

# Upravljanje i regulacija DCS industrijskog procesa u stvarnom vremenu

---

**Puškarčić, Ivan**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2020**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:200:351939>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-08**

*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek](#)



**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNALSTVA I  
INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA**

**Stručni studij**

**UPRAVLJANJE I REGULACIJA DCS  
INDUSTRIJSKOG PROCESA U STVARNOM  
VREMENU**

**Završni rad**

**Ivan Puškarić**

**Osijek, 2020.**

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1 Zadatak završnog rada.....	1
<b>2. OPIS INDUSTRIJSKIH PROCESA</b> .....	2
2.1 Osnovni elementi sustava upravljanja .....	2
<b>3. MJERENJA, UPRAVLJANJE I NADZOR SUSTAVA</b> .....	4
3.1. Mjerenje u sustavima.....	4
3.2 „DMC“(eng. distributed measurement and control).....	4
<b>4. OSNOVNI DIJELOVI DC MREŽE I USPOREDBA SA SCADA SUSTAVOM</b> .....	6
4.1 Upravljačka stanica .....	7
4.2 Serveri, pohrana i računalni sustavi.....	9
4.3 DCS kontroleri.....	9
4.4 Uređaji postrojenja.....	11
4.5 DC i SCADA sustavi .....	12
<b>5. UPRAVLJANJE DISTRIBUIRANIM SUSTAVIMA U STVARNOM VREMENU</b> .....	14
5.1 Stvarno vrijeme.....	14
5.2 Sustavi u stvarnom vremenu.....	15
5.3 Primjer sustava .....	15
<b>6. UPRAVLJANJE POSTROJENJEM ELEKTRANE</b> .....	18
6.1 Opis nekih od najčešćih arhitektura .....	18
6.2 Kontrolna mreža .....	20
6.3 Kontrolna stanica .....	21
6.4 Komunikacija.....	22
6.5 Inženjering i konfiguracija.....	23
6.6 Operacijski podsustavi.....	24
6.7 Upravljanje informacijama .....	26
<b>7. STANDARDI I ZAKONSKA REGULATIVA</b> .....	27
7.1 Standardi IEC 61131 i IEC 61499 .....	27
7.2 Standard IEC 61850.....	27
7.3 Zakonska regulativa .....	27
<b>8. ZAKLJUČAK</b> .....	29
<b>9. LITERATURA</b> .....	30
<b>SAŽETAK</b> .....	32
<b>ABSTRACT</b> .....	33
<b>ŽIVOTOPIS</b> .....	34

# 1. UVOD

Distribuirani upravljački sustav (DCS) je upravljački računalni sustav za procese ili postrojenja, obično sa mnogim upravljačkim petljama, u kojima se kontroleri distribuiraju po cijelom postrojenju. Kod distribuiranih upravljačkih sustava nema centralnog nadzora operatera što je u suprotnosti sa sustavima koji koriste centralizirane kontrolere, bilo diskretne kontrolere koji se nalaze u središnjoj kontrolnoj sobi ili u centralnom računalu. DCS koncept povećava pouzdanost i smanjuje troškove same instalacije smještanjem upravljačkih jedinica s daljinskim prikazom i nadzorom u blizini procesnog postrojenja. Funkcionalnost SCADA i DC sustava je vrlo slična, ali DCS se obično koristi na velikim postrojenjima gdje su procesi neprekidni i gdje su je važna visoka pouzdanost, točnost te sigurnost. Kontrola procesa velikih industrijskih postrojenja razvijala se kroz mnoge faze [1]. Uvođenje DC sustava omogućilo je jednostavno rekonfiguriranje parametara postrojenja, poput kaskadnih petlji i blokada, te lako povezivanje s drugim računalnim sustavima postrojenja, također uvođenje DC sustava nam omogućuje i rukovanje alarmima, uvođenje automatskog evidentiranja događaja što uklanja potrebu za fizičkim zapisima.

U ovom radu su opisan je distributivni sustav upravljana. Industrijski procesi i njihovi osnovni dijelovi opisani su kao polazište u dizajniranju nekog distributivnog sustava. Također opisana su i mjerenja kao izvor podataka DC sustava. U nastavku slijedi detaljnije opisana struktura DC sustava kao i stvarno vrijeme koje je potrebno ostvariti u preciznim sustavima. Također su distribuirani sustavi opisani putem primjera nekoliko arhitektura elektrana. Na kraju rada opisani su osnovni standardi DC sustava kao i zakonska regulativa.

## 1.1 Zadatak završnog rada

Glavni zadatak ovoga rada je opisati strukturu i rad distribuiranih sustava, te se dohvatiti tema usko vezanih za DC sustave. Rad je potrebno potkrijepiti oglednim primjerom distribuiranog sustava upravljana u stvarnom vremenu.

## **2. OPIS INDUSTRIJSKIH PROCESA**

Da bismo osigurali praktičan i valjani opis kontrole procesa, potrebno je opisati elemente i operacije procesa na općeniti način. Model se može konstruirati pomoću blokova koji predstavljaju karakteristične elemente. Elementi sustava upravljanja su definirani kao zasebni funkcionalni dijelovi sustava.

### **2.1 Osnovni elementi sustava upravljanja**

Prema [2] slijedi kratki opis osnovnih elemenata sustava upravljanja

Proces:

Općenito, proces se može sastojati od složenog skupa pojava koje se odnose na neki proizvodni slijed. Mnoge varijable mogu biti uključene u takav postupak, i možda bi bilo poželjno istovremeno kontrolirati sve te varijable. Postoje i pojedinačni procesi gdje je potrebno kontrolirati samo jednu varijablu, kao i više varijabilni procesi u kojima su mnoge varijable međusobno povezane, te mogu zahtijevati regulaciju.

Mjerenje:

Da bismo mogli kontrolirati neku varijablu u procesu moramo imati informacije o toj varijabli, te informacije dobivamo mjerenjem. Općenito, mjerenje se odnosi na pretvorbu varijable u odgovarajući analogni oblik (poput npr. tlaka, struje, napona itd.), ili u digitalni signal. Senzor je element mjernog sustava koji je u direktnom doticaju s mjernom veličinom i daje izlazni signal ovisan o njezinu iznosu. Rezultat mjerenja je prikaz vrijednosti varijable u obliku koji zahtijevaju ostali elementi procesa.

Detektor pogreške:

Najčešće program koji uspoređuje mjerene vrijednosti s referentom vrijednosti, te na osnovu toga nam šalje obavijest o odstupanju od željene vrijednosti.

Kontroler:

Kontroler upravlja uređajima i procesima, sastoji se od mikroprocesora, memorije, analognih i digitalnih ulaza i izlaza, tajmera, brojača, oscilatora te komunikacijskih sklopova. Kontroler očitava ulaze i podešava izlaze u skladu sa programom.

Element upravljanja:

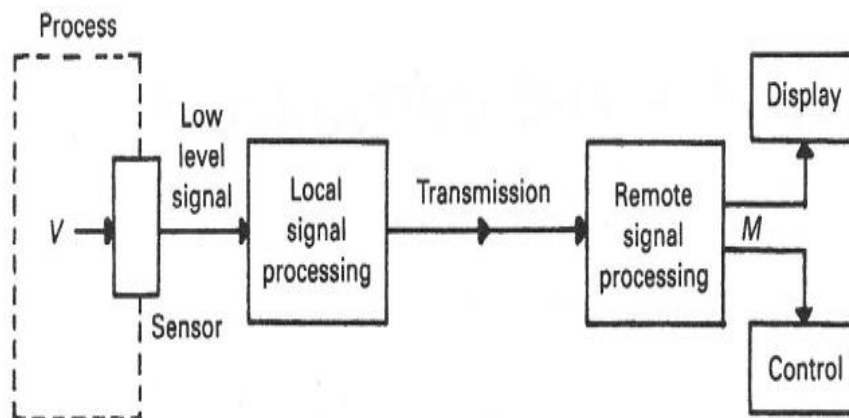
Završni element u postupku upravljanja procesom je uređaj koji ima izravan utjecaj na proces, tj. uređaj koji ostvaruje promjenu kontrolirane varijable kako bi je doveo do referentne vrijednosti. Ovaj element je spojen na kontroler i prihvaća ulazni signal, koji se potom transformira u neki proporcionalni rad, te se izvodi nad procesom.

### 3. MJERENJA, UPRAVLJANJE I NADZOR SUSTAVA

Industrija je s vremenom razvila distribuirani sustav mjerenja i upravljanja. Jedni od ključnih komponenata DC sustava su senzori, aktuatori, kontroleri i kontrolna mreža. Veliki DMC sistemi se često sastoje od mnogo senzora, aktuatora, te kontrolnih mreža raznih proizvođača. Spajanje komponenata i integracija sustava glavni su problemi koji zahtijevaju značajne napore i znanja iz mnogih tehničkih područja.

#### 3.1. Mjerenje u sustavima

Fizikalne veličine poput temperature, talka, protoka itd. je važno precizno izmjeriti jer je to vrlo bitan dio procesa regulacije, monitoringa i sustava signalizacije. Procesne varijable se pomoću senzora pretvaraju u izmjerene veličine, te se dalje šalju čovjeku ili kao ulazi u uređaje za automatsko upravljanje [3].



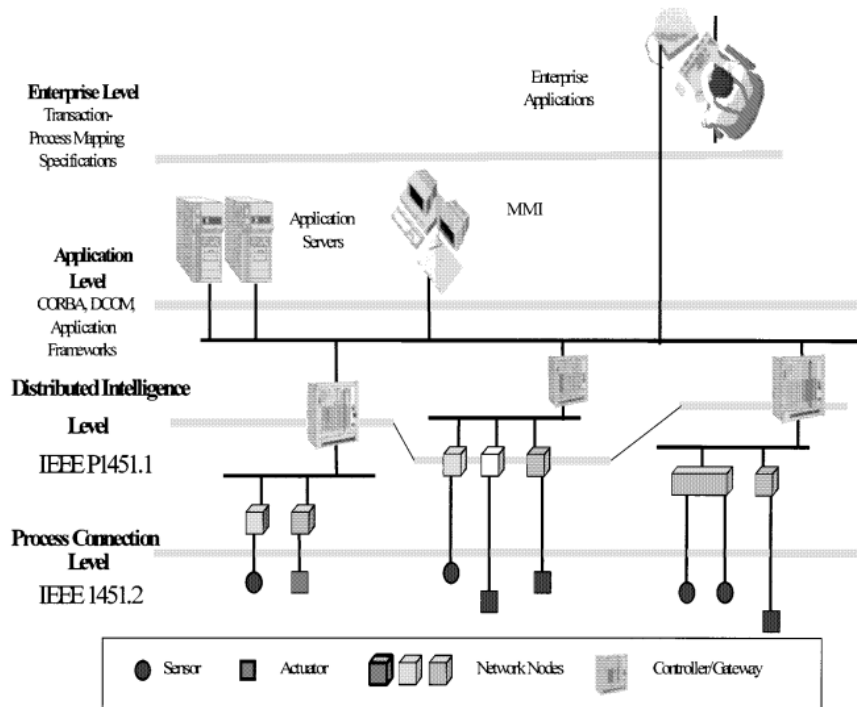
Slika 3.1 Mjerenje u sustavima [3]

Senzori su spojeni na proces i primaju informacije o promjenama unutar procesa. Signal se lokalno obrađuje jer je često niskog intenziteta. Lokalnu obradu signala izvršava pretvornik koji jedan oblik fizikalne veličine pretvara u drugi. Filtriranje signala spada pod jednostavnije lokalne obrade signala.

