

11. SISTEMI ZA SUPERVIZORSKO UPRAVLJANJE

11.1. Koncept sistema za supervizorsko upravljanje

Pojam sistema za supervizorsko upravljanje (engl. *Supervisory Control And Data Acquisition – SCADA*) se može konceptualno razumijeti kroz poređenje sa njemu komplementarnim pojmom poznatim u literature pod uobičajenim nazivom distribuirani sistemi upravljanja (engl. *Distributed Control System – DCS*). Ovi sistemi su razvijani paralelno i na prvi pogled nije jasna granica između njih. Nastali su kontinualnim podizanjem automatizacije proizvodnje u industriji, čiji rezultat je veoma automatizovana i visoko integrisana industrijska proizvodnja koja obavezno ima složenu hijerarhijsku strukturu opisanu u prethodnom poglavlju.

U složenoj hijerarhijskoj strukturi povezanoj u jednu industrijsku mrežu se svi podaci raspoloživi na nižim nivoima hijerarhije mogu prosljeđivati višim nivoima. Na nižim nivoima se radi isključivo o upravljanju u realnom vremenu pa se u smislu sinonima za ove nivoe koriste i termini direktno upravljanje ili automatsko upravljanje. Po pravilu regulator na ovom nivou za upravljanje koristi samo podatke sa senzora vezanih za taj lokalni proces. Iz tog razloga obim podataka i složenost njihove obrade su maleni, pa se lako realizuju kao automatsku upravljanje. S obzirom da regulator automatski izvršava zadatak upravljanja, odgovarajućim djelovanjem na aktuatore, svi podaci kojima raspolaže nisu od direktnog značaja za više hijerarhijske nivoe. Samo se kompleksniji podaci ili podaci izvedeni iz osnovnih podataka na nižem nivou prosljeđuju višim nivoima.

Kao što je već objašnjeno u prethodnom poglavlju, idući prema višim nivoima obim podataka koje je potrebno obrađivati raste, a time i složenost njihove obrade. Za sve nivoe upravljanja, ako se radi o industrijskoj mreži sa više regulatora, kod kojih je upravljanje takvo da se

252 11. Sistemi za supervizorsko upravljanje i akviziciju podataka
može realizovati kao automatko, bez potrebe za odlučivanjem čovjeka, po pravilu se koristi termin distribuirani sistem upravljanja. Mada u nazivu nije eksplicitno navedeno podrazumijeva se da se radi o automatskom upravljanju za koje nije nužan stalni nadzor koji vrši čovjek.

Na najvišim nivoima upravljanja na kojim se upravlja kompletnom proizvodnjom, kao što je nivo proizvodnog pogona gdje se po pravilu upravlja sa više proizvodnih ćelija, postoji potreba stalnog nadzora i usaglašava njihovog rada u izvršavanju svih zadataka. Zbog velikog obima podataka i složenosti donošenja odluka na ovom nivou nije moguće potpuno automatsko upravljanje nego je potrebno da neke upravljačke odluke donosi čovjek. Iz tog razloga je potrebno da čovjek stalno ili veoma često vrši superviziju nad radom sistema. To podrazumijeva da ima dobar uvid u sve bitne veličine u sistemu i mogućnost da preko nižih upravljačkih nivoa po potrebi indirektno upravlja ponašanjem podsistema u sistemu proizvodnje. Ovakav način vođenja procesa se obično naziva supervizorskim upravljanjem i realizuje se putem tako zvanih *SCADA* sistema.

Posmatrano generalno *SCADA* sistem je vođen događajima i usmjeren na operatera. Prije svega je orijentisano prikupljanju podataka. Podaci se čuvaju u bazi podataka, a upravljanje se po pravilu realizuje na udaljenoj lokaciji. Sa druge strane, *DCS* je usmjeren prema stanju procesa. Ono je direktno povezano sa komponentama uz procese, pa se upravljanje po pravilu vrši lokalno i automatski. Operateru se samo šalju informacije o tome šta se dešava sa procesom.

Glavna radna stanica na kojoj se realizuje *SCADA* generalno služi za praćenje promjena stanja, sa potencijalnim aktiviranjem alarma, pri čemu je glavni kriterijum upravlje prikupljanjem i prezentacijom podataka. Cilj je da ne postoje neke promjene stanja koje nisu registrovane. Promena stanja će prouzrokovati da sistem generiše sljedeće aktivnosti: alarme, događaje, ažuriranja baze podataka i sve posebne obrade koja su vezane za to. Liste događaja i liste alarma su od velike važnosti za operatera, ponekad više nego podaci sami za sebe. U tom kontekstu prva riječ u nazivu *SCADA*, koja označava nadzor (engl. *Supervisory*) je od primarnog značaja i upućuje na to da operater preduzima djelovanje u skladu sa stanjem objekta koji je pod nadzorom.

