnim tehničkim uvjetima u HOPS-u. Unatoč tehničkoj složenosti, rad je razumljiv i širem krugu stručnjaka.

Pitanja za diskusiju:

1. Kako se osigurava da testni sustav vjerno replicira sve ključne funkcionalnosti i konfiguracije produkcijskih SCADA sustava u HOPS-u, kako bi ispitivanje sigurnosnih zakrpa dalo relevantne rezultate?
2. Koji su planirani ili preporučeni budući koraci za daljnje jačanje kibernetičke sigurnosti SCADA sustava, osobito u kontekstu novih prijetnji, sve većeg broja IED uređaja i razvoja prema digitalizaciji elektroenergetske mreže?
3. Koliko je uvođenje zahtjeva za kibernetičkom sigurnošću utjecalo na promjene u organizaciji i dinamici procesa održavanja SCADA sustava, posebno u pogledu uloga, odgovornosti i potrebnih resursa?

PREFERENCIJALNA TEMA 5: IZGRADNJA POUZDANIH I UČINKOVITIH TELEKOMUNIKACIJSKIH MREŽA ZA PODRŠKU USLUGAMA U ELEKTROENERGETSKOM SUSTAVU

D2-11 Goran Čutić, Igor Fosić, Norman Žegarac, Josip Zrno
DISTRIBUCIJA SINKRONIZACIJE U ELEKTROENERGETSKOM SEKTORU

Rad se bavi potrebom za preciznom vremenskom sinkronizacijom u elektroenergetskim sustavima, a zbog potrebe za unapređenjem i razvojem novih tehnologija, poput pametnih mreža i automatizacije. Rad opisuje neadekvatnost tradicionalnih sustava sinkronizacije (npr. GNSS, IRIG-B, 1PPS) zbog nedovoljne skalabilnosti i osjetljivosti na ugroze, te kako je projekt uvođenja MPLS-TP transportne mreže omogućio paketni prijenos sinkronizacije putem protokola PTP (Precision Time Protocol).

Rad predstavlja arhitekturu sinkronizacijske mreže unutar elektroenergetskih objekata, uključujući arhitekturu i zaštitne mehanizme s ciljem osiguranja stabilne frekvencijske i fazne sinkronizacije. Nastavno na implementaciju MPLS-TP mreže te PTP protokola, provedena mjerenja dokazala su visoku preciznost PTP signala, čime je potvrđeno da se predstavljena mreža može koristiti kao kvalitetan izvor sinkronizacije unutar elektroenergentskih sustava.

Pitanja za diskusiju:

1. Koje su potencijalne sigurnosne implikacije korištenja MPLS-TP mreže za prijenos sinkronizacijskih signala, posebno u kontekstu kibernetičkih prijetnji?
2. Kakav je utjecaj varijacija u mrežnom prometu na performanse PTP protokola u elektroenergetskim objektima, posebno u uvjetima visokog opterećenja mreže?
3. Kako se može osigurati kompatibilnost između PTP Power Profile standarda i starijih sustava koji još uvijek koriste tradicionalne protokole u elektroenergetskim objektima?