#### 3.2 „DMC“ (eng. distributed measurement and control)

Industrija distribuiranih mjerenja i upravljanja (DMC) u sve većoj mjeri se nastoji standardizirati. Standardizirana sučelja pretvarača signala (senzora i aktuatora), programski

jezici viših razina, objektno orijentirane platforme, Intranet i Internet tehnologije služe za oblikovanje novih distribuiranih sustava mjerenja i upravljanja. Postoje tri ključna područja razvoja DMC sustava: standardizirano prikazivanje i povezivanje pretvarača, otvorene mrežne komunikacije, i razvoj distribuiranih aplikacija [4].



Slika 3.2 Distributed measurement and control [4]

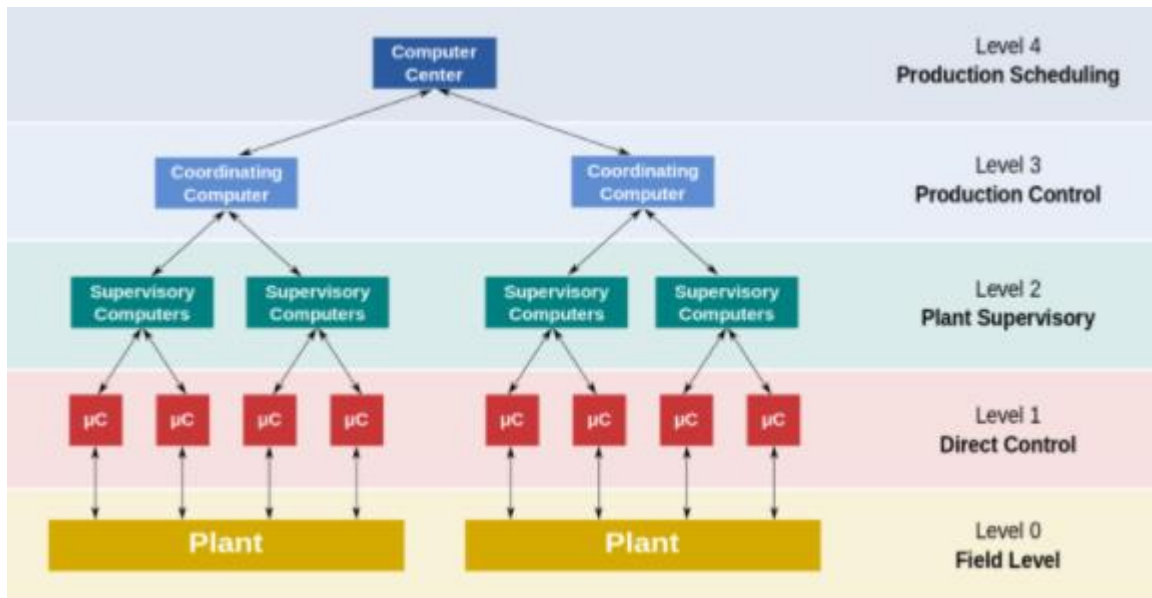
Slika 3.2 prikazuje primjer industrijskog procesa u kojemu je informacija iz senzora na procesnoj razini, inače najnižoj razini upravljačke hijerarhije, poslana u čvor upravljačke mreže. Podaci iz senzora koje je prihvatio procesor u mrežnom čvoru šalju se u mrežu. Ostali čvorovi mogu iskoristiti informaciju koju su primili tako da utječu na aktuator, a samim time i na cijeli proces.

Bežične mreže senzora i aktuatora omogućuju blisku interakciju između čovjeka i okoliša. Postoje razvijeni mehanizmi za zajedničku procjenu i aktiviranje, koji se sastoje od faze koordinacije sensor-aktuator i faze koordinacije aktuator-aktuator. [17]



## 4. OSNOVNI DIJELOVI DC MREŽE I USPOREDBA SA SCADA SUSTAVOM

Distribuirani sustavi upravljanja sadrže raspodjelu upravljanja procesima putem čvorova u sustavu, cijeli sustav je pouzdan i smanjuje mogućnost kvara procesora. Raspodjela računalne snage na međusobno povezanim ulazno/izlaznim jedinicama također osigurava brzo vrijeme procesiranja podataka kontrolera uklanjanjem mogućih kašnjenja mreže [5].



Slika 4.1 Razine DC sustava [5]

Prema [5] Ovaj dijagram predstavlja sljedeće razine:

Razina 0: Sastoji se od uređaja poput senzora temperature, protoka, i završnih upravljačkih elemenata poput regulacijskih ventila.

Razina 1: Sastoji se od industrijaliziranih ulazno / izlaznih modula i njihovih distribuiranih elektroničkih procesora.

Razina 2: Nalazi se u nadzornim računalima koja pomažu u prikupljanju podataka s procesorskih čvorova u sustavu, te pružaju upravljačke ekrane.

Razina 3: Razina kontrole proizvodnje koja ne kontrolira izravno proces, ali se bavi nadgledanjem proizvodnje i nadgledanjem pojedinih elemenata.

Razina 4: Razina planiranja proizvodnje.

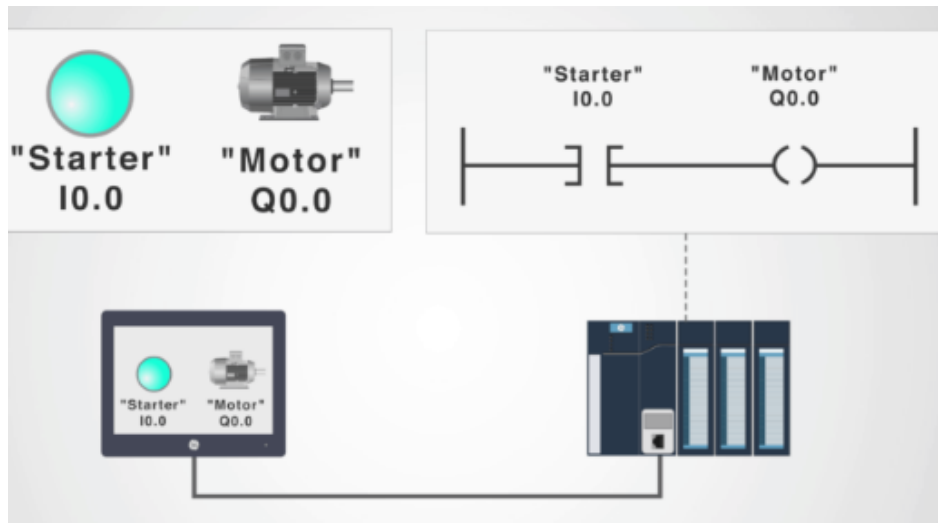
## 4.1 Upravljačka stanica

Tipično automatizirano postrojenje sadrži centralizirani upravljački centar za operatere koji se još naziva i upravljačka stanica (*eng. Operator Station*). Upravljačke stanice predstavljaju srce distribuiranih sustava upravljanja. U njima operator može promatrati rad postrojenja, pregledavati upozorenja i alarme procesa, nadzirati proizvodnju i još mnogo toga [6].



Slika 4.2 Upravljačka stanica [6]

HMI je uređaj kojeg osoblje koristi za interakciju sa automatiziranim sustavima. HMI paneli su primarno grafička sučelja postavljena između procesora i procesa i omogućuju operatorima da kontroliraju i interagiraju sa procesima. Kako bi se ostvarila interakcija procesima HMI upravljački „gumbovi“ na ekranu moraju imati definirane ulaze i izlaze PLC-a kojima se upravlja. Međutim kako bi se ostvarila komunikacija između PLC-a i HMI-a oni moraju biti kompatibilni, to znači da moraju međusobno komunicirati. Tu komunikaciju ostvaruju pomoću protokola, svaka tvrtka koristi drugačije protokole. Često korišteni protokoli su Modbus, Ethernet/IP, i Profibus itd. Kada PLC i HMI međusobno komuniciraju što god se isprogramira na HMI-u može biti korišteno za nadgledanje i kontrolu PLC funkcija. HMI paneli mogu biti nabavljeni od strane proizvođača kontrolera, kao što su: Siemens, Allen Bradley, General Electric, Schneider Electric itd. Dok većina proizvođača ima svoj brend HMI-a, potreban im je i softver za programiranje HMI-a. Kod Simensa se koristi WinCC, Allen Bradley zahtjeva FactoryTalk View, Schneider zahtjeva Vijeo Designer ili Citect itd. Iako postoje neki PLC/HMI programerski softveri koji su integrirani za proizvođača, većinom su to zasebni softverski paketi koji se odvojeno plaćaju. Imati PLC i HMI istog proizvođača čini se kao prednost ali kao što je napomenuto, potreba za nekim dodatkom softvera definitivno nije isplativa. Također kod mišljenja da zbog upotrebe naprava istog proizvođača možemo koristiti bazu „tagova“ procesora na HMI sučelju ponekad nije točno. Neki proizvođači koriste „drag and drop“ [6].



Slika 4.3 Drag&Drop HMI sučelje [6]

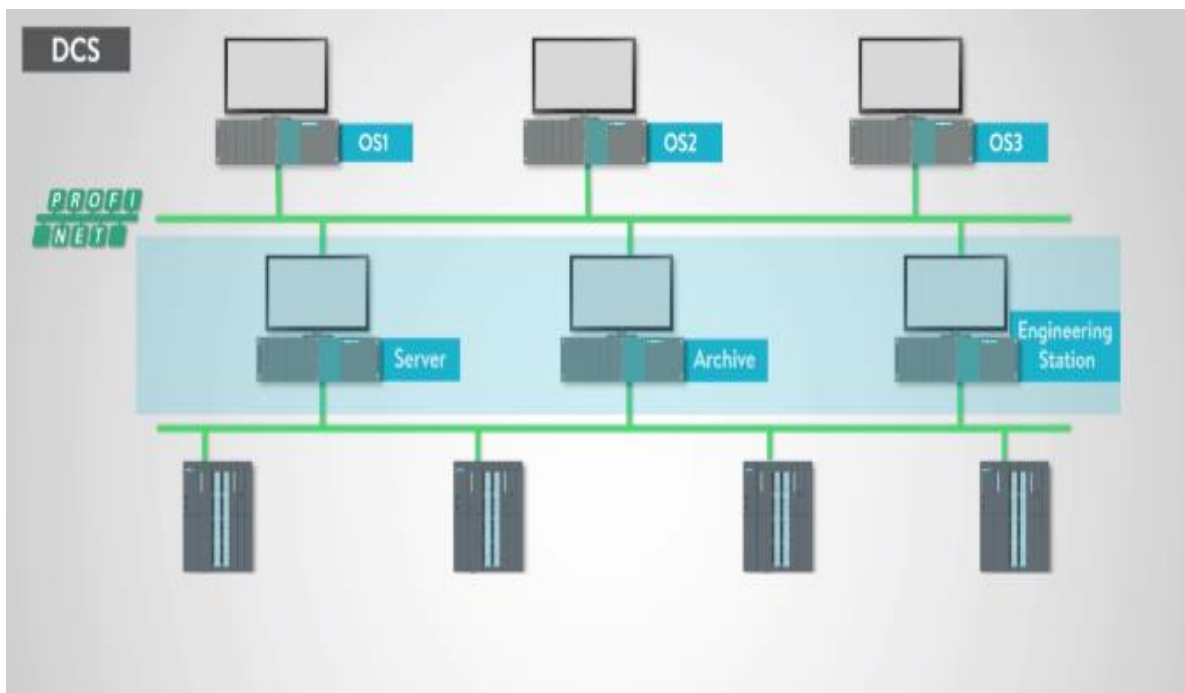
HMI se primarno koriste u malim automatizacijskim okruženjima, kada imamo veće sustave tada se kao sučelje koriste desktop računala. Takva računala zahtijevaju svoje softverske pakete poput: iFix ili Intellution, Wonderware ili VtSCADA. Dok SCADA sustavi imaju HMI ili računala koja nisu obavezno od istog proizvođača, DC sustavi imaju grafička sučelja koja su, obično, integrirana unutar DC sistema. Ovo je prednost jer nema potreba za dodatnim softverima i softverskim paketima, i k tomu su nam još dostupni i „tagovi“ bez puno dodatnog truda. Prema opisima ovih sučelja možemo zaključiti da DCS ima prednost u ovoj kategoriji [6].