Sa druge strane *DCS* softverski zadaci generalno se pokreću sekvencijalno, a ne na osnovu događaja. Ako stanje procesa počinje da odstupa od zadatih vrijednosti, reakcija *DCS* je takva da upravlja tako da se

11. Sistemi za supervizorsko upravljanje i akviziciju podataka 253
zadrže zadate vrednost parametra. Obavješćavanje operatera je od sekundarnog značaja. Događaji i liste alarma su sekundarnog značaja za prikazivanje stanja procesa, a obrada podataka po pravilu nije suviše složena i fleksibilna.

Posmatrano sa nivoa operatera, inženjera ili drugih osoba koje nadziru *DSU*, taj sistem izvorno nema dovoljno pregledno i fleksibilno generisanje i prikazivanje podataka, posebno analognih trendova i standardnih procesnih blokova.

Može se reći da su *SCADA* koncept i kasnije realizacije pokrenuti 1960-ih godina kao nadogradnja *DCS*, zbog navedenih ograničenja. Iz tog razloga su početni *SCADA* sistemi bili razvijani za vlastite potrebe. Proizvođači su nabavljali ili izrađivali i instalirao osnovnu opremu, računarki hardver, softver, i izvršavali potrebna priloagođavanja i programiranja. Generalnim napretkom u oblasti informacionih tehnologija, *SCADA* sistemi su se razvijali tako da se iskoriste prednosti napretka. Komponente hardvera od različitih proizvođača su postajale kompatibilne pa su nabavljane na tržištu. *SCADA* softver je počeo da se razvija tako da može da zadovolji različite, ali sve više kompatibilne *DCS*. To je dovelo do porasta broja sistemskih integratora, kompanija koje su razvile sisteme koji se mogu prilagoditi potrebama različitih krajnjih korisnika.

Danas postoje velik broj instaliranih *SCADA* sistema, koji su često veoma različitih struktura, ali se sastoje od principijelno sličnih komponenata. U tom smislu svaki *SCADA* sistem čine sljedeće osnovne komponente.

- Osnovna oprema koja obavlja primarnu funkciju preduzeća ili drugog korisnika *SCADA* sistema;
- Udaljeni terminali (engl. *Remote Terminal Units - RTU*) su danas uglavnom distribuirani regulatori koji se realizuju kao *PLC* ili slične distribuirane jedinice koje obavljaju zadatke automatskog upravljanja;
- Komunikacione veze za razmjenu podataka po internacionalno prihvaćenim standardima u toj oblasti;
- Centralna računarska radna stanica (engl. *Master Terminal Unit - MTU*) koja sadrži softver za komunikaciju čovjek-mašina (engl.

254 11. Sistemi za supervizorsko upravljanje i akviziciju podataka

Human Machine Interface - *HMI*) i povezivanje sa *RTU*-ovima u *DCS*.

Centralni računar, ili glavna radna stanica, *SCADA* sistema se obično nalazi u centralnoj upravljačkoj prostoriji. Prividno upravlja svim komunikacijama sa udaljenim komponentama *DCS*. Podaci prikupljeni na svih *RTU* šalju se ovom računar koji ih obrađuje i prosljeđuje drugim komponentama u sistemu. On prati sve udaljene uređaje i obavlja unaprijed softverski specificirane aktivnosti. Druga važna aktivnost se odnosi na komunikaciju sa operaterom(ima). *SCADA* sistem obično prezentuje informacije operateru u obliku šematskog dijagrama (mimički dijagram) koji slikovito predstavlja kompletan, ili selektovani dio, *DCS*.

Udaljeni terminali (engl. *Remote Terminal Units* - *RTU*) su uređaji namijenjeni za korištenje u vanjskim prostorima i industrijskim sredinama. Danas se takođe često koristi termin inteligentni elektronski uređaji (engl. *Intelligent Electronic Device* - *IED*) jer su programabilni i mogu razmjenjivati podatke putem standardnih interfejsa. U njih spadaju inteligentni pretvarači, programabilni mikrokontroleri, *PLC*-ovi ili personalni računari prilagođeni specifičnim zadacima.