Slika 4.4 DCS „tagovi“ [6]

## 4.2 Serveri, pohrana i računalni sustavi

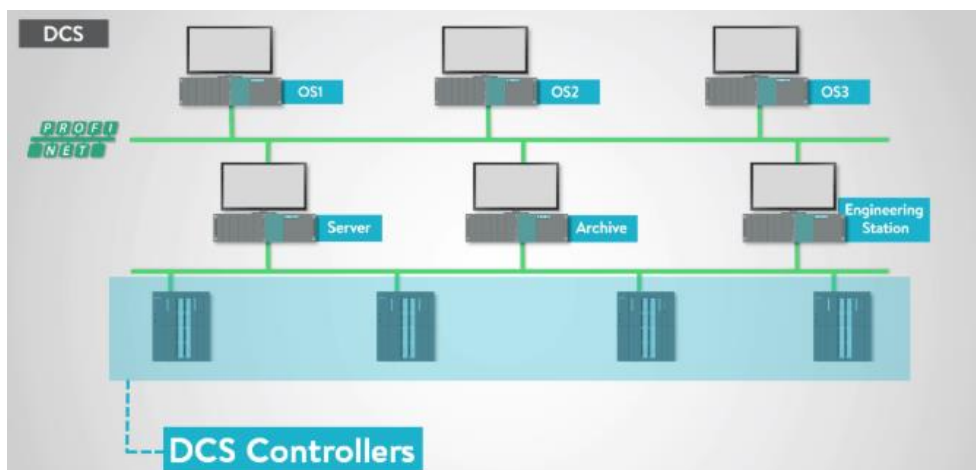
Ova razina komponenti može sadržavati servere, računala za arhiviranje i tehničke stanice. Komunikacija sa upravljačkom stanicom se vrši putem Ethernet-a. Serveri se koriste za spremanje svih podataka na razini procesora, oni su odgovorni za podatke koji se kreću između upravljačke stanice i procesora nekog postrojenja. Računala za arhiviranje se koriste za pohranu svih stanja i veličina nekog postrojenja, zbog toga je moguće naknadno popratiti što se događalo u odsustvu operatera. Tehničke stanice koriste se za izradu projekata na kojima se odvijaju procesi, a to uključuje konfiguraciju hardvera, logike samog procesa, grafičkog prikaza za interakciju sa operaterom, upravljanja svim tim zadacima pomoću raznih softvera itd. Tehničke stanice se još koriste i za prebacivanje programa i projekata na procesore i grafička sučelja [6].



Slika 4.5 Prikaz računalnih sustava [6]

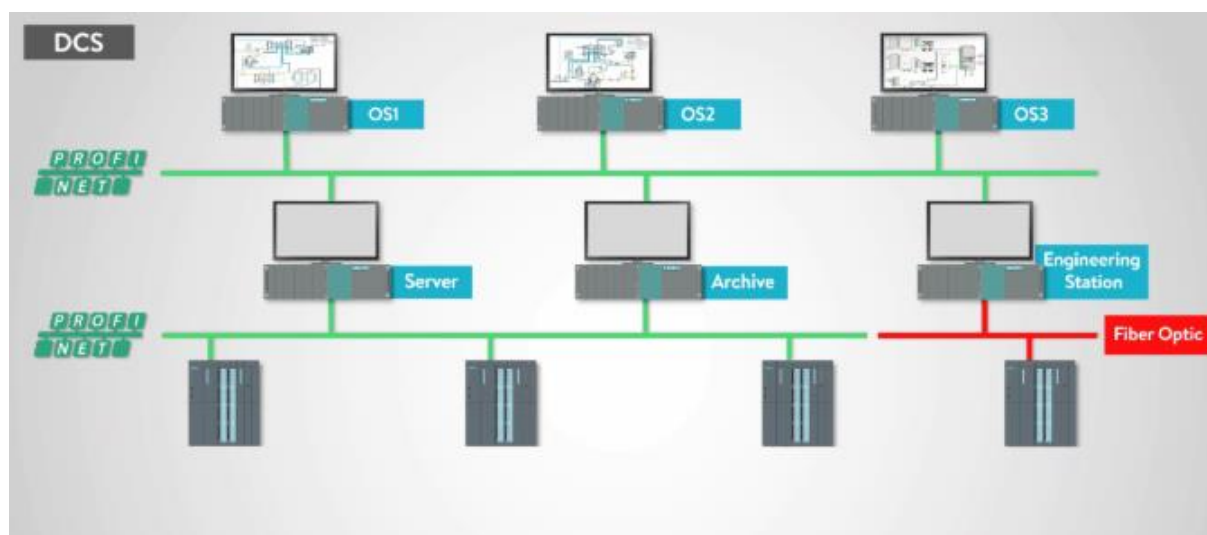
## 4.3 DCS kontroleri

Sljedeća razina DC sustava su dakako glavni kontroleri koji nadziru pojedine procesore i I/O module. Ovi kontroleri su također odgovorni za slanje podataka serveru, koji zauzvrat šalje podatke za grafičko sučelje. Na ovoj razini procesor izvršava logiku i izvršava dobivene naredbe kako bi kontrolirao proces.



Slika 4.6 Prikaz kontrolera u sustavu [6]

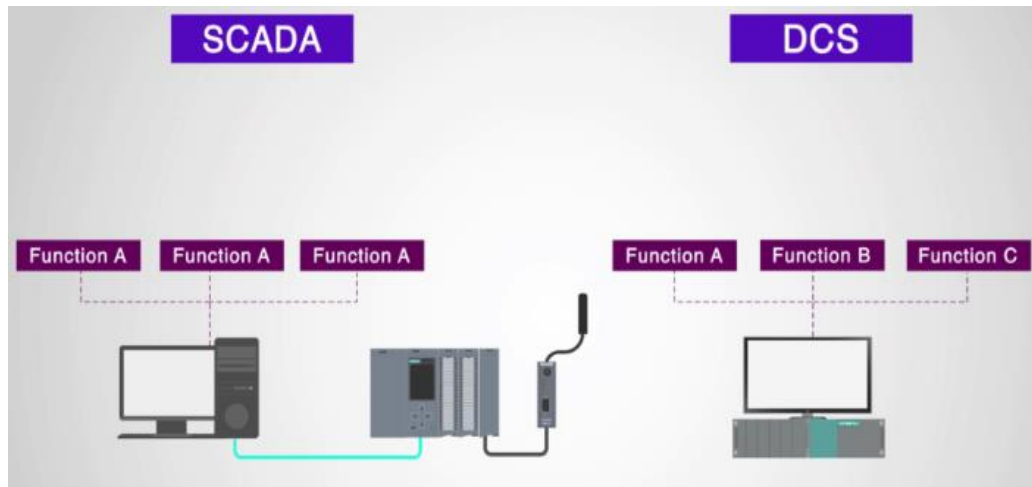
Industrijski Ethernet se obično koristi za komunikaciju sa prethodnom razinom DCS sustava. Optička vlakna se mogu koristiti kada je potrebno ostvariti povezanost na većim udaljenostima.



Slika 4.7 Povezivanje optičkim vlaknima [6]

Unutar SCADA sustava mogu se nalaziti PLC-i ili RTU-i (*Remote Terminal Unit*). Ove komponente zahtijevaju programiranje u svrhu izvršenja naredbe bitne za operacije postrojenja. U ranijoj povijesti, moralo se ispisivati na tisuće linija koda da bi se pokrenuo jedan proces u postrojenju. Kako su godine prolazile, implementirano je mnogo načina konsolidacije i ponovne upotrebe. Taj kod za višekratnu upotrebu bilo je potrebno napisati u formatu koji kontroler koristi, npr. prilagođeni Funkcijski blokovi, Add on Instrukcije (AOIs), itd., koje je programer napisao za kontroler. Jednom napisan, kod se može instancirati bilo koji broj puta za upotrebu unutar kontrolera. Iako je to, barem u ranijim danima, bilo nezgodnije u SCADA

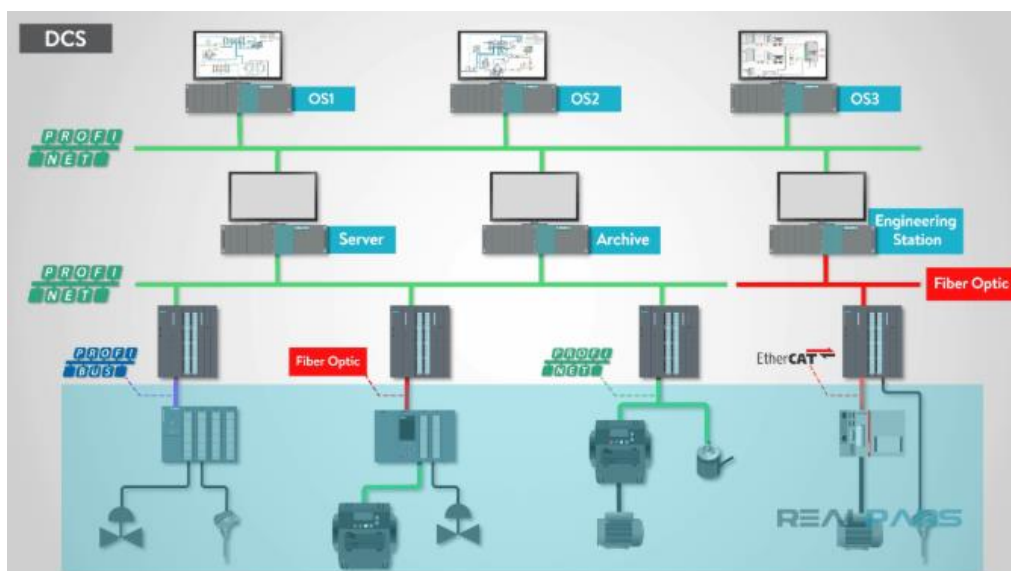
implementaciji, DCS je imao mnoge unaprijed definirane funkcije koje su se mogle prilagoditi i primijeniti za razne aplikacije. To nije eliminiralo potrebu za pisanjem koda, međutim pomoglo je u bržoj integraciji jer bi za pisanje koda trebalo trošiti manje vremena za najčešće korištene funkcije [6].



Slika 4.8 SCADA i DCS povezivanje s kontrolerima [6]

#### 4.4 Uređaji postrojenja

Sljedeća razina DC sustava se odnosi na uređaje u postrojenju. Komunikacija između ove razine i procesorske razine može biti gotovo bilo koje vrste koja je kompatibilna s komponentama. Neke od tih razina su Ethernet, Profibus DP, EtherCAT ili neki drugi komunikacijski protokoli. Primjeri komponenata ove razine su odašiljači, sklopke, ventili, motori itd. [6].

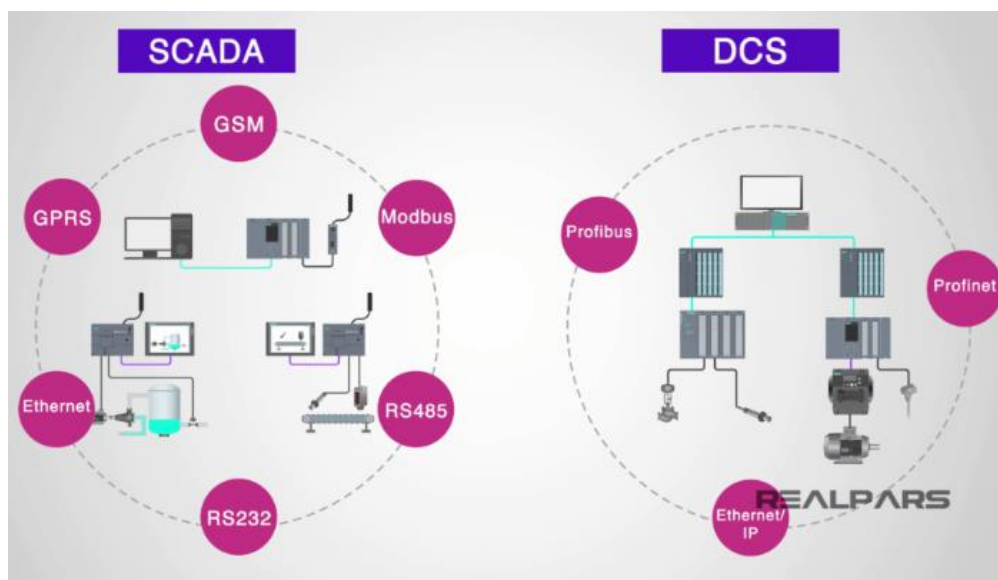


Slika 4.9 Prikaz uređaja postrojenja [6]



## 4.5 DC i SCADA sustavi

SCADA i DCS su mehanizmi za kontrolu i praćenje opreme i procesa unutar industrijskih postrojenja, kako bi se osiguralo da sve ide „po planu“, a da oprema ne radi izvan zadanih granica. Jedna od najznačajnijih razlika između SADA i DC sustava je njihov dizajn. DCS ili sustav kontrole podataka je sustav koji je orijentiran na procese, odnosno ima fokus na procese u svakom koraku operacije. SCADA Ili nadzorna kontrola i prikupljanje podataka ima fokus na sakupljanju podataka za potrebe radnika koji je zadužen za praćenje operacija. U pogledu primjene DCS je sustav koji odabiremo za ograničena manja mjesta, poput postrojenja ili tvornica, dok se SCADA koristi kod sustava na koji se šire na mnogo veću geografsku lokaciju. DCS uvijek mora biti spojen na I/O sustava, dok SCADA radi kada i komunikacija u sustavu ne bude uspješna jer čuva sve trenutne vrijednosti. Vremena obrade su nešto sporija u DCS-u u odnosu na PLC/RTU SCADA okruženje. Iako to nije nužno problematično, može imati utjecaj na procese koji su vrlo vremenski osjetljivi. Komunikacija unutar SCADA sustava može se uvelike razlikovati i adaptirati na promjenu tehnologije, dok se DCS također može prilagoditi, ali još uvijek postoje neke komunikacije koje mogu biti izazovne za ostvariti. Sloj programske podrške nam daje mogućnost višestrukog djelovanja uređaja i aplikacija s ciljem brzog i jednostavnog razvoja aplikacija, te pružanjem skupa programskih funkcionalnosti veće razine od operacijskog sustava. Mnogi napredni sustavi automatizacije su temeljeni na računalnim sustavima, posredne tehnologije imaju veliku važnost unaprjeđenja raspodijeljenih upravljačko-nadzornih sustava [6].



Slika 4.10 Komunikacija u SCADA i DC sustavima [6]

Ukoliko je sigurnost prioritet tada ćemo odabrati DCS. Iako, danas uz mnogo sigurnosnih procesora možemo odabrati i SADA sustave.

Tablica 4.1 Usporedba DCS i SCADA sustava [7]

	SCADA	DCS
Osnovna funkcija	Prikupljanje i pohrana podataka	Automatizacija podsustava
Izvori podataka	RTU, PLC, IED	Uređaj DCS
Prostorna veličina podsustava	Relativno velika	Relativno mala
Mrežna infrastruktura	Raznorodna	Ujednačena
Pouzdanost veze	Relativno mala	Vrlo visoka
Odziv	Nedeterministički	Deterministički
Povratna petlja upravljanja	Otvorena	Zatvorena
Industrijski proces	Diskretni	Kontinuirani
Tip komunikacije	Vertikalna	Horizontalna
Komunikacijski model	Klijent/Server	Peer to peer
Metoda dohvata podataka	Spontano	Ciklički

Kada sve proučimo, zaključujemo, na današnjem tržištu ne postoje velike razlike u sustavima. DC sustavi imaju integrirani softver operacijskog sučelja sa bazama koje sadrže „tagove“, dok SCADA sustavi zahtijevaju da kupimo dodatni softver i osmislimo ili uvezemo svoje „tagove“. Ukoliko imamo proces osjetljiv na vrijeme, SCADA sustavi imaju malu prednost iz razloga što je vrijeme obrade brže. Kada govorimo o sigurnosti, prednost dajemo DC sustavima. Sve u svemu možemo zaključiti da između ova dva sustava postoji puno sličnosti.



## 5. UPRAVLJANJE DISTRIBUIRANIM SUSTAVIMA U STVARNOM VREMENU

Broj aplikacija koje zahtijevaju DC sustavi upravljani u stvarnom vremenu za pravovremenu izmjenu podataka, događaja i naredbi putem Ethernet-a ili nekih standardnih sabirnica u zadnje vrijeme raste. Raspodjela računalnih resursa potrebna je za dizajn, razvoj i implementaciju efektivne simulacije dinamičkih sustava i kontrolera u stvarnom vremenu. Kompleksnost i fizička distribucija moderne aktivne-sigurnosne pokretne aplikacije zahtijeva uporabu distribuirane arhitekture. Ove se arhitekture sastoje od višestrukih elektroničkih upravljačkih jedinica (ECU) povezanih standardiziranim sabirnicama. Najčešća konfiguracija sadrži periodično aktiviranje zadataka i poruka u kombinaciji s „run-time“ i „priority-based“ rasporedom. Pravilna raspodjela aplikacija na takvih arhitekturama zahtijeva da se ispoštuju krajnji rokovi. To je izazovno, jer se rokovi moraju primjenjivati kroz više elektroničkih upravljačkih jedinica (ECU) i sabirnica, od kojih svaka ima višestruku funkcionalnost. Potreba prilagodbe zadataka i poruka dodatno otežava regulaciju u stvarnom vremenu [8].

### 5.1 Stvarno vrijeme

Izraz „real time“ može imati više različitih značenja, ovisno o ljudima i primjeni. U informatici taj izraz uglavnom dijeli na dvije kategorije: SRT (Soft real time) i HRT (Hard real time). SRT sustav odlikuje sposobnost da izvrši zadatak u željenom vremenskom rasporedu, ponekad može promašiti rokove ali to znatno ne utječe na kvalitetu. Zaslun se često uzima kao primjer SRT sustava. Jasno je da zbog ljudske dinamike oka gubitak povremenog frame-a ne izaziva degradaciju u sustavu, SRT sustav pruža prosječne performanse koje su u ovom slučaju prihvatljive. HRT je hardver ili softver koji mora raditi u ograničenim vremenskim rokovima, i ne smije promašiti rokove. Neuspjehom se smatra ako zadatak nije obavljen u zadanom vremenskom roku. Primjeri HRT sustava u stvarnom vremenu se mogu naći u komponentama pacemakera, sustavima upravljanja zrakoplovima itd. Tipičan primjer HRT sustava sastoji se od upravljačkog (npr. računalo) i kontroliranog sustava (postrojenje). Nužno je da stanje pogona koje prikazuje upravljački sustav u skladu sa stvarnim stanjem pogona, unutar dopuštenih odstupanja (razina smetnje). Štoviše vremenska točnost utječe na aktiviranje upravljanja, koje treba izvršiti prema brzini uzorkovanja za koju je dizajniran diskretni sustav upravljanja vremenom, stoga nema sumnje u to da upravljački sustavi moraju imati HRT (*Hard real time*) sustav [9].