11.2. Realizacija *SCADA* sistema

Pri realizaciji *SCADA* sistema pretpostavlja se da postoji postrojenje, ili njegov projekat, sa pratećom opremom, po pravilu pretvarači i regulatori, da je data tehnološka šema i opis funkcionisanja *DCS*. U zavisnosti od toga kako je projektovan, ili realizovan *DCS*, realizacija *SCADA* sistema može da bude manje ili veoma zahtjevan zadatak. Težište projektovanja i realizacije *SCADA* sistema je realizacija *SCADA* softvera koji integriše sve hardverske i softverske komponente u jedinstven system. Podrazumijeva se da je *SCADA* softver takav da omogućava jednostavno specificiranje svih elemenata sistema, kao i jednostavno projektovanje operatorskog interfejsa i dispečerskih stanica. Pri tome se mora specificirati način komunikacije, čvorovi u mreži, vrijeme skeniranja pojedinih stanica ili pojedinih signala u stanicama, kao i podatke/signale koji se prate i obrađuju. Da bi ovi zahtjevi bili zadovoljeni u procesu realizacije *SCADA* sistema potrebno je realizovati više osnovnih funkcija.

11. Sistemi za supervizorsko upravljanje i akviziciju podataka 255

Definisanje veličina od interesa se odnosi na to da treba definisati sve veličine, koje će biti korišćene u *SCADA* sistemu, i njihova karakteristična svojstva, kao što su gornja i donja granica vrijednosti veličine, brzinu ažuriranja vrijednosti, itd. Veličine koje se razmjenjuju u *SCADA* sistemu obično se nazivaju *tag*-ovima. Ulazne veličine po pravilu predstavljaju vrijednosti mjerenih fizičkih veličina sa senzora ili neke izvedene veličine izračunate u lokalnim regulatorima. Izlazne veličine se odnose na vrijednosti koje se šalju prema upravljačkim ili izvršnim urenjima. Po potrebi se mogu definisati i izvedene veličine, koje služe za efikasniju realizaciju nadzora ili predstavljanja, i sistemske veličine koje su specifične za potrebe datog *DCS*.

Razmjena podataka je temelj izgradnje *SCADA* softvera. Da bi *SCADA* ispunjavala svoju osnovnu funkciju neopkodno je da može razmjenjivati podatke sa svim elementima *DCS*. To znači da svi elementi *DCS*, bez obzira što su često veoma različitih hardverskih i softverskih karakteristika, moraju biti kompatibilni u komunikacionom smislu, u skladu sa kategorizacijom prema *OSI* modelu.

Pri definisanju razmjene podataka treba imati u vidu opterećenje linija za prenos. Ako se svi podaci prosljeđuju na *v* iše nivoa tada će komunikacione linije biti veoma opterećene velikim obimom podataka. Iz tog razloga je pogodno da se neki podaci čuvaju na nižim nivoima, a samo dio podataka da se prosljeđuje.

Adekvatno definisanje razmjene podataka je značajno i sa aspekta njihovog arhiviranja. Podaci koji se arhiviraju na nižim nivoima ne opterećuju dodatno linije za komunikacije, ako nisu neophodni za više nivoa.

Definisanje alarma je takođe važna funkcija realizovana u *SCADA* softveru. Ona podrazumijeva definisanje i načine prikazivanja različitih alarmnih stanja u sistemu. Alarmna stanja se mogu odnositi na nedozvoljenu ili kritičnu vrijednost neke veličine kao i nedozvoljenu akciju ili komandu operatera. Svaki alarm ima svoje osobine kao što su nivo ozbiljnosti alarma, mjesto nastanka, kategorija, poruka koja se vezuje za alarm i slično. Prilikom definisanja alarma potrebno je definisati i odzive na alarme koji mogu biti operacije potvrde i/ili brisanja.

Baze podataka su temelj za realizaciju osnovnih funkcija *SCADA* sistema. Zato svaka *SCADA* podrazumijeva mogućnost memorisanje svih

256 11. Sistemi za supervizorsko upravljanje i akviziciju podataka

veličina od interese u relacionim bazama podataka. Pored čuvanja smještenih podataka u SCADA sistemu je značajan i način pristupanja tim podacima. Potrebno je da se koristi standardan način arhiviranja podataka koji omogućava korisniku lak pristup podacima. U cilju što veće kompatibilnosti poželjno je da je moguć pristup podacima i iz drugih softverskih sistema.

Generalno se organizacija SCADA sistema sa stanovišta razmještaja baza podataka može svrstati u sisteme sa centralizovanim bazama podataka ili distribuiranim procesnim bazama podataka. Kod centralizovanih baza podataka skoro svi podaci se arhiviraju na všim nivoima. Kod sistema sa distribuiranim procesnim bazama podataka postoje baze podataka i na najvišem nivou, u koje se emješta većina podtaka, a sam neki podaci, po pravilu na zahtjev sa višeg nivoa se proisljeđuju u bazu(e) podataka na višim nivoima.