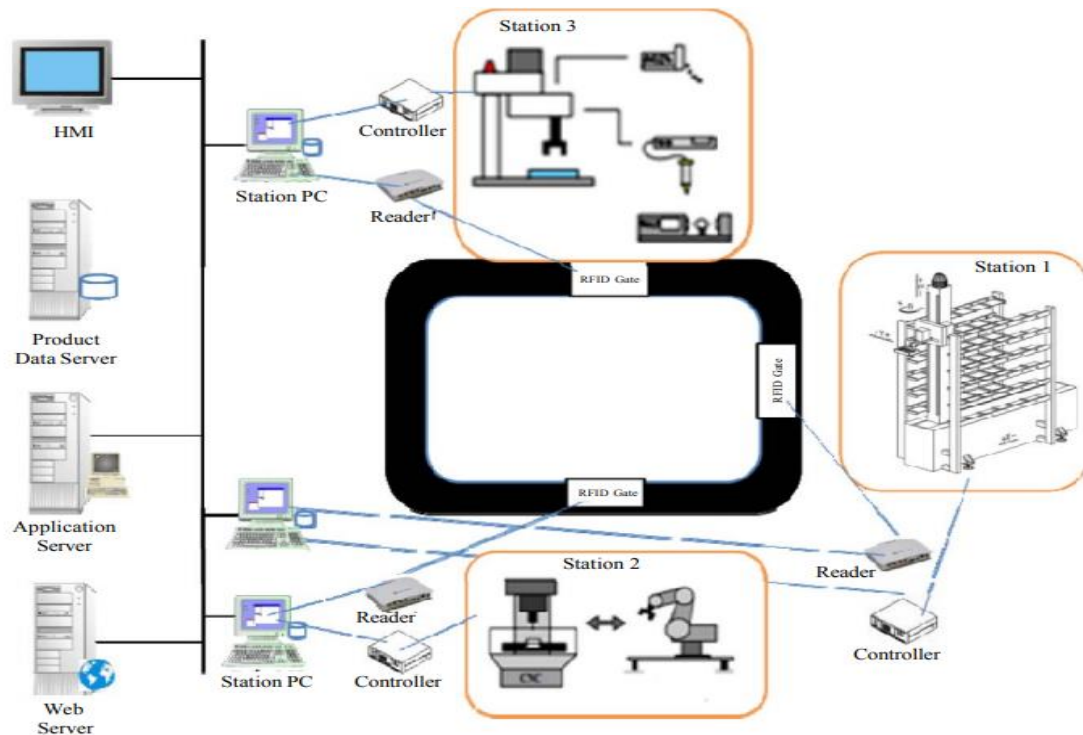
## 5.2 Sustavi u stvarnom vremenu

Mnogo složenih distribuiranih ugradbenih sustava sa stvarnim vremenom upravljanja su rezultat integracije elemenata. U fokus stavljamo distribuirane sustave koji u stvarnom vremenu prikupljaju podatke iz senzora, analiziraju ih, te na temelju rezultata šalju naredbe aktuatorima. Svaki ulazni podatak, npr. očitavanje senzora, dostupan je na jednom od računalnih čvorova (*eng. node*). Periodički aktiviran zadatak (*eng. task*) čita podatke iz toga čvora, obrađuje ih, i upisuje ih u izlazni međuspremnik iz kojeg je dostupan drugim zadacima ili se koristi za generiranje sadržaja poruke. Poruke prenose podatke iz izlaznog međuspremnika trenutnog čvora putem sabirnice u ulazni međuspremnik nekog drugog čvora. Na kraju se izlazi podaci zadatka šalju izlaznim uređajima ili aktuatorima. U aplikaciji funkcijski blokovi komuniciraju putem signala koji predstavljaju podatke. Opis arhitekture jest topologija (neprekidnost) računalnih čvorova povezanih sabirnicama. Mapiranje dodjeljuje funkcijske blokove zadacima i zadacima čvorova. Također su prioriteta dodijeljeni zadacima i porukama [10].

## 5.3 Primjer sustava

U ovom primjeru je opisano upravljanje i monitoring distribuiranog sustava sa radio frekvencijskom identifikacijom (RFID). FSM laboratorij Sveučilišta Istočnog Mediterana (EMU) dizajniran je u obrazovne i istraživačke svrhe. Laboratorij se sastoji od tri stanice koje se sastoje od raznih robota. Roboti s kontrolerima sa više zadataka pružaju kontrolu i sinkronizaciju u stvarnom vremenu, podržavaju samostalne aplikacije kao i sofisticirane automatizirane radne stanice. Cjelokupni sustav je pokrenut s nadzornom glavnom kontrolom koja se sastoji od skupa IPC-ovih stanica, PLC-a za upravljanje transportera i glavnog računala koje omogućuje upravljanje narudžbama stanica korištenjem OPEN CIM softvera. Na temelju fizičkih spojeva i veza distribuiranog upravljačkog sustava s omogućenom RFID identifikacijom, odabran je multi-agent sustav za realizaciju distribuiranog sustava upravljanja i nadzora u trgovini. To ima za cilj implementirati distribuirani sustav kontrole i praćenja koji je omogućio RFID za multidisciplinarnu stanice ili objekte koji su uključeni na popisu mogućih proizvoda [11].

Predložena arhitektura sadrži više agenata na razini stanica i trgovine, kao i određene alate za inženjering koji se koriste kao radni mehanizmi neke od skupina agenata ili za komunikaciju između njih (Ontologiju). „Agent za kontrolu stanice“ i „Agent za proizvodne resurse“ su agenti jezgre za distribuirani sustav sa RFID sustavom kontrole i praćenja. Za implementaciju, na temelju multi-agent arhitekture korišteni su različiti programski jezici i inženjerski alati [11].



Slika 5.1 Automatizirani sustav u stvarnom vremenu [11]

Na slici 5.1 je prikazana multi-agent arhitektura upravljanja trgovine. Prvi agent je „Shop management Agent“ koji definira nove proizvode za sustav i određuje početne parametre proizvoda. Također je odgovoran za popis mogućih proizvoda. „Agent manager“ odgovoran je za kontrolu korištenja dostupnosti svih agenata održavanjem točnog, cjelovitog i pravodobnog popisa svih aktivnih sredstava. „Shop Monitoring and Command Agent“ je odgovoran za prikaz stanja sirovina, proizvoda u procesu i gotovih proizvoda u stvarnom vremenu. „Station Control Agent“ je agent za kontrolu stanice koji realizira postupak odabira prikladne obrade ili mogućnosti proizvoda. Također je zadužen za ažuriranje podataka stanice. „Station Monitoring Agent“ koristi se za prikaz podataka o proizvodnji tj. obradi materijala. „Manufacturing Resource Agent“ predstavlja specifične proizvodne komponente poput robota, transportera,

strojeva itd. „Agent-Machine Interface“ je agent koji je izravno povezan s fizičkim kontrolerom [11].

Svi ovi agenti su povezani lokalnom mrežom (LAN) putem koje komuniciraju asinkrono. Radi svrsishodnosti agenta za upravljanje trgovinom koji se izvodi na aplikacijskom serveru, ontologija djeluje na podatkovnom serveru koji također odgovoran i za održavanje baze podataka trgovine [11].

Sustav se sastoji od 30 RFID aktivnih tagova. Svaka oznaka je pričvršćena na komponentu. Također je sastavljen od RFID vrata za svaku stanicu koja sadrže antenu, RFID čitač i manipulator. IPC (PC/Windows XP) koji radi na softveru za upravljanje stanicom i pomoću kojeg se primaju podaci o stanju čitača pohranjeni u bazi, te kontrolira RFID vrata. HMI (PC/Windows XP), koji se koristi za praćenje stanja rada u stvarnom vremenu. U sustavu se nalazi podatkovni server, aplikacijski server i web server. Hardverska struktura je prikazana na slici 5.1 [11].

## 6. UPRAVLJANJE POSTROJENJEM ELEKTRANE

Energetska industrija zahtijeva velike DC sustave, tj. zahtijeva mnogo I/O jedinica (od 100 do 1000). Osnovni softver uključuje kontrolu, HMI, inženjering, i upravljanje informacijama. DCS elektrane također nadgleda ugradbene aplikacije kao što su kotao i turbina, zaštita od prekomjerne brzine, nadgledanje vibracija, sigurnosni instrumentalni sustavi, emisije, obrade vode itd. Podrška softvera upravlja i upravljanjem proizvodnje, naprednim upravljačkim funkcijama itd.

DCS	Manufacturer	Country
800xA/Melody	ABB Hartmann–Braun	Germany
800xA/AC800M	ABB AlfaLaval	Sweden
SPPA/ PCS 7	Siemens	Germany
Ovation	Emerson Westinghouse	USA
Alspa P320	Alstom Power	Finland
Experion PKS	Honeywell	USA
metsoDNA	Metso Automation	France
CS3000	Yokogawa	Japan
I/A Series	Invensys Foxboro	USA

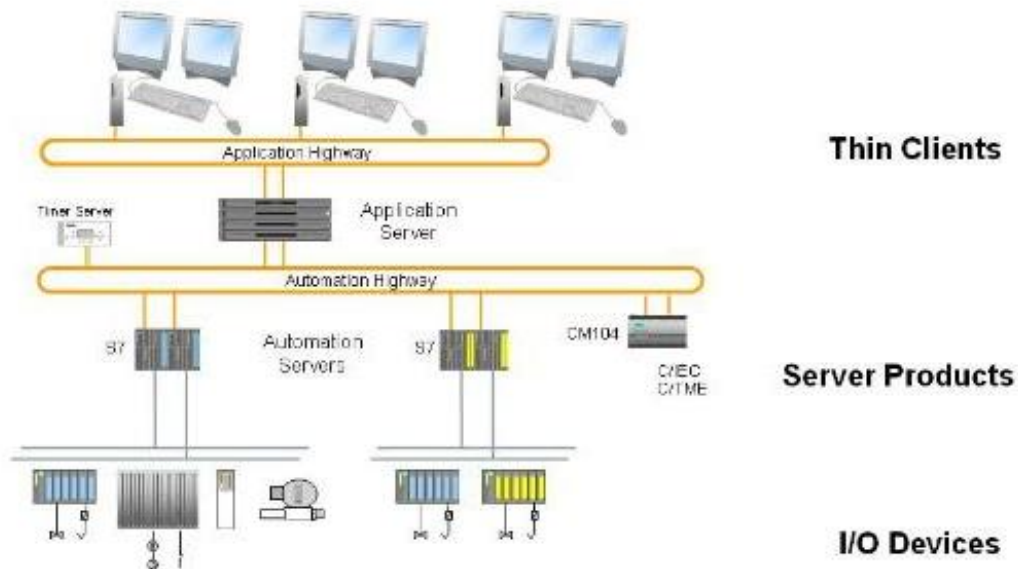
Slika 6.1 DCS sustavi i proizvođači [12]

### 6.1 Opis nekih od najčešćih arhitektura

SPPA arhitektura:

Komunikacija sa vanjskim uređajima se ostvaruje putem hardverskog proxy-a. Primjer hardverskog proxy uređaja su PROFIBUS DP uređaji. Serveri, korisničko sučelje i mrežne komponente mogu se proširiti u bilo kojem trenutku i tijekom rada. Stoga u ovom sustavu nije problem instalirati dodatne složenije sustave kojima je potrebo dosta vremena da se slože i testiraju, i sve to bez zabrinutosti zbog ugrožavanja rada trenutnog sustava. Upravljačko sučelje SPPA-T3000 novo je vrhunsko rješenje za upravljanje procesom usmjereno na korisnika. Sa sofisticiranim značajkama alarma i dijagnostikom sustava. Podaci u stvarnom vremenu, vizualizirani kroz grafičke prikaze podataka poput alarma, prikaza postrojenja, dijagrama dinamičkih funkcija ili prikaza dijagnostike. Moglo bi se reći da su nam sve informacije na

dohvat ruke. Alarmi se koriste za obavještanje operatora o odstupanjima od redovnog ili planiranog rada u elektrani, tu spadaju i kvarovi. Alarmi se mogu pronaći na Displayu predviđenom za alarme ili unutar logova (zapisa svi događaja unazad najčešće nekoliko dana) [12].



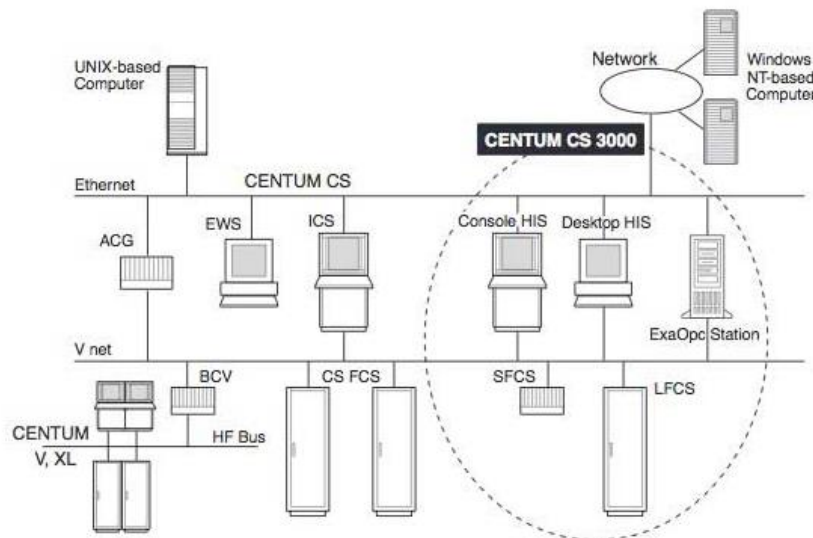
Slika 6.2 Primjer SPPA arhitekture [12]

SPPA sustav je zasnovan na Javi sa sistemskim softverom koji radi na redundantnom Stratus poslužitelju. Mreža između kontrolera i poslužitelja aplikacija je PROFINET i podržava redundanciju. Upravljači SIMATIC S7, koji se nazivaju automatizacijski poslužitelji, umrežavaju se na terenu pomoću Profibus DP. Siemens SIMATIC S-7 kontroleri, programirani su s novim IDE-om posebno dizajniranim za sustav SPPA-T3000 [13].

CS3000 arhitektura:

Slika 6.3 prikazuje komponente CENTUM CS 3000. Najveća značajka je uporaba sustava Windows NT kao operativnog sustava za operacijske komponente i monitoring. Primjer, tvornica se godišnje gasi 30tak puta zbog održavanja. Statusi svakog procesa vidljivi su na HIS (Human Interface Stations) sučeljima. Svaki korak sekvence pokretanja je automatiziran sustavom CENTUM CS3000. Automatizacija i prikaz informacija o postupcima pokretanja kotla i turbine smanjuje radno opterećenje operatora i pomaže osigurati neometano i sigurno pokretanje. Složene strategije upravljanja povratnim informacijama i funkcije slijeda konfigurirane su u sustavu CENTUM CS 3000. S informacijama koje se pružaju na grafičkim

prikazima sustava, operateri mogu biti u toku s cijelim postupkom i tako su u stanju jasno vidjeti, unaprijed znati i djelovati konkretno [14].



Slika 6.3 Primjer CS3000 arhitekture [14]

## 6.2 Kontrolna mreža

Prema [15] Uzorak arhitekture Ovation za jedinicu snage 225MW prikazan je na slici 6.4 pored kontrolnih stanica, upravljačkih konzola, servera, tu su i termodinamičke proračunske stanice, ulaz u Westnet itd. Čvorovi su povezani redundantnim Ethernet TCP/IP-om. DCS uključuje tri osnovne komunikacijske mreže, kontrolu naziva, kontrolu operatora i polja. U sustavima koji se temelje na Ethernetu upravljačke i operatorske mreže su implementirane kao jedinstveni mrežni fizički sustavi u kojima se logička razlika temelji na prometu (C3000 Vnet/IP i SPPA Profinet). Mrežna infrastruktura uključuje COST opremu. Može se konfigurirati do 256 čvorova.

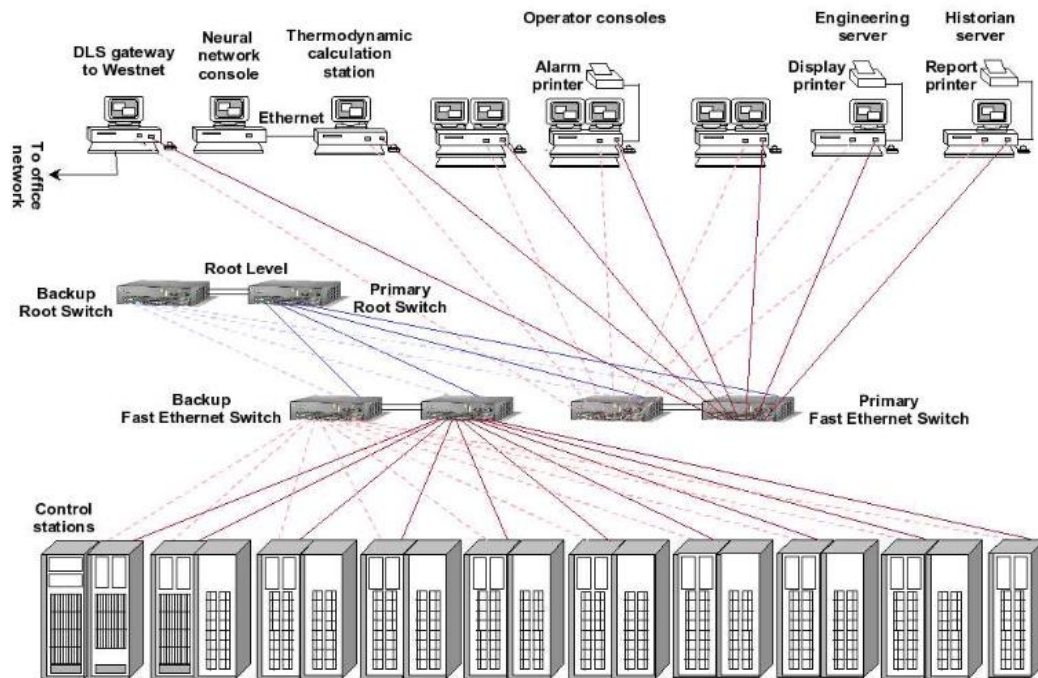
Ethernet arhitektura (2 vrste):

- Hijerarhijsko stablo (slika 6.4.): 800xA, Ovation, Experion, I/A Series.

- Ring: SPPA, Alspa, Metso, CS3000.

U slučaju Ring arhitekture redundantno vrijeme oporavaka je ispod 300ms. Redundantno hijerarhijsko stablo može zahtijevati nekoliko sekundi jer mrežne sklopke moraju biti ponovno

konfigurirane kako bi se izbjegle petlje u novim stazama. To omogućuju Honeywell Fault Tree Protocol iz IEEE 801.w standarda.



Slika 6.4 Uzorak Ovation arhitekture [15]

### 6.3 Kontrolna stanica

U jednoj stanici se može nalaziti i do 3000 ulazno/izlaznih jedinica. Što se tiče procesora, Intelovi procesori se mogu naći u Melody, Ovation, Alspa i Metso arhitekturama. Najveći RAM, 256MB nalazi se u Metso-vom CPU. Melody i Ovation imaju po 64MB. Redundantni procesor CS3000 sustava uključuje četiri procesora. Većina komunikacije sučelja je ujedinjena. Operativni sustavi u stvarnom vremenu prevladavaju svugdje osim kod Melody, Ovation i Metso arhitekture gdje se koriste pSOS+, VxWorks i Linux [15].

Što se tiče ciklusa i zadataka, kao što možemo vidjeti na slici 6.4, najmanje komunikacijske cikluse pružaju AC 800M i SPPA. Neograničen broj zadataka znači da se programi aktiviraju od strane petlje sa vremenskim brojačima. Komunikacijski ciklus kod Metso sustava je isto što i kontrolni ciklus. Pojedinačni ciklusi obrade blokova su često višestruka kontrolna skeniranja.



DCS	Cycle range	No. of tasks
Melody	10 ms – 2900 h	16
AC 800M	min. 1 ms	32
SPPA/PCS 7	1 ms – 60 s	unlimited
Ovation	10 ms – 30 s	5
Alspa	10 – 900 ms	unlimited
Experion	50, 100, 200, 500 ms, 2 s	6
Metso	n × 10 ms	unlimited
CS3000	50,100,200,250,500ms,1s	6
I/A Series	50, 100, 200, 500 ms, 1s	5

Slika 6.5 Kalkulacija ciklusa i broja zadataka [15]

I/O moduli. Danas su sljedeće značajke uobičajene: ujedinjena obrada signala, konfiguracija u pokretu, samo dijagnostika, modul redundantnosti, opskrba I/O krugovima. Inteligentni moduli rade kao PID kontroleri, upravljači motora, mini PLC uređaji. Udaljena I/O stanica izgleda kao skup modula postavljenih na DIN (metalna šina za ugradnju modula) šinu. CS3000 i I/A pružaju brzu vezu s udaljenim I/O (100 i 128Mb/s) [15].

Vrijeme označavanja. Standardni binarni ulazi Melody i Metso sustava osiguravaju vrijeme oznake. SOE moduli pohranjuju redosljed ulaznih promjena npr. zaustavljanje turbine. Najbrže skeniranje je 1/8ms, koje pruža Ovation sustav. Analogni ulazi se ne mijenjaju brzo pa je vrijeme označavanja dovoljno da se to odradi pomoću CPU-a. Do sada to nisu mogli svi sustavi DCS-a postići točnost sinkronizacije od 1 ms između svih kontrolnih stanica. Ali pomoću Ethernet i CSMA/CD veza je to moguće, bez njih bi vrijeme sinkronizacije bilo oko 2..3 sekunde [15].

## 6.4 Komunikacija

Sve veća upotreba otvorenih standarda čini fizičku arhitekturu raznovrsnijom. Tu imamo razne sabirnice i protokole poput HART (Highway Addressable Remote Transducer Protocol) koji dominira, Profibus PA, Foundation Fieldbus, i WFIP protokola koji komuniciraju s inteligentnim pretvaračima, ventilima i mnogim drugim uređajima. Osim konfiguracije i kalibracije imamo i dijagnostički nadzor i prediktivno održavanje. FTD tehnologija pruža jedinstveno sučelje za različite sabirnice [15].

DCS	Fieldbus
Melody	Profibus DP
AC 800M	Profibus DP, FF
SPPA	Profibus DP, AS-i
Ovation	FF
Alspa	WFIP, Profibus DP
Experion	ControlNet, DeviceNet, FF, Profibus DP
Metso	Profibus DP, FF, AS-i
CS3000	FF, Profibus DP
I/A Series	FF, Profibus DP

Slika 6.6 Sabirnice u pojedinim sustavima [15]

Sabirnice i mrežni uređaji. Kao što se vidi na slici 6.6, najčešće se koriste Profibus DP i FF (na bazi Ethernet). U slučaju 800xA, SPPA, Alspa i Experion, prva sabirnica zadana u tablici povezuje se sa prijenosnim I/O. Osim standardnih sabirnica i protokola svaki DCS nudi serijska i Ethernet sučelja sa zbirkama nestandardnih protokola za komunikaciju s kontrolerima turbina i generatora, SIS sustavima, jedinicom za nadzor vibracije, PLC-ima, itd. AC 800M, Experion i Metso podržavaju velik broj takvih protokola. OPC je postao standard industrijske povezanosti za komunikaciju sa drugim sustavima. 800xA unajmljuje OPC za razmjenu podataka između internih aplikacija, sa minimalnim skeniranjem od 100ms, što jednako tipičnom skeniranju analognog ulaza. Pod nove sustave komunikacije u sustavima možemo nabrojati Wireless tehnologiju, SIS sabirnice, neki od sustava prihvataju WLAN radne stanice (npr. Simens MOBIC). Telemetrijski odašiljači bazirani na GSM/GPR/GPRS su već dostupni u takvim sustavima [15].