Grafičko predstavljanje DCS. U SCADA sistemima se podrazumijeva da je grafičko predstavljanje DCS osnovni alat preko kojeg operater ima dobar uvid u njegov rad. Iz tog razloga je potrebno da SCADA prikazuje stanje postrojenja u obliku koji je najpregledniji za čoveka (operatera) kako bi on imao dobar uvid u rad kompletnog sistema i mogao pravovremeno i adekvatno reagovati.

Suštinsko je da se letimičnim pogledom na ekran uoče nepravilnosti u radu postrojenja, da bi se brzo reagovalo i spriječilo neželjeno ponašanje. U realizaciji ove funkcije su posebno pogodni mimički dijagrami. To znači da je kompletan DCS predstavljen blok dijagramom, na kome su prikazani svi ključni elementi, veze među njima, sva karakteristična stanja. Elementi DCS se predstavljaju na raznovrsne načine: šematskim simbolima, animiranim simbolima, digitalnim fotografijama i drugačije. Na prikazima elemenata se takođe prikazuju vrijednosti ključnih veličina. Ove veličine se najčešće prikazuju u numeričkom obliku i/ili dinamički animiranih simbola, tako da su za operatera očiglednije promjene stanja.

Pored prikaza stanja sistema grafičko predstavljanje treba da omogućava operateru lako djelovanje na elemente DCS. Putem HMI operater iz centralne upravljačke prostorije djeluje na stanje udaljenih elmenata u DCS. Grafičko predstavljanje DCS može biti na različite načine, po pravilu na ekranima radnih stanica, a često i na velikim zidnim ekranima.

U većini dostupnih sistema omogućeno je pisanje makroa u VBA (engl. *Visual Basic for Application*) programskom jeziku.

Praćenje trendova treba da omogućava *SCADA* softver kroz praćenje promjena vrijednosti veličina od interesa u vremenu. Da bi bila realizovana ova funkcija važno je pravilno definisati adekvatnu akviziciju i memorisanje veličina od interesa. Po pravilu se razlikuju kratkoročni trendovi, poznati kao trendovi u realnom vremenu koji se odnose na praćenje i prikazivanje nekoliko poslednjih promjena veličine od interesa i dugoročni trendovi koji se odnose na istorijat promjena vrijednosti veličina u toku dužeg vremenskog perioda. U ovom slučaju je po pravilu mnogo pogodnije da se ne prezentuju izvorni podaci nego statistički obrađeni, često u formi histograma. Dobro realizovao prikaz trendova omogućava i uporedni prikaz trendova više veličina.

Kreiranje izvještaja se podrazumijeva u svakom *SCADA* sistemu. Radi se o posebnoj funkciji izvještavanja korisnika različitih kategorija. Zavisno od tipa korisnika formiraju se izvještaji o promjenama vrijednosti veličina, alarmima, akcijama operatera i drugim informacijama o radu *DCS*.

11.3. Vrste *SCADA* sistema

SCADA sistemi se danas koriste u mnogim oblastima ljudske djelatnosti i postali su skoro obavezna nadogradnja većine distribuiranih sistema upravljanja. Bez obzira na principijelne sličnosti, realizacije *SCADA* sistema se razlikuju prije svega u zavisnosti od specifične namjene. Prema oblasti primjene mogu se svrstati u tri dominantne kategorije:

- **Industrija**, u proizvodnim pogonima za proizvodnju različitih proizvoda, u prerađivačkoj oblasti, sistemima za proizvodnju električne energije i slični;
- **Infrastruktura**, u sistemima za vodosnabdijevanje i prečišćavanje voda, za distribuciju električne energije, nafte ili gasova, i slični;
- **Usluge**, u sistemima upravljanja saobraćajem (drumski, vazdušni i vodeni saobraćaj), medicina, sistemi sigurnosti, zaštita životne sredine, i slični;

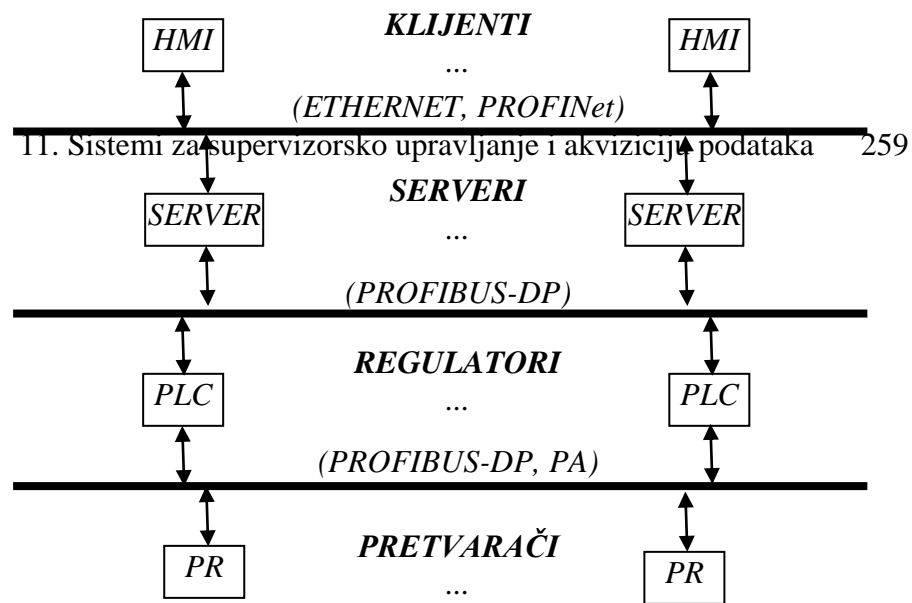
Pored prethodnog, u zavisnosti od stepena integracije distribuiranog sistema u kojima se koriste, svi *SCADA* sistemi se mogu svrstati u jedno od sljedeće tri vrste.

U manjim *SCADA* sistemima funkciju glavne radne stanice obavlja samo jedan *PC* računar. Kod većih *SCADA* sistemima, glavna stanica se sastoji od više servera i distribuiranih softverskih aplikacija.

- **Osnovna *SCADA*** spada u najmanju realizaciju *SCADA*-e. Ona podrazumijeva da sistem nije sa distribuiranim upravljanjem. Po

- 258 11. Sistemi za supervizorsko upravljanje i akviziciju podataka
pravilu postoji samo jedna *RTU*, koja upravlja jednim procesom. Supervizorsko upravljanje se realizuje preko jednog računara (*PC* ili radna stanica) koji je na hijerarhijskom nivou iznad *RTU*.
- **Integrirana SCADA** podrazumijeva da postoji jedan glavni računar preko kojeg je nadzire i upravlja radom distribuiranog sistema sa više *RTU*. Osnovna funkcija *SCADA*-e je da integroira rad svih *RTU*-a. Kod većih *SCADA* sistemima iz ove kategorije često postoji više računara na kojima se realizuje baze podataka za prikupljanje podataka po specifičnim kategorijama ili funkcionalnim cjelinama. glavna stanica se sastoji od više servera i distribuiranih softverskih aplikacija.
 - **Mrežna SCADA** označava najviši stepen integracije. Funkciju nadzora i upravljanja obavlja više servera i distribuiranih softverskih aplikacija, kao što je ilustrovano na Sl.11.1. Mogu da upravljaju i nadziru više *DCS*. U ovakvim sistemima sup o pravilu posebno izdvojene jedinice za *HMI*, koje su prilagođene specifičnim potrebama svakog klijenta koji vrši neke funkcije nadzora i upravljanja. Ovakvi sistemi su veoma često realizovani sa elementima redundantnosti tako da mogu nastaviti sa radom u slučajevima nekih tipičnih otkaza opreme.

Raznovrsnost ponuda, i spor process standardizacije *SCADA* sistema, su posljedica toga da postoji mnogo preduzeća koja nude usluge integracije *DCS* sa mogućnostima supervizorskog upravljanja i akvizicije podataka prema prethodno navedenim principima. Po pravilu ponuđači *SCADA* sistema nude usluge instalacije *SCADA* sistema u oblasti u kojoj već imaju duže iskustvo u proizvodnji odgovarajućih *DCS* ili njihovih ključnih komponenata. U tabeli 1.1. su za ilustraciju navedena samo neka preduzeća i nazivi *SCADA* sistema koje oni nude. Po pravilu oni osim softvera nude integraciju kompletnog sistema sa dogradnjom ili modifikacijom hardverskih i softverskih komponenata potrebnih za punu interoperabilnost sistema.



Sl.11.1. Skica strukture mrežnog SCADA sistema

Tabela 1.1 Nazivi nekih preduzeća i njihovih SCADA sistema	
Proizvođač	Naziv
Siemens	WinCC, ProTool/Pro;
ABB	Process Portal, Operator;
National Instruments	LabView, Lookout
Mihajlo Pupin	VIEW 4
GE Digital	GE iFIX