## 6.5 Inženjering i konfiguracija

Inženjerski softver je višekorisnički alat za planiranje, konfiguriranje, puštanje u rad i održavanje automatiziranih projekata. Uobičajena arhitektura je klijent-server, sa pripadajućim bazama podataka (Tablica 1.).

Tablica 6.1 Baze podataka pojedinih sustava [15]

Baza podataka	Distribuirani sustav
Ingres	Melody
Oracle	Ovation, Alspa
MS SQL Server	Experion
Proprietary	Metso, AC 800M

Konfiguracija hardvera je odvojena od upravljačkog programiranja, što omogućava brzu ponovnu upotrebu softverskih modula. Excel dodaci omogućuju uvoz skupnih podataka, poput oznaka, naziva, popisa varijabli i dokumentacije. Komunikacija je se automatski konfigurira kada se zna gdje su pojedine varijable [15].

Funkcijski blok dijagram (FBD) i grafički prikaz sekvencijalnih funkcija (SFC) osnovni su jezici za dizajn upravljanja. IEC 61131 standard se koristi kod 800xA, SPPA i Alspa, ostali sustavi još uvijek preferiraju funkcijske blokove. Funkcijski blok dijagram se sastoji od, npr. 10 do 30 funkcijski blokova te se još naziva i upravljački modul. Tipični modul predstavlja analognu petlju, logičku kontrolu ili sekvencu [15].

Testiranje i simulacija. Svaki DCS nudi virtualni emulator koji izvršava testove u cjelini, uključujući sve kontrolere i komunikacijske sustave bez hardvera. Mnogi DCS omogućuju alate i biblioteke za modeliranje elektrane sa virtualnim kontrolerom. Primjeri su: kod Alspa sustava to je WinSim, kod Experion je ShadowPlant i kod CS3000 Planttutor [15].

Napredna kontrola. Neizrazita logika, neuronske mreže i prediktivno upravljanje su prilično česti u naprednijim sustavima. Neizrazita logika koristi se kao zamjena za PID regulator u slučaju teških i kompliciranih petlji. Neutronske mreže djeluju kao softverski senzori za bolju učinkovitost. Prediktivna kontrola pruža preciznu regulaciju ili je usmjerena prema optimizaciji sustava [15].

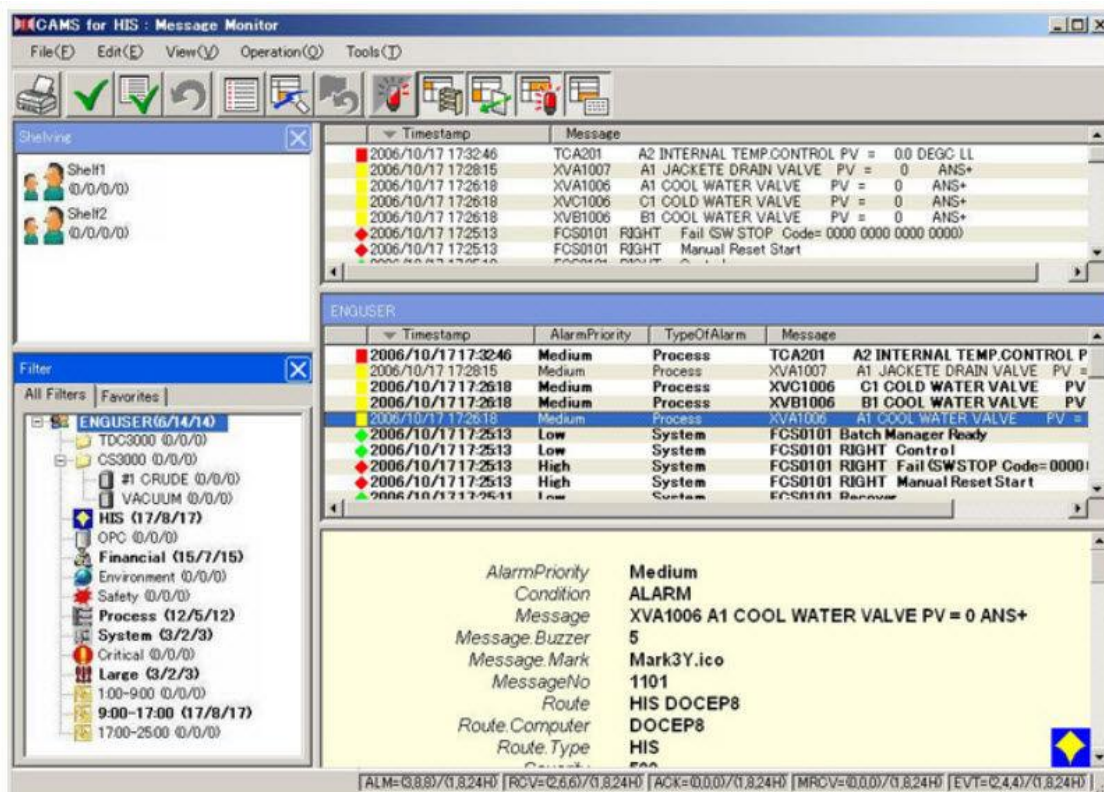
## 6.6 Operacijski podsustavi

Svi znamo da je Windows prešao Unix u broju sistemskih platformi za nove aplikacije. Preferencije za Windows slijede iz standardnog grafičkog sučelja, fleksibilnog prozora i navigacije kroz preglednik, TCP/IP, sigurnosti i integracije sa MS Office-om. I Windows i Unix radne stanice dostupne su na Melody, SPPA, Ovation, Alspa i I/A sustavima. Trenutni HMI softveri zasnivaju se na HTML-u kao izvornom formatu prikaza i također

podržavaju internetsku vezu. Web usluge omogućuju korisnicima istu funkcionalnost kao da se nalaze u kontrolnoj sobi.

HMI je uređaj kojeg osoblje koristi za interakciju sa automatiziranim sustavima. HMI paneli su primarno grafička sučelja postavljena između procesora i procesa i omogućuju operatorima da kontroliraju i interagiraju sa procesima. Promjena izlaza čak i kada petlja radi u automatskom načinu rada dostupna je u Metsu. Ovation i CS3000 pokazuju upravljačke dijagrame „uživo“ na upravljačkim stanicama.

Alarmi i događaji. On-line identifikacija alarma opći je cilj softvera za upravljanje alarmima. Alarm ukazuje na situaciju kada ni operater trebao poduzeti korektivne mjere. Statistika alarma nam daje savjete o podešavanju prioriteta. Često se alarmi proširuju „pametnim“ filtrima koji uklanjaju alarme s istim osnovnim uzrokom. Primjeri su I/A Series Alarm Management services i CS3000 AAASuite [15].



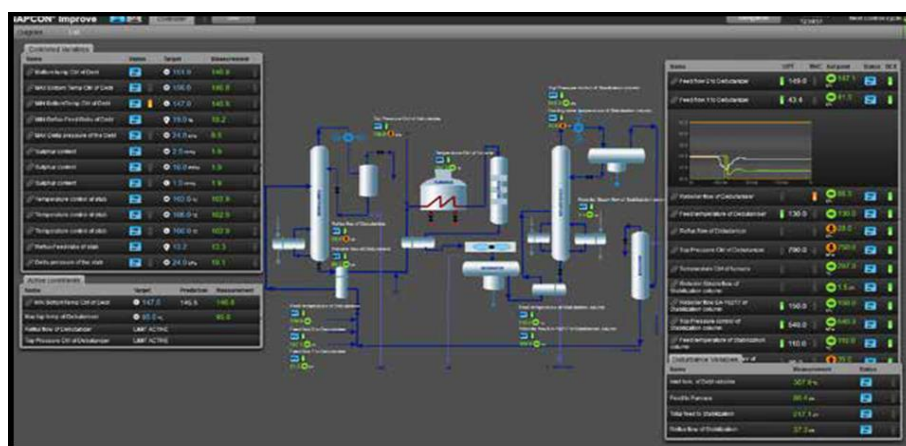
Slika 6.7 primjer alarma u AAASuite programu [15]

Redundancija i sigurnost. Redundancija se općenito koristi za sigurnije prenošenje informacije i boljeg nadzora nad prenošenjem informacije. Redundancija procesora radne stanice je

dostupna na I/A sustavu. Sigurnost pružaju proširenja Windows mehanizma. Nove radne stanice I/A sustava imaju već unaprijed instaliran McAfee VirusScan [15].

## 6.7 Upravljanje informacijama

Ugrađeni serveri za pohranu „starih“ podataka u kojima se pohranjuju svi podaci koji trenutno nisu važi ali koriste za npr. prosjeke i usporedbe efikasnosti pojedinih dijelova postrojenja. Također i logovi pojedinih članova ili dijelova postrojenja nam omogućuju prikaz rada samog uređaja ili dijela postrojenja u određenom vremenskom razdoblju. Standardne aplikacije bi bile npr. Operation Statistic, Incident Review log (IRL), Operation time Metering, itd. unutar SPPA sustava. IRL predstavlja podatke koji se zapisuju tokom rada uređaja, moguće je pregledati rad nekog uređaja u bilo kojem vremenskom roku. Alati temeljeni na Web-u pružaju jednake informacije za uredske ili udaljene korisnike. Termodinamički proračuni. Za svaki DCS postoje softverski paketi koji procjenjuju potrošnju goriva, temperaturu, produktivnost, emisije, itd. kako bi se proizvela energija po najučinkovitijim troškovima. Melody Optimax i Ovation P-calcs uključuju biblioteku modula koji izvršavaju proračune za kotlove, kompresore, turbine, izmjenjivače. Moduli su kombinirani u program koji predstavlja cijelo postrojenje elektrane. Optimizacija produktivnosti u stvarnom vremenu. Suprotno standardnim MES i ERP aplikacijama, alati poput 800xA Real-Time Production Intelligence (Real TPI), Ovation Real-Time Optimizer i CS3000 Advanced Operations Assistance dizajnirani su za poboljšanje proizvodne učinkovitosti uključivanjem aspekata u stvarnom vremenu. Alati kontinuirano prate, prikupljaju i analiziraju procesne podatke kako bi identificirali problematična područja i povećali produktivnost. Real TPI to čini procjenom ukupne učinkovitosti opreme ( $\text{dostupnost} \times \text{stopa proizvodnje} \times \text{kvaliteta}$ ), prvo za pojedinačne komponente, a zatim za cijelo postrojenje [15].



Slika 6.8 Primjer alata za optimiziranje produktivnosti [15]

## **7. STANDARDI I ZAKONSKA REGULATIVA**

U ovom poglavlju su nešto detaljnije opisani standardi koji se koriste pri izvedbi distribuiranih sustava, te zakonska regulativa koja mora biti ispoštovana tokom tog procesa.

### **7.1 Standardi IEC 61131 i IEC 61499**

Pri kreiranju distribuiranih sustava upravljanja možemo odabrati jedan od dva moguća pristupa temeljena na standardima IEC 61131 i IEC 61499. Prvi od njih već se dugo koristi u PLC sferi, ali ne podržava izravno stvaranje opsežnih distribuiranih sustava. Drugi od standarda, IEC 61499, nudi izravno rješenje za stvaranje distribuiranog sustava. Istina je da je to novi standard, zbog čega ga podržava samo nekoliko proizvođača uređaja. To postavlja pitanje koji je pristup i koji je standard učinkovitiji i prikladniji za pojedinačno projektiranje sustava. IEC 61499 predložio je IEC kako bi se pozabavio ograničenjima nametnutim standardom IEC 61131 u razvoj današnjih zahtjevnih industrijskih primjena. Standard je promoviran od strane akademske zajednice kao rješenje za ponovnu uporabu, prenosivost, interoperabilnost i distribuciju, koji se nameću od današnjih složenih sustava [16].

### **7.2 Standard IEC 61850**

OPC (engl. Object Linking and Embedding for Process Control ) je skup standarda kojima su opisana programska sučelja za pristup podacima na uređajima korištenim u industriji. Temelji se na vlasničkim tehnologijama COM (Component Object Model) i DCOM (Distributed COM) koje rade u okruženju operacijskih sustava Windowsa. Nova generacija tehnologije OPC je OPC UA (OPC Unified Architecture) prilagođena je zahtjevima suvremenih sustava industrijske automatizacije te se zasniva na primjeni uslužno-usmjeren arhitekture pri razvoju upravljačko-nadzornih sustava. IEC 61850 norma (OPC UA) uvodi nova načela komunikacije u transformatorskim stanicama i uspješno se primjenjuje za automatizaciju različitih automatiziranih podsustava u elektroenergetskom sustavu [7].

### **7.3 Zakonska regulativa**

Zakonom o tehničkim zahtjevima za proizvode i ocjenjivanje sukladnosti se uređuje način propisivanja tehničkih zahtjeva za proizvode i postupaka ocjenjivanja sukladnosti s propisanim zahtjevima te donošenje propisa kojim nadležni ministri uređuju jedan od sljedećih elemenata: tehničke zahtjeve koje moraju zadovoljiti proizvodi, prava i obveze gospodarskih subjekata, postupke ocjenjivanja sukladnosti, dokument o sukladnosti, način označavanja

proizvoda. Zakonom o općoj sigurnosti proizvoda propisuju se opći sigurnosni zahtjevi za proizvode, obveze proizvođača i distributera, informiranje javnosti, poticanje dragovoljnih mjera te nadzor nad ispunjavanjem propisanih zahtjeva. Zakonom o akreditaciji se uređuje osnivanje i djelatnost tijela koje obavlja poslove nacionalne službe za akreditaciju, određuje područje u kojem se akreditacija provodi te akreditacija u vezi s propisima o ocjenjivanju sukladnosti. Zakonom o normizaciji se uređuju ciljevi i načela hrvatske normizacije, određuje se nadležno tijelo za provedbu uredbe (EU) broj 1025/2012 Europskog parlamenta i vijeća o europskoj normizaciji, o izmjenama Direktive vijeća 89/686/EEZ i 93/15/EEZ i Direktiva 94/9/EZ, 94/25/EZ, 95/16/EZ, 97/23/EZ, 98/34/EZ, 2004/22/EZ, 2007/23/EZ, 2009/23/EZ i 2009/105/EZ Europskog parlamenta i Vijeća i ukidanju Odluke Vijeća 87/95/EEZ i Odluke br. 1673/2006/EZ [7].

## 8. ZAKLJUČAK

Distribuirani sustavi se nalaze svuda oko nas. DC sustavi nam omogućuju precizno mjerenje veličina koje reguliramo, mjerna industrija svakodnevno napreduje, a sa njom i distribuirani sustavi. Mjerenje je samo jedna od razina DC sustava. Na idućoj razini nalaze se I/O moduli i njihovi procesori te glavni kontroleri koji nadziru I/O module. Ovi kontroleri su također odgovorni za slanje podataka serveru, koji zauzvrat šalje podatke na grafičko sučelje. Na ovoj razini procesor izvršava logiku i izvršava dobivene naredbe kako bi kontrolirao proces. Nakon toga dolazimo do razine kontrole koja ne kontrolira izravno proces, ali se bavi nadgledanjem proizvodnje i pojedinih elemenata, tu također spadaju i alarmni sustavi. Osnovne značajke DC sustava za elektrane su pojašnjene uključujući kontrolni mrežu, kontrolnu stanicu, komunikaciju unutar sustava, inženjering i konfiguraciju, operacijski podsustave te upravljanje informacijama. Veliki DC sustavi postaju „spremnici“ svih informacija o radu i kontroli postrojenja.

Iz usporedbe DC i SCADA sustava možemo zaključiti da između ova dva sustava postoji puno sličnosti. Ukoliko imamo proces osjetljiv na vrijeme, SCADA sustav ima prednost zbog toga što je vrijeme obrade podataka brže, ali kada govorimo o sigurnosti, prednost dajemo DC sustavima.

Broj aplikacija koje zahtijevaju DC sustavi upravljani u stvarnom vremenu za pravovremenu izmjenu podataka, događaja i naredbi putem Ethernet-a ili nekih standardnih sabirnica u zadnje vrijeme raste. To je izazovno, jer se rokovi moraju primjenjivati kroz više elektroničkih upravljačkih jedinica (ECU) i sabirnica, od kojih svaka ima višestruku funkcionalnost. Potreba prilagodbe zadataka i poruka dodatno otežava regulaciju u stvarnom vremenu.

U radu su opisane osnovne karakteristike i rad SPPA, Melody, Alspa P320, CS300, Ovation i drugih arhitektura za upravljanje postrojenjima elektrana. Možemo zaključiti da su ti sustavi, iako su kompleksni, funkcionalni i pouzdani dajući nam sve potrebne informacije u stvarnom vremenu. Također imaju razvijen sustav sofisticiranog alarmiranja u slučaju kvarova ili odstupanja vrijednosti nekih veličina sustava. Pri rješavanju kvarova pomažu nam logovi, koji posjeduju podatke rada skoro svakog uređaja u postrojenju, te u svakome trenutku možemo provjeriti rad nekog elementa sustava.



## 9. LITERATURA

- [1] Web stranica: Wikipedia, Distributed system control, posjećeno dana 12.07.2020, URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed\\_control\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Distributed_control_system)
- [2] Curtis D. Johnson, Process Control Instrumentation Technology, Eight Edition, Pearson Education Limited 2014.
- [3] URL: <http://www.unidu.hr/datoteke/majelic/ABP-3.pdf>  
Napomena: Poveznica više nije dostupna.
- [4] K.B. Lee ; R.D. Schneeman, Internet-based distributed measurement and control applications, IEEE Instrumentation & Measurement Magazine, Volume: 2 , Issue: 2 , str. 23-27, Jun 1999.
- [5] Web stranica, Control Station, What is a distributed control system, posjećeno dana 04.08.2020, URL: <https://controlstation.com/what-is-a-distributed-control-system/>
- [6] Web stranica, RealPars, An Overview of DCS and PLC system, posjećeno dana 13.08.2020, URL: <https://realpars.com/dcs/>
- [7] Sučić-Đukić, Mjerenje upravljanje i nadzor industrijskih procesa
- [8] Web stranica, AMC DL, Period optimization for hard real-time distributed automotive systems, posjećeno dana 18.08.2020, URL: <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/1278480.1278553>
- [9] L. Dozio ; P. Mantegazza, Real time distributed control systems using RTAI, Sixth IEEE International Symposium on Object-Oriented Real-Time Distributed Computing 2003, Hokkaido, Japan, 2003.
- [10] Q. Zhu ; Y. Yang ; M. Natale ; E. Scholte ; A. Sangiovanni-Vincentelli, Optimizing the Software Architecture for Extensibility in Hard Real-Time Distributed Systems, IEEE Transactions on Industrial Informatics, Volume: 6 , Issue: 4, str. 621 – 636, Nov. 2010.

[11] A. Vatankhah Barenji, An RFID-enabled distributed control and monitoring system, Third IEEE International Conference on Inovative Computing Technology, Volume 1 Number 2, Via Mersin, Turkey , August 2013.

[12] Web stranica, Simens, Success starts in the control room, URL:  
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/public.1554290962.3c27367a4abb688e3e965726aff64bcb47bb4630.pdpa-b10400-7600-sppa-t3000-broschure72dpi.pdf>

[13] Web stranica, Simens, SPPA-T3000 System Overview, posjećeno dana 26.09.2020 URL:  
[https://www.siemens.com.tr/i/content/3852\\_1\\_T3000-SystemOverview\\_March2008.pdf](https://www.siemens.com.tr/i/content/3852_1_T3000-SystemOverview_March2008.pdf)

[14] Web stranica, Yokogawa, Yokogawa's CENTUM CS 3000 DCS Monitors and Controls Operations, posjećeno dana 26.09.2020. URL:  
<https://www.yokogawa.com/library/resources/references/yokogawas-centum-cs-3000-dcs-monitors-and-controls-operations-at-poultry-litter-to-energy-plant/>

[15] Leszek Trybus, CURRENT FEATURES OF DCS SYSTEMS FOR POWER PLANTS, IFAC Symposium on Power Plants and Power Systems Control, Volume 39, Issue 7, 2006, Pages 1-6, Kananaskis, Canada, 2006

[16] K. Thramboulidis, IEC 61499 vs. 61131: A Comparison Based on Misperceptions, Journal of Software Engineering and Applications 6 (08), str. 405-415 ,2013.

[17] L. Mo, J. Chen, X. Cao\*, Y. Sun, Collaborative Estimation and Actuation for Wireless Sensor and Actuator Networks, Volume 47, Issue 3, Pages 5544-5549, Cape Town, South Africa. August 24-29, 2014.

## **SAŽETAK**

### **Upravljanje i regulacija DCS industrijskog procesa u stvarnom vremenu**

U ovom radu opisani su distribuirani sustavi, te njihov rad u stvarnom vremenu. Polazište je opis industrijskih procesa, mjerenja i upravljanje automatiziranih sustava. U radu su opisane razine distributivnih sustava, te osnovni dijelovi mreže distribuiranih sustava i usporedba sa SCADA sustavima. Ovaj rad potkrijepljen je primjerima sustava za upravljanje elektranama u stvarnom vremenu, u kojem je opisana kontrola, rad i komunikacija jednih od najpouzdanijih sustava.

Ključne riječi: Distribuirani sustavi, Upravljanje u stvarnom vremenu, DCS i SCADA, Sustavi rada elektrana.

## **ABSTRACT**

### **Real-time DS industrial process control and regulation**

This paper describes distributed systems, and their real-time operation. The starting point is a description of industrial processes, measurement and control of automated systems. The paper describes different distribution systems, basic parts of distributed system networks and a comparison with SCADA systems. This paper is supported by an example of a real-time power plant management system, which describes the control, operation and communication of some of the most reliable systems.

Keywords: Distributed systems, Real-time control, DCS and SCADA, Power plant operation systems.

## **ŽIVOTOPIS**

Ivan Puškarić rođen 21. siječanja 1998. godina u Vinkovcima. Pohađao je osnovnu školu Matije Antuna Reljkovića u Cerni. Nakon završetka osnovnoškolskog obrazovanja upisao je srednju školu Tehnička škola Županja, smjer Računalni tehničar za strojarstvo. Nakon završetka srednje škole odlučio sam upisati se na Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija.