



UNIVERZITET SINGIDUNUM
MASTER STUDIJE

DEPARTMAN ZA POSLEDIPLOMSKE STUDIJE
SAVREMENE INFORMACIONE TEHNOLOGIJE

- MASTER RAD -
PRIMENA INTELIGENTNIH SISTEMA U ENERGETICI

Mentor:

Prof. dr Milan Milosavljević

Student:

Antonio Đelić

Br. Indeksa: 410557/2010

Beograd, 2012.

Abstrakt

U ovom master radu biće opisana primena inteligentnih sistema na sistem upravljanja i prikupljanja podataka u Vlasinskoj hidro-elektrani "Vrla 1".

Ovaj master rad predstavlja pregled inteligentnih sistema za nadzor i upravljanje i primenu računarskih mreža u njemu. Svoj strelovit razvoj, opšte prihvatanje, kao i otvaranje novih područja primene uveliko se može pripisati razvoju informatičkih tehnologija koje su osnova svih SCADA sistema. Prekretnica u razvoju ovakvih sistema je uslovljena razvojem mikro-računara, kao i upotreba otvorenih komunikacionih protokola čija je primena uveliko olakšala integraciju sistema nadzora, upravljanja i omogućila upotrebu opreme šireg spektra. U novije vreme najveći napredak koji su ovi sistemi doživeli jeste primena internet tehnologije, čime su značajno povećane mogućnosti, ali otvorena i pitanja sigurnosti sistema.

KLJUČNE REČI: inteligentni sistemi, scada, mreže, upravljanje, nadzor, automatika, protokoli.

Abstract

In this master work will be described use of intelligent sensor network on sistem of managing and collecting data in Vlasina's hydroelectric plant „Vrla 1“.

This master work represents the review of intelligent systems and appliance of computer networks in it. Their straight development, wide acceptance, as well as the opening of the new areas of appliance can widely be accredited to development of the information technology which is the foundation of every SCADA system. Milestone in development of this kind of system is stimulated with the development of micro-computer, as the usage of open communication protocols which appliance widely facilitated integration of systems of control and management and allowed usage of numerous equipment. Recently the biggest improvement which these systems experienced is the appliance of internet technologies, which considerably expanded possibilities, but also opened the questions of security systems.

KEY WORDS: intelligent systems, scada, networks, controlling, intendance, automatics, protocols.

Sadržaj

1. Uvod.....	6
2. Metodologija naučnog istraživanja	7
2.1 Cilj istraživanja.....	7
2.2 Predmet istraživanja	7
2.3 Hipotetički okvir	7
2.4 Metode i tok istraživačkog procesa.....	8
3. O bežičnim senzorskim mrežama i inteligentnim sistemima	9
4. Hardver	11
4.1 Procesor	12
4.2 Primopredajnik	13
4.3 Memorija	14
4.4 Napajanje	14
4.5 Senzor	15
5. Nivoi protokola OSI referentni model	17
5.1 Fizički nivo.....	18
5.2 Nivo veze	18
5.3 Mrežni nivo	19
5.4 Transportni nivo.....	20
5.5 Nivo sesije	20
5.6 Prezentacioni nivo	22
5.7 Aplikacioni nivo.....	22
6. Primena u energetici	22
6.1 Pametne zgrade	23
6.2 Pametne mreže i sistemi kontrole električne energije	25
6.3 Pametna brojila	26
6.4 Primena u industriji.....	27
6.5 Primena u industriji.....	28
7. Elementi SCADA sistema	30

7.1	Merna oprema i izvršni organi	31
7.2	Udaljeni I/O moduli	31
7.3	Udaljene stanice	32
7.4	Sistem za komunikaciju	32
7.5	Centralna stanica	32
8.	Arhitektura SCADA sistema	33
8.1	Centralizovani SCADA sistemi	34
8.2	Distribuirani SCADA sistemi	35
8.3	WASCAD sistemi	36
8.4	SCADA protokoli	37
8.5	Međusobna komunikacija i otvoreni standardi.....	38
8.6	MODBUS protokol.....	38
8.7	OLE for process control OPC	39
8.8	Osnovne komponente SCADA sistema.....	40
8.9	Arhitektura softvera	43
9.	Komunikacija.....	43
9.1	Arhitektura komunikacije	44
9.2	Point-to-point arhitektura	44
9.3	Multi-point arhitektura.....	45
9.4	Arhitektura relejne stanice	46
9.5	Komunikacija u SCADA sistemu	47
9.6	Bežična komunikacija preko GSM mreže	48
10.	Funkcionalnost SCADA softvera.....	48
10.1	Kontrola pristupa	49
10.2	HMI Human Machine Interface.....	49
10.3	Upravljanje alarmima.....	50
10.4	Automatizacija	51
10.5	Sigurnost SCADA sistema	51
11.	Realizacija računarske mreže.....	51

12.	Tehničko rešenje	52
12.1	STP protokol.....	56
12.2	STP stanja portova.....	59
12.3	RSTP protokol.....	59
12.4	Spanning tree.....	60
12.5	Switch ALLIED TELESIS AT8000s	61
12.6	Konfigurisanje STP protokola.....	62
12.7	Definisanje STP interfejsa	64
12.8	Konfigurisanje RSTP protokola	66
12.9	ATLAS MAX RTL	68
12.10	Konfigurisanje komunikacionih parametara.....	71
12.11	Testiranje	72
13.	Zaključak.....	71
14.	Literatura.....	72

1. Uvod

Inteligentni sistemi predstavljaju velike mreže malih senzorskih čvorova, koji su sposobni da samostalno prikupljaju, obrađuju i razmenjuju podatke međusobno. Primenuju se na prostoru nakome želimo da registrujemo neku fizičku promenu, prikupljaju i obrađuju tražene podatke i preuzimaju određene akcije shodno velikom broju aplikacija. Zadnjih godina istraživanje inteligentnih sistema sve više i više postaje interesantno a samim tim i kompleksno.

Inteligentni sistemi integrisani u raznim strukturama, okruženjima, ujedineni efikasnim pružanjem senzorskih informacija, mogu obezbediti ogromne prednosti današnjem društvu. Potencijalne prednosti sadrže: manje katastrofalnih greški, očuvanje prirodnih resursa, poboljšanja produktivnosti proizvodnje, bolje reagovanje u vanrednim situacijama, poboljšana bezbednost. Prepreke za širokopojasnu upotrebu senzora u raznim strukturama se ruše tj. smanjuju. Snopovi dugih žica predstavljaju zahtevnu ugradnju i dugoročne troškove održavanja, limitiranjem broja senzora zbog smanjivanja troškova ugradnje smanjujemo ukupan kvalitet prijavljenih podataka. Bežične senzorske mreže eliminišu ove troškove, pružaju lakšu ugradnju, upotrebu, i eliminišu konektore.

U ovom radu će biti predstavljen pregled inteligentnih sistema u energetici.

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) predstavlja sistem za merenje, praćenje i kontrolu industrijskih sistema. Svaki proces u industriji koji ima smisla automatizovati je odličan za primenu SCADA sistema i računarskih mreža. Ovi sistemi postoje u raznim oblicima, a pojavom bržih i efikasnih računarskih mreža, mikrokontrolerskih uređaja doživljavaju veliku ekspanziju i konkretnu primenu.

2. Metodologija naučnog istraživanja

2.1 Cilj istraživanja

Cilj istraživanja je proučavanje i primena bežičnih senzorskih mreža u energetici. Praktična upotreba senzora u svim mogućim okruženjima radi poboljšanja usluga iz oblasti energetike, očuvanja energetske resursa i uštede električne energije.

Cilj istraživanja predstavlja udovoljavanje praktičnim potrebama. Rezultati istraživanja trebaju da predstavljaju trenutni pregled primene bežičnih senzorskih mreža i senzora u svetu i kod nas.

2.2 Predmet istraživanja

Predmet ovog istraživanja su bežične senzorske mreže, njihove mogućnosti i primena u energetici. Najviše pažnje biće posvećeno upravo njihovoj primeni u pametnim kućama i zgradama, električnim sistemima, automatizaciji energetske sistema proizvodnji energetske resursa.

Pored navedenog, akcenat stavlja se na samu efektivnu primenu datih rešenja u oblasti energetike. Objasnićemo razloge zašto automatizacija energetske sistema predstavlja veliki značaj i pomak u životu savremenog čoveka.

2.3 Hipotetički okvir

Opšta hipoteza: primenom bežičnih mreža u oblasti energetike mogu se poboljšati se usluge, ili se dobiti nova rešenja praktične primene. Razvojem novih tehnologija iz bežičnih senzorskih mreža dolazi i do potrebe za njihovom usmerenom upotrebom.

Posebne hipoteze: definisanjem senzora, senzorskih mreža njihovoj primeni, postižu se odlični rezultati u očuvanju prirodnih resursa, kontrola potrošnje, isplativost ugradnje.

2.4 Metode i tok istraživačkog procesa

Uzimajući u obzir specifičnosti i obim proučavanog predmeta istraživanja, u ovom radu teorijskoj analizi će biti dodate i spoznaje iz domaće i međunarodne naučne literature, odnosno saznanja naučnika i drugih autora koji su istraživali problematiku kojom se bavi ovaj i ovaj rad, odnosno istraživana su i naučno-teorijska saznanja, relevantna literatura i savremena poslovna praksa.

Polazeći od opštih metoda istraživanja, primenićemo sintetički dijalektički metod, pre sve radi utvrđivanja konkretne nužnosti iz činjenica.

Metode naučnog (logičkog) objašnjenja koje ćemo primeniti su zaključivanje na osnovu indukcije i edukcije, analize i sinteze, apstrakcije, generalizacije, kompleksnog posmatranja i analize sadržaja.

3. O bežičnim senzorskim mrežama i inteligentnim sistemima

Bežične senzorske mreže (WSN) građene su od velikog broja pojedinačnih senzora. Takvi senzori unutar WSN imaju tehnička i fizička ograničenja. Ograničeni su brzinom rada, memorijom i rasponom komunikacije. Naučnici koji rade na razvoju WSN moraju privatiti izazov u rešavanju tih nedostataka. Moraju kombinovati pojedinačna rešenja (senzor ili grupa senzora), i umrežavati ih WSN, na način da se iskoriste prednosti pojedinačnih rešenja a uklone mane istih.

Ono što WSN izdvaja od ostalih bežičnih mreža ogleda se u sledećem:

- Veliki broj minijaturnih senzorskih čvorova,
- Proizvoljan i nepredvidljiv raspored senzorskih čvorova,
- Senzorski čvorovi su podložni greškama i otkazima,
- Česte promene topologije senzorskih mreža,
- Senzorski čvorovi su ograničeni u pogledu napajanja, komunikacione i računarske snage.

WSN sistemi izgrađeni su od tzv. čvorova (nodes), koji međusobno komuniciraju slanjem i primanjem podataka. Podaci putuju od čvora do čvora i procesuiraju se, slično kao na internetu, gde čvorove predstavljaju serveri.

U WSN sistemima vrlo bitan faktor je obezbeđivanje energijom, budući da su bežični. Takvi sistemi moraju raditi dugo vremena bez obnavljanja izvora energije pa će pojedine komponente WSN većinu vremena biti isključene. Takođe, bitna stavka u razvoju WSN je osiguravanje sigurnog rada u najrazličitijim okruženjima. S obzirom na to da će posebna rešenja zajedno delovati duži vremenski period, verovatno će doći do različitih pozitivnih ali i negativnih pojava, koje će poremetiti protokole po kojima rade WSN sistemi rade. Ručno održavanje takvih sistema je veoma složeno i skupo, pa takvi sistemi moraju biti sposobni da sami sebi održavaju i organizuju.

Svaki od gore navedenih faktora dodatno komplikuje izradu WSN sistema, a istovremeno takvi sistemi moraju imati komercijalno prihvatljivu cenu.

Primenu bežičnih senzorskih mreža WSN možemo grubo podeliti na 3 područja:

- Nadgledanje okoline
- Nadgledanje nečega u okolini
- Nadgledanje interakcija između objekata u određenom prostoru

“Nadgledanje okoline” obuhvata nadgledanje okoline i prebivališta, odabranih agrikultura i klimatskih promena u enterijeru, nadzor, inteligentni alarmi.

“Nadgledanje nečega u okolini” obuhvata strukturna nadgledanja kao sto je medicinska dijagnostika.

“Nadgledanje interakcija između objekata u određenom prostoru” obuhvata nadgledanje kompletnih interakcija, kao npr. upravljanje u katastrofama, hitna reagovanja, medicina, procesi u proizvodnim pogonima itd.

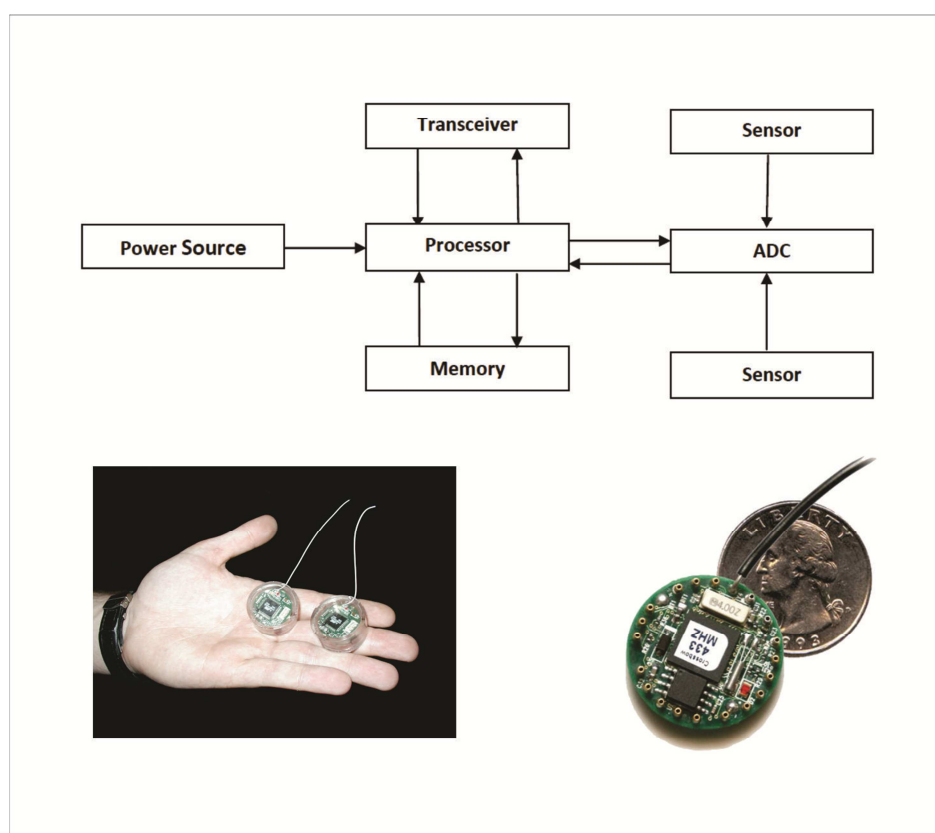
Sigurno je da ne postoji ni jedno područje istraživanja koje je tako kompleksno, raznorodno i koje u sebi na jednom mestu ujedinjuje toliko veliki broj različitih pravaca istraživanja kao što je to slučaj kod WSN. Od čisto hardverskih metoda koje podrazumevaju izbor najoptimalnijih komponenata od kojih se sastoji senzorski čvor, preko izbora optimalne modulacije i frekvencije kod slanja podataka, zaštite i enkripcije podataka, pa do softverskih metoda koje podrazumevaju projektovanje odgovarajućih mrežnih protokola koji trebaju da uspostave najoptimalniju mrežnu topologiju, kao i protokola rutiranja koji trebaju da pronađu najoptimalnije puteve kod prosleđivanja podataka.

Upravo onaj veliki broj raznorodnih tehnika predstavlja i otežavajući faktor kod proučavanja WSN, jer se od istraživača zahteva veliko poznavanje svih tih tehnika. Sa druge strane to predstavlja i prednost jer se velikom broju istraživača daje sloboda da se iskažu na onim poljima na kojim su najbolji.

4. Hardver

Bežična senzorska mreža se sastoji od prostorno raspoređenih čvorova (*nodes*). U bežičnim senzorskim mrežama WSN svaki čvor nezavisno procesira informacije i obavlja zadatke. Bežični čvorovi razmenjuju informacije, da bi zajednički prikupljene informacije prosledili centralnoj procesuirajućoj jedinici.

Na osnovu ovoga proizilazi i standardna šema i fizički prikaz senzorskog čvora koji je prikazan na slici broj 1.



Slika br.1 Standardna šema i fizički prikaz

Na svakom senzoru postoje osnovne celine koje se izdvajaju: integrisana senzorska jedinica, procesorska jedinica za obradu podataka, komunikaciona jedinica za bežični prenos, jedinica napajanja i analogno – digitalni konvertor signala. Neki od senzorski čvorova mogu da imaju i neke druge specifične celine koje zavise od namene tih čvorova i odnose se na mobilizator, jedinicu za određivanje prostorne lokacije ili generatora električnog napajanja koji najčešće čine baterija ili solarna čelija.

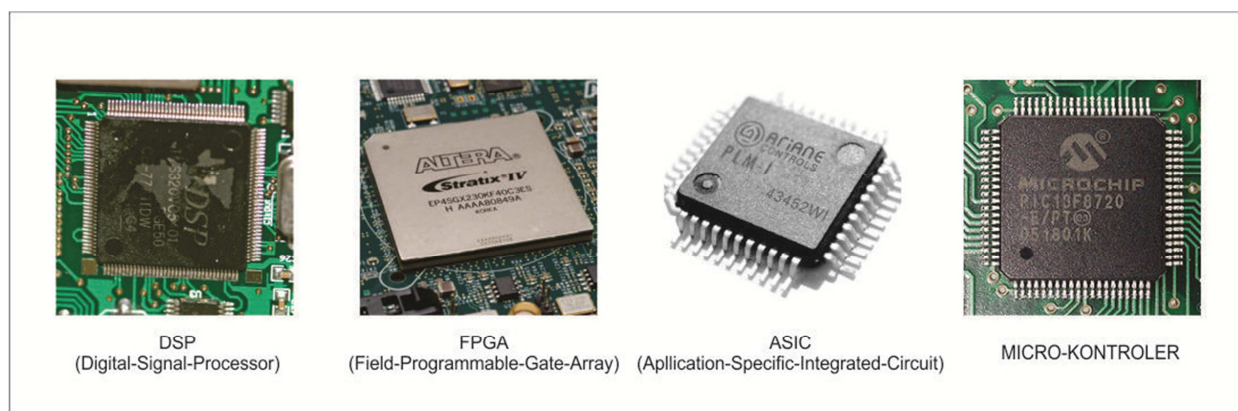
4.1 Procesor

Procesor je jezgro bežičnog senzorskog čvora. On prikuplja podatke sa čvora, prosleđuje podatke, odlučuje kada i gde ih treba poslati, prima podatke sa drugih čvorova u mreži, i odlučuje o pokretanju aktivatora. On ima za zadatak da izvršava operacije programa, u rasponu od vremenski kritičnog signala procesa i komunikacionih protokola do aplikacije; to je centralna procesna jedinica (CPU) čvora.

Takvi zadaci koje procesor obavlja mogu se obavljati i na drugim vrstama procesora, predstavljajući kompromis između fleksibilnosti, performanse, energetske efikasnosti i troškova.

Jedno od rešenja je da se koristi i procesor za generalnu upotrebu, kao oni sa desktop računara. Ovi procesori su veoma jaki, i njihova potrošnja energije je prekomerna. Ali postoje i jednostavniji procesori specijalno napravljeni za potrebe senzora.

Širi naziv za ove procesore je mikro-kontroler. Neke od ključnih karakteristika zašto su ovi mikro-kontroleri opremljeni specijalno za sisteme u kojima se ugrađuju jeste njihova fleksibilnost da se povežu sa drugim uređajima (kao senzori), imaju malu potrošnju, često imaju ugrađenu memoriju, pogodni su za programiranje i veoma fleksibilni. Mikro-kontroleri su takođe pogodni za WSN s obzirom da svi imaju mogućost da smanje potrošnju energije tako što aktiviraju mod spavanja (*sleep mode*) gde su samo delovi procesora aktivni, detalji variraju u zavisnosti od procesora. Na slici broj 2 možemo videti vrste procesora koji se ugrađuju u senzorske čvorove.



Slika br.2 Tipovi procesora

Postoje i DSP (*Digital-Signal-Processor*) ali se u u bežičnim senzorskim mrežama koriste manje zato što su zahtevi bežične senzorske komunikacije skromniji.

FPGA (*Field-Programmable-Gate-Aarray*) procesor predstavlja integrisano kolo projektovano tako da se njegova unutrašnja struktura može konfigurisati od strane krajnjeg korisnika. Upotreba FPGA je višestruka, a osnovna je da se može koristiti za implementaciju bilo koje logičke funkcije.

ASIC (*Appllication-Specific-Integrated-Circuit*) je procesor specijalno dizajniran za brze rutere i svičeve. On gubi fleksibilnost a za uzvrat dobija bolju energetska efikasnost i performanse.

Među svim alternativama, mikro-kontroler (*microcontroller*) je najčešće korišćen procesor senzorskih čvorova, zbog njegove prilagodljivosti da se poveže sa drugim uređajima i zbog jeftine cene.

4.2 Primopredajnik

Primopredajnik je odgovoran za bežičnu komunikaciju senzorskog čvora. Njegov osnovni zadatak je da pretvara bit-ove iz mikroprocesora u radio talase, i obrnuto.

Postoje razni izbori bežičnog prenosa podataka: radio frekvencija RF (*Radio Frequency*), laserski prenos (Laser), prenos infra-crvenim zracima (Infrared). Prenos radiio frekvencijom RF (*Radio Frequency*) uglavnom odgovara skoro svim aplikacijama bežičnih senzorskih mreža WSN.

Laser zahteva manje energije, ali mu je potrebna linija vidnog polja za komunikaciju i osetljiv je na atmosferske uslove. Infrared, kao laser ne treba antenu ali je limitiran radio kapacitetom. Radio frekvencija bazirana na komunikaciji uglavnom odgovara svim WSN aplikacijama. Spoj funkcionalnosti predajnika i prijemnika daje jedinstven uređaj koji se zove primopredajnik.

Operacije jednog primopredajnika su prenos, primanje, mirovanje i spavanje.

4.3 Memorija

Memorija senzora se sastoji od RAM (*memorije sa slučajnim pristupom*) koja čuva očitavanja senzora i pakete od drugih senzora. Prednost RAM memorije je to što je veoma brza, a glavna mana je da se podaci koji se čuvaju na njoj mogu izgubiti ukoliko je snabdevanje energije ometano. Programski kod može biti sačuvan u ROM (*memorija koja se može samo "čitati"*), EEPROM memoriji ili FLASH memoriji. Fleš memorija se može koristiti kao dodatni medij za skladištenje podataka u slučaju da je RAM memorija nedovoljna ili snabdevanje energijom mora da prestane na neko vreme.

Korektno dimenzionisana veličina memorije, posebno RAM, može biti veoma bitna sa osvrtnom na troškove proizvodnje i potrošnju energije. Međutim, teško je odrediti neka pravila s obzirom da zahtevi memorije zavise od aplikacija.

4.4 Napajanje

Za bežične senzorske čvorove, napajanje je najbitnija komponenta sistema. Napajanje na senzoru mora biti konstruisano da izdrži rad od nekoliko sati, dana ili godina, zavisno od uslova i samoj primeni senzora. U senzorskom čvoru, energija se troši radom senzora, razmenom informacija i podataka. Više energije je potrebno za razmenu podataka u odnosu na uobičajen rad senzora.

Baterije su glavni izvor napajanja energijom za senzorske čvorove, baterije mogu biti nepunjive ili punjive. Baterije se takođe dele na osnovu hemijskog materijala koji se koristi za proizvodnju elektroda kao što su: NiCD (*nikl-kadmijum*), NiMH (*nikl-metalni hidrid*) i lithium-ion (*litijum-jon*).

Senzori koji se trenutno koriste su sposobni da obnove svoje zalihe energije iz solarnih izvora, temperaturnih razlika ili vibracija. Postoje dve tehnike očuvanja zaliha energije Dynamic Power Management DPM (*dinamičko upravljanje energijom*) i Dynamic Voltage Scaling DVS (*dinamičko kontrolisanje napona*). DPM tehnika štedi energiju gasеći delove senzora koji su neaktivni. DVS kontroliše nivoe snage u zavisnosti od potrebe senzora i obima posla. Variranjem napona zajedno sa frekvencijom moguće je kvadratno smanjiti potrošnju energije

4.5 Senzor

Senzori su uređaji koji proizvode merljiv odgovor na promene fizičkog stanja kao što su temperatura, vlažnost ili pritisak. Senzori mere fizičke podatke parametra oblasti koje nadgledaju. Kontinuirani analogni signal od strane senzora je digitalizovan analogno-digitalnim konvertorom i poslat kontroleru na dalje procesuiranje. Senzorski čvor bi trebalo da bude malih dimenzija, da bude ekstremno mali potrošač energije i prilagođen okruženju u kom se nalazi.

Senzori su podeljeni na tri kategorije: pasivni-omnidirekcioni senzori, pasivni-usko snopni senzori, aktivni senzori.

Pasivni-omnidirekcioni senzori mogu meriti fizičke promene na mestu na kom se nalaze bez stalnog rada u okruženju u kom se nalaze, zbog toga su pasivni. Tipična primena ovih senzora: svetlosni senzori, senzori vibracija, mikrofoni, detektori dima, senzori vazdušnog pritiska.

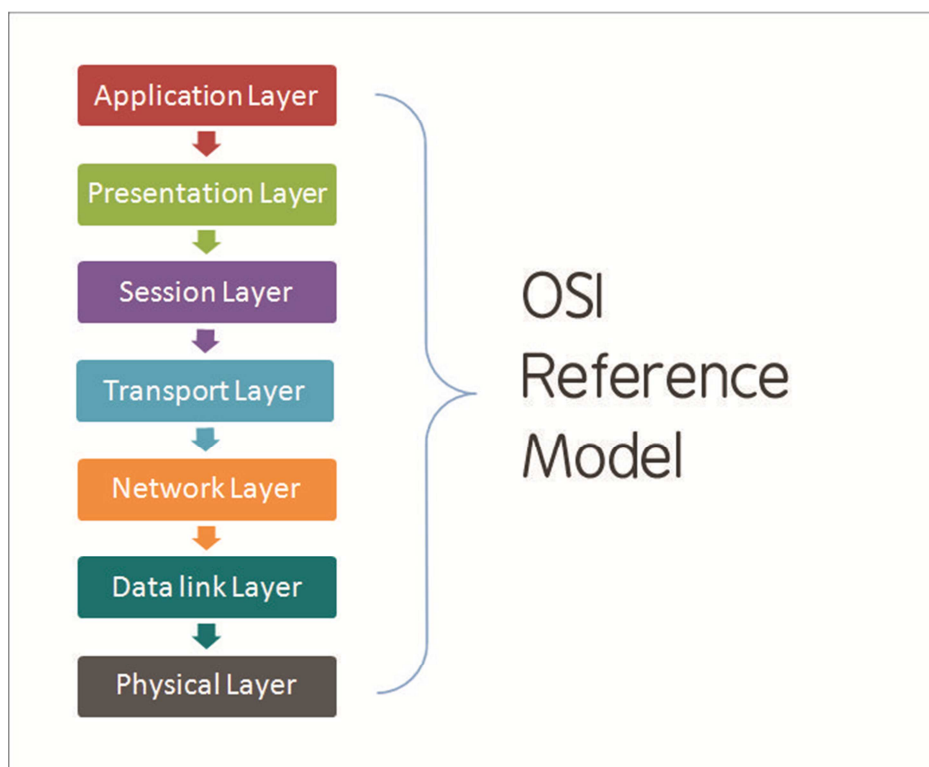
Pasivni-usko snopni senzori imaju dobro definisan smer delovanja odnosno merenja. Primer njihove primene je kamera koja deluje u datom pravcu, ali može da se rotira ukoliko je to potrebno.

Aktivni senzori aktivno rade i istražuju okruženje, primeri su sonari, radari ili neki tipovi senzora koji mere seizmička delovanja.

U praksi, sve vrste ovih senzora su dostupni u različitim formama sa mnogo različitim individualno razvijenim sposobnostima.

5. Nivoi protokola OSI referentni model

Osnovni komunikacioni proces sastoji se od slanja podataka od izvora do odredišta. U suštini ovde se radi o dve nezavisne aplikacije, koje se izvršavaju na različitim računarima, a koje su uzajamno povezane i koje razmenjuju podatke. Zadatak predajne aplikacije je da izvrši pripremu podataka za slanje (kodiranje, kompresija, zaštita) i pošalje ih na medijum preko koga je ostvarena veza sa drugim računarom. Aplikacija na drugom računar prihvata te podatke izvrši njihovo dekodiranje i smesti ih na odgovarajuće mesto. Očigledno je da se ceo ovaj proces može podeliti u više nivoa koji su identični i na predajnoj i na prijemnoj strani. Na slici broj 3 prikazan je OSI model.



Slika br.3 OSI referentni model

5.1 Fizički nivo

Fizički nivo predstavlja osnovnu sponu sa komunikacionim medijumom i njegova osnovna uloga je da obezbedi nesmetanu razmenu signala izmedju čvorova (*nodes*). Kada je u pitanju hardverska komponenta normalno je da se projektovanje čvorova svodi na izbor komponenti koje manje troše električnu energiju. Od tipičnog senzorskog čvora očekuje se da može da uradi sledeće: registruje događaj koji prati, izvrši odgovarajuće procesuiranje registrovanog signala, grupiše dobijene podatke i izvrši njihovu konverziju i pripremu za slanje i da te iste podatke putem bežične komunikacije prosledi do sledećeg čvora.

Osnovne funkcije ovog sloja uključuju: detekciju signala, vremensku sinhronizaciju signala, izbor odgovarajućeg frekventnog opsega.

5.2 Nivo veze

Glavni zadaci protokola koji se razvijaju na ovom sloju su: multipleksiranje / demultipleksiranje podataka, detekcija okvira, obezbeđivanje nesmetanog pristupa medijumu za prenos, korekcija greške, fizičko adresiranje i uspostavljanje mrežne topologije kao i obezbeđivanje odgovarajućeg režima rada.

Sastoji se od dva podnivoa i to: LLC (*Logical Link Control*) i MAC (*Medium Acces Control*) koji svako za sebe obavlja svoje funkcije koja se svodi na to da uspostave sigurnu i stabilnu vezu između čvorova, za razliku od standardnih protokola koji su razvijeni na ovom nivou, protokoli za WSN moraju da vode računa o dva parametra koja su vrlo bitna i to: potrošnja električne energije i velika gustina čvorova.

Najbitniji uslovi koje ovaj nivo treba da zadovolji: mora da bude efikasan sa gledišta potrošnje električne energije (*najvažniji uslov*), da bude skalabilan i da se lako adaptira na promenu broja čvora u mreži, gustine čvorova i topologije mreže, da ima kratko vreme pristupa čvorovima (*latency*), veliki protok podataka (*throughput*) i široki opseg slanja podataka (*bandwidth*).

5.3 Mrežni nivo

Osnovni zadatak protokola ovog nivoa je da izvrše efikasno rutiranje, koje će omogućiti da se prenos podataka od izvorišta (senzorski čvor) do kontrolnog računara (*slink*), izvrši u što kraćem vremenskom intervalu sa najmanjom mogućom potrošnjom električne energije. Kako su dometi u WSN vrlo mali a gustina senzorskih čvorova velika, to se proces pronalaženja optimalnih ruta dosta komplikuje.

Ovde se javljaju tri bitna detalja koji u mnogome utiču na nemogućnost korišćenja standardnih protokola rutiranja u bežičnim mrežama:

- Implozija (*implosion*) – gde više čvorova ima isti podatak koji treba da se šalje pa se nepotrebno troše resursi čvorova tj. dupla poruka se šalje istom senzorskom čvoru.
- Preklapanje (*overlap*) – to je pojava kada dva ili više senzorska čvora šalju isti podatak jer se područja njihovog nadgledanja poklapaju.
- Upravljanje resursima – protokoli rutiranja se ovde zasnivaju na raspoloživosti i veličini resursa kojim pojedini čvor raspolaže. Na osnovu toga oni donose odluku o izboru odgovarajuće rute tj. smeru upućivanja.

U zavisnosti kako čvorovi međusobno komuniciraju sve rutirajuće protokole možemo podeliti u nekoliko grupa:

- Direktna komunikacija – svi čvorovi šalju direktno podatke do glavnog čvora.
- Ravnomerna (*flat*) komunikacija – svi čvorovi u mreži su ravnopravni i podaci se prenose od čvora do čvora (*multi hop*).
- Klaster komunikacija – radi se o skalabilnoj komunikaciji gde se u okviru jedne mreže formiraju manje grupe čvorova – klasteri, u okviru kojih postoji jedan glavni čvor – bazni čvor, sa kojim komuniciraju ostali čvorovi iz te grupe.

5.4 Transportni nivo

Ovaj nivo je zadužen za isporuku podataka od jednog do drugog korisnika bez obzira na medijum koji je iskorišćen za međusobno povezivanje. U žičanim mrežama sigurno jedan od najčešće korišćenih transportnih protokola je TCP (*Transmission Control Protocol*).

Postoje tri vrste prenosa između prijemnika i predajnika

- Protokoli koji dele konekciju (*split connection protocol*) – predstavljaju protokole koji sasvim skrivaju WSN od žičanih mreža. Klasičan TCP prenos se ovde završava u baznoj stanici koja je sa jedne strane povezana žičanim putem sa računarima, sa druge strane bežičnim putem sa senzorskim čvorovima.
- Protokoli na nivou veze (*link – layer protocol*) – ova vrsta protokola odvaja klasičnu TCP vezu korišćenjem kombinacije lokalnih retransmisija koje su prilagođene bežičnom medijumu.
- Protokoli end-to-end – ovi protokoli uključuju verziju modifikovanog TCP koja je više prilagođena bežičnom medijumu. Od te verzije se zahteva da vodi računa o izgubljenim paketima koristeći se metodama selektivnog potvrđivanja i tačne notifikacije izgubljenih okvira (*Explicit Loss Notification*).

Razvoj efikasnog transportnog protokola predstavlja bitan element u jednoj WSN gledano i sa aplikativne strane.

5.5 Nivo sesije

Većina bežičnih senzorskih mreža ne mogu da rade same za sebe. One moraju da budu povezane u složenu mrežnu infrastrukturu preko koje treba da odrade, kao i da prikupljene podatke proslede do kontrolnog računara koji će te podatke obrađivati i prezentovati.

Pojam srednjeg sloja upravo se odnosi na softverski sloj koji se nalazi između operativnog sistema i senzorske aplikacije sa jedne strane i distribuirane mrežne aplikacije koja se obraća čvoru preko mrežnog interfejsa.

Osnovni zadatak ovog nivoa je da „sakrije“ složenost mrežnog okruženja i oslobodi aplikaciju od upravljanja mrežnim protokolima, deljenju memorijskih resursa, mrežnoj funkcionalnosti i uporednom izvršavanju zadataka.

Da bi sve te zadatke uspešno izvršio srednji sloj mora da bude:

- Skalabilan – da prepozna resurse kojima raspolaže i da optimalno prilagodi aplikaciju njima.
- Generativan – korišćenje jednog srednjeg sloja u više različitih aplikacija zahteva od njega da ima veliki broj složenih interfejsa a to povećava veličinu tog sloja što kod WSN nije dobro. Zato se od njega zahteva da bude generički prilagodljiv, tj. da se interfejs prilagodi aplikaciji a ne aplikacija interfejsu.
- Adaptivan – mobilnost čvorova kao i izmenljivost topologije WSN zahteva od ovog sloja da bude uvek dinamički promenljiv i sposoban da izvršava različite komponente.
- Reflektivan – pokriva sposobnost sistema da razume i menja svoje ponašanje samostalno bez intervencije sa strane. Dva mehanizma su ovde dostupna i to inspekcija i prilagođenje. Inspekcija pokriva načine za analizu ponašanja čvora u različitim situacijama, dok prilagođenje dozvoljava modifikaciju u okviru internog nivoa tj. promenu podataka daje aplikaciji. Kao primer možemo navesti izmenu rutiranja strategije kod mobilnih čvorova kada čvorovi sami biraju neku drugu rutu.

U primeni senzorskih mreža postavljaju se različiti zahtevi koje je vrlo teško realizovati zbog mnogih ograničenja koje imaju senzorski čvorovi. Zato je neophodno razviti odgovarajući operativni sistem koji će sa jedne strane uspešno upravljati smanjenim hardverskim mogućnostima senzorskog čvora, a sa druge strane efikasno omogućiti modularnost i robusnost jedne senzorske mreže. Jedan od najpopularnijih operativnih sistema koji je najviše zastupljen u senzorskim mrežama je Tiny OS itd. On predstavlja otvoreni, (*open source*) višekomponentni operativni sistem koji uključuje upravljanje memorijom, upravljanje jedinicama senzorskog čvora, upravljanje zadacima i upravljanje protokolom. On koristi programski model koji se zasniva na događajima (*event*) koji jedino mogu da prekinu zadatke (*task*) koji se izvršavaju.

5.6 **Prezentacioni nivo**

Ovaj sloj uspostavlja kontekst između entiteta aplikativnog sloja. U aplikativnom sloju programi mogu koristiti različitu sintaksu i semantiku. Ovaj sloj je "univerzalni prevodilac". Ako banalizujemo stvari, nema veze da li program govori španski, engleski ili italijanski, ovaj sloj će to razumeti i prevesti.

5.7 **Aplikacioni nivo**

Osnovna uloga ovog sloja je da približi softver i hardver sa nižih nivoa mrežnoj aplikaciji. Neki od protokola koji se izvršavaju na ovom nivou i koji sigurno mogu da budu područja na kojima će se u budćnosti dosta raditi su:

Sensor Management Protocol (SMP) – predstavlja upravljački protokol koji omogućuje softverske operacije potrebne za izvršenje sledećih administrativnih zadataka:

- Uvodi pravila koja se odnose na prikupljanje podataka, podelu čvorova po grupama (cluster) i podelu po vrstama podataka koji se prikupljaju (attribute-based).
- Vremenska sinhronizacija čvorova
- Kretanje senzorskih čvorova
- Uključivanje i isključivanje senzorskih čvorova
- Čuvanje mrežne konfiguracije i statusa čvorova kao i rekonfiguracije istih
- Provera ispravnosti komunikacije dva čvora

Task Assignment and Data Dissemination Protocol (SQDDP) – ovaj protocol dozvoljava korisničkim aplikacijama da mogu da postavljaju upite senzorskim čvorovima ili određenoj grupi i da na taj način smanjuju frekvenciju saobraćaja na mreži.

U okviru ovog sloja možemo svrstati i još jedno područje istraživanja koje zaokuplja dosta pažnje i predstavlja moćno sredstvo kod projektovanja i ispitivanja rada WSN. Radi se o razvoju simulatora senzorskih mreža koji bi trebalo da nam što verodostojnije simuliraju rad WSN. Dobar simulator omogućio bi da unapred proverimo ispravnost rada jedne takve mreže prenego što je postavimo i pustimo u rad. Zbog prirode WSN jasno je od kolike je to koristi jer testiranje u realnim uslovima je gotovo nemoguće.

6. Primena u energetici

6.1 Pametne zgrade

Pametne zgrade se zasnivaju na setu tehnologija koji poboljšavaju energetske efikasnost, komfor korisnika kao i nadgledanje i bezbednost same zgrade. Tehnologije uključuju nove efikasnije materijale za samu gradnju i informacione komunikacione tehnologije ICT (*Information communication technologies*).

Informacione komunikacione tehnologije ICT su korištene u upravljanju sistemima zgradom kao što je nadgledanje temperature, osvetljenje, ventilacija svojim softverskim paketima automatski prekidaju rad uređaja kao što su kompjuteri ili monitori kada su kancelarije prazne. Ovi sistemi mogu da se nađu u domaćinstvima i u poslovnim sistemima.

Senzori i senzorske mreže se koriste za izgradnju pametnih zgrada.

Pametne zgrade sadrže:

- Sistem klimatizacije, grejanja-hlađenja (HVAC)
- Sistem osvetljenja
- Sistem merenja potrošnje električne energije
- Sistem isključivanja uređaja
- Sistem sigurnosti i bezbednosti
- Sistem video nadzora
- Sistem kontrole kvaliteta vazduha i kontrola prozora

Senzori ugrađeni u HVAC sistemima, na primer, nadgledaju temperaturu i delove zgrade kao što su otvoreni i zatvoreni prozori.

Postoji više tipova senzora koje pametne zgrade sadrže:

- Senzori nivoa osvetljenosti
- Senzori pomeraja
- Senzori dima i gasa
- Status senzori (kvalitet vazduha, prozori)
- Senzori stakla
- Temperaturni senzori i detektori toplote

Prema podacima iz Simensa (*Siemens*), senzori i senzorke mreže u pametnim zgradama uspešno smanjuju potrošnju energije. Prema njihovoj proceni ušteda

električne energije se zasniva na preciznijem radu klima uređaja, sistemu grejanja i sistemu za kontrolu kvaliteta vazduha. Primenom ovih tehnologija dobija se ušteda električne energije od 30% u odnosu na zgrade koje imaju tradicionalnu automatizacionu tehnologiju.

Potreba za automatizacijom poslovno-stambenih objekata prvenstveno je nastala iz nastojanja da se u njima uštedi energija, sa obzirom da se oko 45% ukupno proizvedene svetske energije troši upravo u stambeno-poslovnim objektima.

Primeri pametnih zgrada u Srbiji su: Airport city, Telenor Data centar, Urgentni centar KCV u Novom Sadu, zgrada B2 itd.

Zgrada B2 slika br.4 je opremljena sistemima: HVAC, sistem upravljanja osvetljenjem, sistem daljinskog očitavanja električne energije.

Primer pametne zgrade u svetu je upravna zgrada Nju Jork Tajmsa "The New York Times" slika br.4. Ona je primer kako pametne zgrade i tehnologije u njima, mogu da smanje potrošnju i povećaju komfort korisnika. Ukupno gledano, zgrada Nju Jork Tajmsa troši 30% manje energije za razliku od nebodera građenih na tradicionalan način.

Zgrada je opremljena sistemima za kontrolu osvetljenja i zatamljenja, baziranim na ICT tehnologijama. Sistem osvetljenja koristi električno svetlo, samo ukoliko je to neophodno. Visokotehnološki HVAC sistem, opremljen senzorima za merenje temperature. Ceo sistem je zasnovan na velikoj senzorskoj mreži sa puno vrsta senzora koji obezbeđuju informacije u realnom vremenu. Energija može biti sačuvana samo ukoliko rade sistemi koji su potrebni.

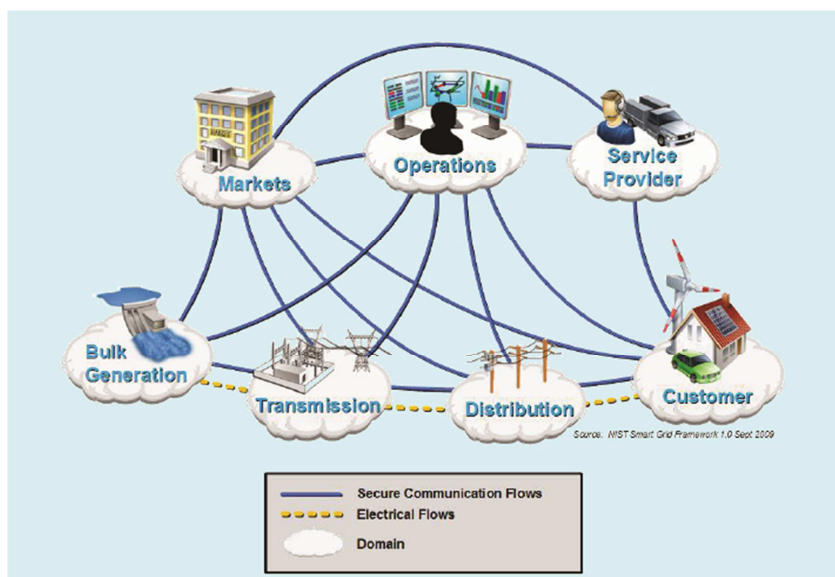


Slika br.4 Primeri pametne zgrade

6.2 Pametne mreže i sistemi kontrole električne energije

“Pametna mreža” je skup softverskih i hardverskih alata koji omogućavaju generatorima da usmeri električnu energiju efikasnije, omogućuje dvosmerni tok energije, razmenu informacija sa klijentima u realnom vremenu, poboljšava efikasnost, monitoring energije i prikuplja podatke preko mreže za distribuciju električne energije.

Pametna mreža je inovacija koja ima potencijal da revolucionira prenos, distribuciju i očuvanje energije. Ona koristi informacione komunikacione tehnologije ICT da bi poboljšala pouzdanost i efikasnost. ICT, senzori i senzorske mreže igraju glavnu ulogu u pretvaranju tradicionalnih mreža u pametnu mrežu.



*Slika br. 5 Primer (koncept) jedne pametne mreže
Za distribuciju električne energije*

Gledano sa perspektive rešenja, jednu pametnu mrežu odlikuje:

- Efikasnije usmeravanje energije i optimizovana potrošnja
- Bolji pregled i kontrola energije i mrežnih komponenti
- Poboljšano prikupljanje podataka i bolje upravljanje
- Dvosmerni tok energije
- Visoko automatska samo-održiva energetska mreža, povezana sa svim delovima mreže.

Senzori i senzorske mreže se koriste na više mesta duž mreže, u transformatorima, trafostanicama i domovima krajnjih kupaca. Oni igraju značajnu ulogu u oblasti daljinskog nadzora i omogućuju strani koja upravlja da ponudi novi proizvod kao što je cena u realnom vremenu.

6.3 Pametna brojila

Rasprostranjeni širom mreže, senzori i senzorske mreže prate funkcionisanje i ispravnost uređaja mreže, praćenje temperatura, brzu detekciju prekida i otklanjanje kvarova. Na taj način kontrolni centri mogu trenutno dobiti precizne informacije o stanju same mreže.

Pametna brojila, u kućama potrošača igraju veoma bitnu ulogu. Oni obezbeđuju čitanje potrošnje u realnom vremenu, i mogućnost čitanja na daljinu. Pametna brojila pružaju mogućnost otkrivanja oscilacija struje, i dozvoljavaju krajnjim potrošačima da daljinski kontrolišu potrošnju energije. Primer pametnog brojila prikazan je na slici br. 6.



Slika br.6 Pametno brojilo

Na osnovu dobijenih informacija o potrošnji struje koja se mogu pratiti iz sata u sat za svako domaćinstvo, potrošačima se mogu ponuditi i dodatni paketi usluga, poput onih koji već postoje u mobilnoj telefoniji. Njima bi se dodatno štedela struja i to tako što bi se potrošačima moglo sugerisati koji aparat kada treba da uključe kako bi se izbegla potrošnja struje kada je inače elektroenergetski sistem i zbog potrošnje u industriji najviše opterećen, ali i kada je struja najjeftinija.

Preduslov da u Srbiji dođe do zamene brojila je postojanje infrastrukture, odnosno razvijena elektrodistributivna mreža, jer bez tehničkih mogućnosti nema šanse da se komunicira na daljinu.

Praksa zemalja koje su uvele brojila poput SAD i Švedske (ili onih koji su uradili pilot program, kakav je slučaj s Elektroprivredom Francuske), potvrđuje da je uvođenjem brojila izvesna ušteda struje od pet do 10 odsto.

Sistemi pametnih brojila i koncept pametne mreže definitivno je opredeljenje Evropske unije, radi dostizanja postavljenih ciljeva do 2020. godine – smanjenje od 20% udela energije proizvedene iz termoelektrana, isto toliko povećanje učešća energije proizvedene iz alternativnih izvora (vetra, sunca itd.) kao i za 20% povećanja energetske efikasnosti.

Ušteda električne energije, sprečavanje krađe struje, povećanje energetske efikasnosti, ali i činjenica da energetske resursi nisu neiscrpni, samo su neki od argumenata zbog kojih bi pametna električna brojila s daljinskim očitavanjem potrošnje struje trebalo da zamene postojeća mehanička i u zemljama Evropske unije i u Srbiji.

6.4 Primena u industriji

Sektor industrije je odgovoran za blizu polovinu potrošnje električne energije na globalnom nivou. Senzori i senzorske mreže su upotrebljene na više načina u industriji. Senzorske mreže omogućuju deljenje informacija o industrijskim procesima u realnom vremenu, informišu o stanju ispravnosti opreme, kontrolišu operativna sredstva, povećavaju industrijsku efikasnost, produktivnost i smanjuju potrošnju električne energije.

Kako je različitost senzorskih primena ogromna u industriji, ovaj deo opisuje tri primene u samoj industriji: kontrola procesa proizvodnje, kontrola fizičkih svojstva u toku procesa proizvodnje i upravljanje opremom.

Na polju kontrole procesa proizvodnje, senzori i senzorske mreže dostavljaju podatke u realnom vremenu o samom procesu i sposobni su da detektuju i najmanje varijacije u proizvodnji. Greške mogu biti minimizovane sa smanjenim procentom rashoda materijala. Štaviše, kontinuirani monitoring procesa proizvodnje omogućuje efikasnije korišćenje energije za vreme proizvodnje.

Kontrola fizičkih svojstva za vreme procesa proizvodnje, senzori i senzorske mreže mere različite podatke kao i količinu raspoloživih resursa za vreme proizvodnje. Ovo im omogućava da rade efikasnije i tako na precizan način dovodi do uštede energije i smanjenja zagađenja.

U trećem polju, upravljanje opremom i kontrola, senzori nadgledaju stanje mašina kao i njihovu upotrebljivost. Senzori instalirani na različitim mašinama mere fizička stanja kao što su temperatura, pritisak, vlažnost ili vibracije. Senzorski čvorovi su sposobni da komuniciraju međusobno, i šalju podatke kada je od njih to traženo. Kada su kritična stanja dostignuta, sistem automatski šalje signale tehničkoj podrški. Pored nadgledanja stanja mašina, senzori takođe kontrolišu rad motora u upotrebi. Senzor dozvoljava motoru da prilagodi svoju snagu potrebi. Bežične mreže koje povezuju različite senzore, omogućuju konekciju mašina-mašina i potencijalno omogućuju energetska efikasnost u celoj fabrici.

6.5 **Primena u nuklearnim elektranama**

Nuklearne elektrane su dizajnirane da postignu bezbedan i pouzdan rad kroz praćenje i analizu različitih operativnih parametara. Podaci dobijeni iz sistema za monitoring, pružaju kontrolu tokova vode, recirkulaciju tokova, nivo vode u reaktorima itd. i mogu se koristiti za pokretanje procedure za hitne slučajeve, kao što je ubrizgavanje vode u sistem za hlađenje. Dakle, od ključnog je značaja da senzori precizno prenesu tok neutrona, temperaturu, nivo pritiska i tok ostalih procesa u postrojenju, da bi osigurali dalji bezbedni rad nuklearne elektrane.

Predajnik diferencijalnog pritiska se koristi za merenje toka i nivoa tečnosti, dok se ne-diferencijalni pretvarač (*transduktor*) koristi za merenje apsolutnog i relativnog pritiska. Nuklearne elektrane uglavnom koriste između 200 i 800 senzora koji mere pritisak, nivo i tok tečnosti u primarnim i sekundarnim sistemima.

Senzori se obično nalaze daleko od procesa, zbog same zaštite od štetnog dejstva temperature, zračenja i vibracija. Visoke temperature ambijenta imaju uticaj na komponente senzora, tako što skraćuju vek trajanja njegovih komponenti. Linije očitavanja pritiska se nalaze i na cevovodima, reaktorima i prenose signal do senzora pneumatskim ili hidrauličnim putem.

U nekim industrijskim postrojenjima, senzori pritiska su obično instalirani u blizini terena, koristeći duge linije tako da osoblje održavanja može lako pristupiti predajniku radi zamene ili održavanja. Međutim, konekcije koje koriste linije očitavanja mogu biti blokirane zbog nagomilavanja nečistoće iz tečnosti. Veoma je važno, da se linije očitavanja periodično čiste zbog pouzdanog rada samih senzora.

Instrumenti očitavanja mogu se susreti sa brojnim problemima koji mogu uticati na tačnost i vreme odziva senzorskog sistema pritiska. Problemi linije očitavanja koji su uočeni u nuklearnim elektranama su:

- Blokade zbog mulja, bora (*hemijski element*) ili deponovanja,
- Nizak pritisak na linijama očitavanja,
- Zamrznute linije očitavanja,
- Curenja na linijama očitavanja.

Bilo koja od ovih činjenica, može da poveća odziv vremena sistema za očitavanje pritiska i prouzrokuje druge probleme. Na primer, blokade ili zamrzavanje mogu da izazovu greške u merenju pritiska i takođe utiču na tačnost i dinamičan odgovor senzora na sistemu pritiska.

Bez obzira, na ove probleme se odgovara prilikom samog dizajniranja ili građenja ovakvih sistema, iskustvo je pokazalo da se oni pojavljuju u mnogim nuklearnim elektranama.

7. Elementi SCADA sistema

SCADA mreža se sastoji od jednog ili više MTU (*Master Terminal Unit*) koji su zapravo računarske stanice opremljene odgovarajućim softverom i operativnim sistemom. Ove stanice, operatori koriste za praćenje i kontrolu jedne ili više RTU (*Remote Terminal Unit*). RTU je takodje računarski uređaj koji je obično namenjen za rad u industrijskim uslovima. Zada tak RTU uređaja je da prikuplja informacije sa raznih digitalnih i analognih senzora i da prosleđuje komande uređajima koji na neki određeni način menjaju stanje upravljanog sistema (step monitori, generatori, releji i sl.). Često se za njihovu realizaciju koriste razni tipovi PLC (*Programmable Logic Controller*).

Za prenos podataka između MTU i RTU koristi se neki od standardnih ili specijalizovanih 802.xx protokola. Optički kablovi su idealni za realizaciju SCADA mreže jer nude potpunu zaštitu i od emisije raznih zračenja koja bi mogla da dovedu do pogrešnih informacija. U idealnom SCADA sistemu svi elementi su redundantni što dostupnost i pouzdanost sistema podiže na visok nivo.

Velika je raznolikost u SCADA implementacijama i dešava se da se funkcije MTU, RTU i ostalih delova sistema prepliću tako da je teško razlučiti specifične komponente. Jedan od delova je HMI (*Human Machine Interface*). Njegova uloga je da prezentuje sve informacije o sistemu i realizuje njegovu upravljivost.

SCADA sistemi obuhvataju širok spektar opreme, podsistema i tehničkih rešenja koji omogućavaju prikupljanje i obradu podataka o procesima (*udaljenim sistemima*), reagovanje na adekvatan način. Upravljanje procesima, u opštem slučaju, može biti automatsko ili inicirano od strane operatera.

SCADA sistem pripada klasi složenih hijerarhijskih sistema sa nekoliko izdvojenih celina:

- Merna oprema i izvršni organi,
- Udaljeni I/O (input/output),
- Udaljene stanice,
- Sistem za komunikaciju,
- Centralna stanica.

7.1 Merna oprema i izvršni organi

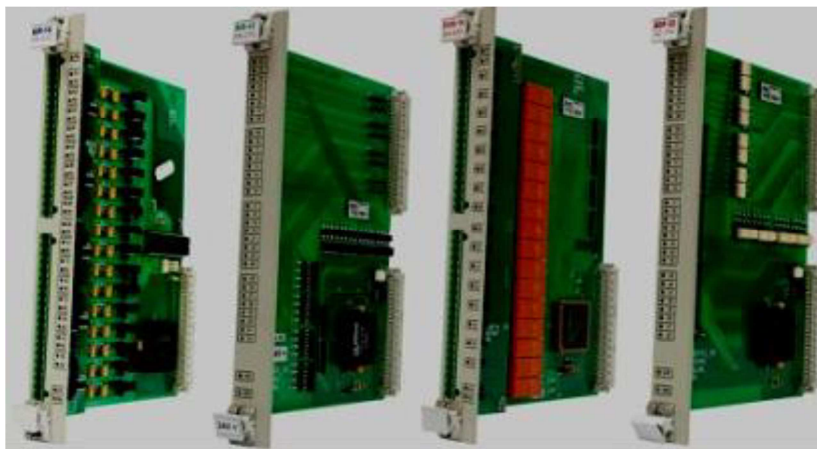
Merna oprema i izvršni organi obuhvataju skup opreme instalirane na odgovarajućim uređajima na samom procesu koji SCADA sistem nadgleda i kojim se upravlja.

Merna oprema obuhvata različite instalirane senzore koji mere fizičke veličine kao što su: sila, temperatura, relativna vlažnost, dužina, broj obrtaja, brzina, nivo, protok, pritisak. Uloga merne opreme jeste da fizičke veličine pretvori u električni signal tj. u oblik koji je čitljiv udaljenim stanicama. Pomoću ove opreme se dobijaju informacije o funkcionisanju procesa na osnovu kojih se može uticati na poboljšanje poslovnih performansi.

Izvršni organi su uređaji koji sprovode odgovarajuće konekcije i upravljačke akcije.

7.2 Udaljeni I/O moduli

Udaljeni I/O (input/output) moduli su instalirani na pojedinačnim elementima opreme i predstavljaju vezu između perifernih elemenata i računarskog sistema, koja se ostvaruje odgovarajućim sistemom komunikacija. Na slici 7 su prikazani neki od mogućih modula.



Slika br. 7 I/O moduli

7.3 Udaljene stanice

Udaljene stanice su nezavisni mikro-procesorski uređaji koji obezbeđuju komunikaciju između merne opreme, izvršnih organa i centralne stanice. Podaci sa merne opreme se prenose ka centralnoj stanici a iz centralne stanice se prenose upravljačke komande ka izvršnim organima. Udaljena stanica nadzire i status procesne opreme i signalizira odgovarajuće alarme.

Udaljene stanice su obično programibilni logički PLC, koji poseduju aplikativni softver, mikroprocesor i komponente za kontrolu aktiviranja nekog uređaja. PLC su specijalizovani računari čiji operativni sistem omogućava da se jednostavno u realnom vremenu obavi akvizicija velikog broja podataka, prenos i izvršenje zadataka.

7.4 Sistem za komunikaciju

Sistem za komunikaciju obezbeđuje prenos informacija između udaljenih stanica i dispečerskog centra. Komunikacija između udaljenih stanica i centralne stanice, kao i između samih centralnih stanica, odvija se preko komunikacionog medijuma u zavisnosti od mogućnosti i zahteva korisnika. Lokalne mreže se zasnivaju na različitim topologijama: otvorene (magistrale), zatvorene (prsten), point-to-point (zvezde) itd. Moderni SCADA sistemi kombinuju različite komunikacione medijume i topologije u cilju formiranja snažnog informatičkog SCADA čvora.

7.5 Centralna stanica

Centralna stanica predstavlja centralno mesto SCADA sistema. Obično je opremljena PC računarom ili nekim snažnim računarskim sistemom na kome se realizuje nadzor i upravljanje određenim procesom. Ti računari su podržani aplikacijom tipa MMI (*Man Machine Interface*) koja omogućava interaktivan dijalog operatera sa računarom za konkretan sistem nadzora i upravljanja. Osnovu za donošenje odluka i upravljanje na ovom nivou čine podaci koji se prikupljaju sa udaljenih stanica i to periodično, inicirano određenim događajima ili na zahtev operatera.

Svi podaci se čuvaju u bazi podatak odakle se radi njihova prezentacija i generisanje upravljačkih akcija.

Na centralnoj stanici se definišu i prenose referentni signali, zadaju se recepture, sinronizuju funkcije pojednih podsistema, određuju se reakcije na pojedine alarme, optimiziraju algoritmi.

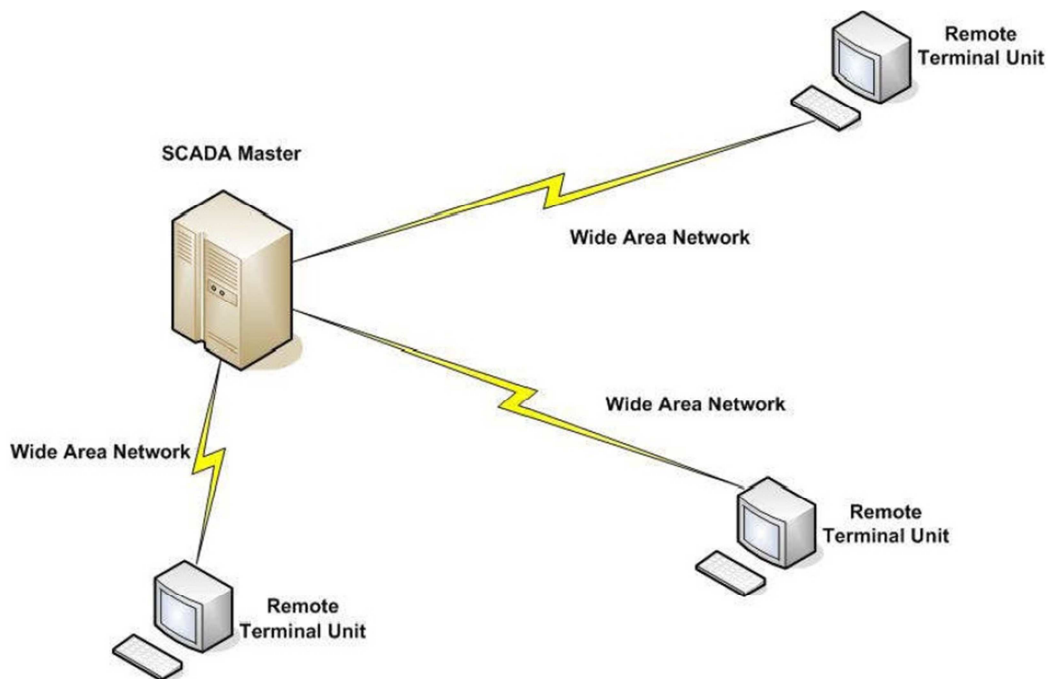
Jedna od osnovnih karakteristika sistema SCADA je centralizacija najprioritetnijih funkcija na nadzorno upravljačkoj jedinici. Naime, programska podrška u udaljenim stanicama osigurava akviziciju podataka i lokalno upravljanje procesom do nivoa koji se zadaje sa centralne stanice, ali se iniciranje svih kontrolnih funkcija i krajnja verifikacija njihovog izvršenja vrši u centralnoj stanici.

8. Arhitektura SCADA sistema

8.1 Centralizovani SCADA sistemi

Centralizovani sistem podrazumeva skup mernih uređaja i opreme koji su direktno povezani sa centralnim računarom, koji prima i obrađuje informacije, radi nadzor i upravlja procesom.

U centralizovanom SCADA sistemu povezivanja na glavnu stanicu su veoma ograničena. Povezivanje sa glavnom stanicom se vrši pomoću odgovarajućeg adaptera ili kontrolera prikopčanog u matičnu ploču centralne procesorske jedinice CPU. Ovi sistemi zasnivali su se na dva identično opremljena sistema, primarni i sekundarni. Funkcija sekundarnog je nadgledanje primarnog sistema, i preuzimanje upravljanja u slučaju otkaza primarnog sistema upravljanja. Na slici br. 8 prikazan je centralizovani SCADA sistem.



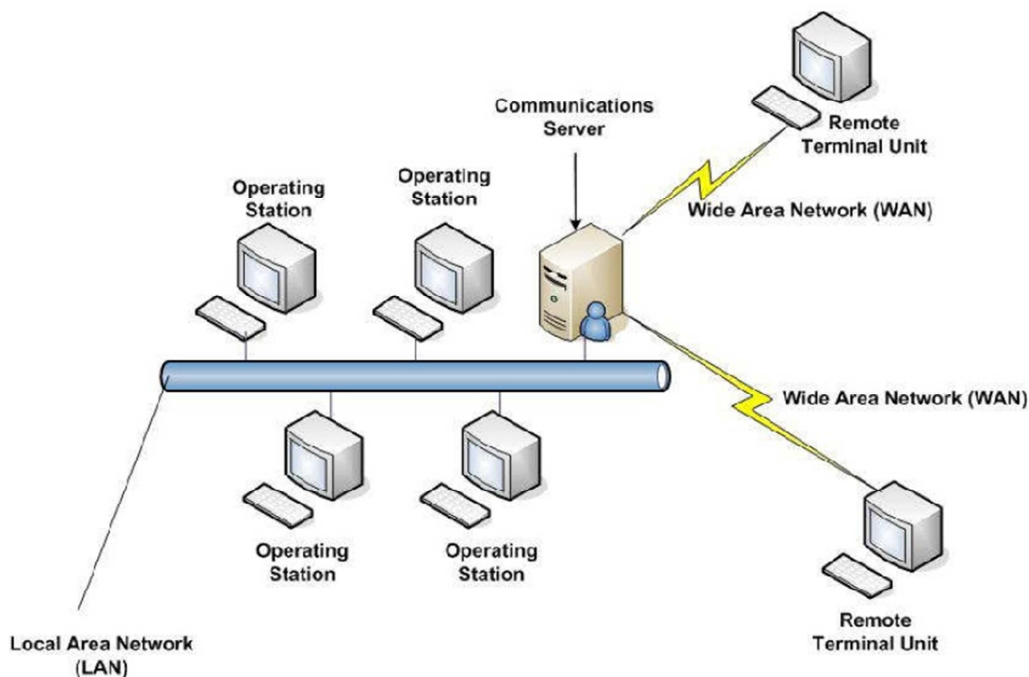
Slika 8. Centralizovani SCADA sistem

8.2 Distribuirani SCADA sistem

Distribuirani SCADA sistem obuhvata skup udaljenih stanica koje su lokalnom mrežom LAN (*Local Area Network*) povezane sa upravljačkim centrom, odakle se realizuje nadzor i upravljanje procesima. Na slici br. 9 prikazan je distribuirani SCADA sistem.

U ovom sistemu udaljene stanice služe kao komunikacijski procesori ili RTU. Mreže za povezivanje ovih sistema bazirane su na LAN protokolima i ne dosežu izvan granica lokalnog okruženja. Neki od korištenih protokola bili su vlasničke prirode, proizvođači opreme razvili bi sopstveni mrežni protokol umesto upotrebe postojećih. Takav pristup omogućavao je optimizaciju LAN protokola za komunikaciju ali je isto tako ograničavao ili eliminisao mogućnost upotrebe različitih proizvođača u SCADA LAN-u.

Distribucija sistemskih funkcija kroz mrežu ne služi samo za povećanje procesorske snage već i za poboljšanje redundantnosti i pouzdanosti sistema u celini. Umesto jednostavne primarno/sekundarne šeme sistema koja se primenjivala u ranijim sistemima, distribuirana arhitektura često zadržava sve stanice aktivne na LAN merži sve vreme. Na primer ako HMI stanica ispadne iz rada, druga HMI stanica može se iskoristiti za upravljanje sistemom bez čekanja za prebacivanje na sekundarni sistem.

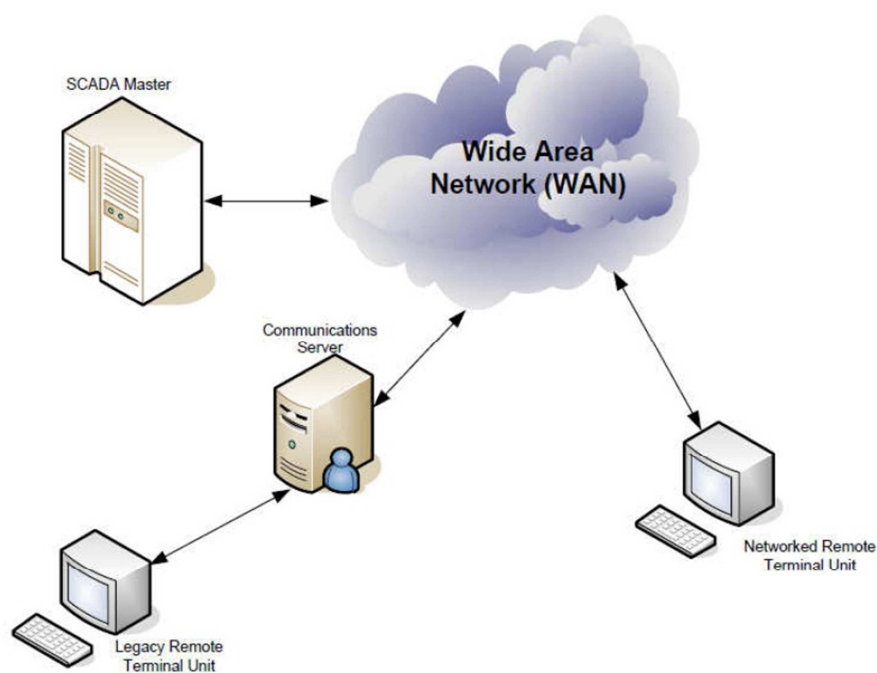


Slika 9. Distribuirani SCADA sistem

WAN mreža koja se koristi za komunikaciju sa udaljenim uređajima većinom je ostala nepromenjena razvojem LAN veza između lokalnih stanica. Te spoljne komunikacione mreže i dalje su ograničene RTU protokolima i nisu dostupne za ostale tipove protokola.

8.3 WASCAD sistemi

WASCAD (*Wide Area SCADA*) sistemi podrazumevaju geografski distribuirane SCADA sisteme koji funkcionišu po principu server–server ili klijent–klijent. Razmenom podataka između dva ili više nezavisnih SCADA sistema koji kontrolišu različite segmente istog procesa ili sistema, stiče se celokupna slika o njegovom stanju. WASCAD je orijentisan na upravljanje kompleksnim poslovnim sistemima kod kojih je akcenat stavljen na hijerarhijskoj strukturi i superviziji procesa, zbog složenosti procesa i mogućnosti grešaka u komunikaciji. WASCAD sistem prikazan je na slici br. 10.



Slika 10. WASCAD sistem

WASCAD sistemi imaju veoma veliku primenu u različitim poslovnim sistemima i različitim oblastima, svuda gde je neophodno nadgledati i upravljati velikim sklopom procesa. Najčešćiji primeri primene su elektro-energetski sistemi, vodoprivreda, industrijski kompleksi, proizvodnja. Sama struktura sistema zavisi od konkretnih procesa i zahteva realnog poslovnog sistema.

WASCAD sistemi predstavljaju treću generaciju sistema, koja je usko povezana sa generacijom distribuiranih sistema. Osnovna razlika je korišćenje otvorene arhitekture sistema, umesto arhitekture kontrolisane od strane raznih proizvođača opreme. Značajan napredak u ovoj generaciji je otvaranje arhitekture sistema i upotreba otvorenih protokola i standarda što je omogućilo distribuciju SCADA funkcionalnosti putem WAN mreže, a ne samo preko LAN mreže. Otvoreni standardi eliminisali su mnoga mnoga ograničenja prethodne generacije sistema.

Najznačajniji napredak u ovoj generaciji sistema, upravo je upotreba WAN protokola kao što je IP (*Internet Protocol*) upotrebljen za komunikaciju glavnih stanica i opreme. To omogućuje da se deo glavne stanice, odgovorne za komunikaciju sa udaljenim uređajima odvoji od glavne stanice i pravilno poveže putem WAN mreže. Proizvođači sada proizvode RTU – e koji su u mogućnosti da komuniciraju sa glavnom stanicom putem Ethernet veze. Distribuciju SCADA funkcionalnosti putem WAN mreže donela je još jednu prednost, otpornost na havarije.. Distribucija mreže SCADA procesa pomoću LAN mreže u drugoj generaciji poboljšala je pouzdanost, međutim u scenariju kompletnog gubitka objekta sa SCADA glavnom stanicom dovela bi do pada kompletnog sistema. Distribucijom procesa preko fizički odvojenih lokacija postalo je moguće sagraditi SCADA sistem koji će preživeti gubitak bilo koje lokacije. Za neke organizacije kojima je SCADA veoma kritična ovo predstavlja pravu prednost.

8.4 SCADA protokoli

Protokol je skup pravila koji definišu značenje binarnih reči. Protokol nam govori kojim će se redosledom cifre prezentovati. Komunikacija se može ostvariti samo ukoliko pošiljaoc i primaoc koriste isti protokol.

8.5 Međusobna komunikacija i otvoreni standardi

Istorijski, SCADA komunikacioni protokoli razvijeni su kao vlasnički protokoli, svaki razvijen od strane proizvođača kao deo sistema kako bi se zadovoljile specifične potrebe određene industrije. To je bila stvar potrebe obzirom da odgovarajući standardi tada nisu postojali. Međutim, tada su protokoli imali određene nedostatke za korisnike. Kako su se sistemi razvijali vlasnik sistema morao je da ograniči svoje ambicije za proširenjem funkcija postojećeg sistema ili je morao zameniti značajan deo sistema kako bi se prilagodio protokolu drugog proizvođača.

Povećanjem upotrebe SCADA sistema uočena je potreba za uvođenje otvorenih standarda. To uočavanje pretočilo se u trud mnogih organizacija u mnogim zemljama, međutim pojava opšte prihvaćenih standarda bio je spor proces.

Ključna korist otvorenih standarda je mogućnost međusobne komunikacije između opreme različitih proizvođača. Sistem se sada mogao izgraditi ili nadograditi i opremom različitih proizvođača.

8.6 Modbus protokol

Modbus *point-to-point* protokol razvio je za potrebe vođenja procesa Gould Modicon. Za razliku od ostalih, nikakav interfejs nije definisan, korisnik može birati između EIA-232, EIA-422, EIA-485 ili 20 mA strujne petlje, a svi su prikladni za brzinu prenosa koju definiše protokol.

Međutim Modbus protokol je relativno spor u upoređenju sa ostalim protkolima, a prednost je velika prihvaćenost među proizvođačima opreme. Između 20 i 30 proizvođača proizvodi opremu sa Modbus protokolom i mnogi od njih su u industrijskoj upotrebi. Istraživanja su pokazala da više od 40% industrijskih komunikacionih aplikacija koristi Modbus za interfejs.

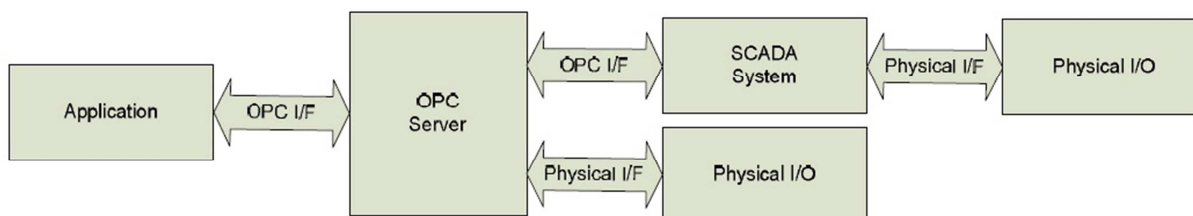
Uz standardni Modbus, postoji i Modbus Plus protokol. Omogućuje do 247 *slave* – a na jednom *master* – u, samo *master* inicira transakciju.

8.7 OLE for Process Control OPC

OPC OLE (*Object Linking and Embedding for Process Control*) je standardni mehanizam koji omogućuje komunikaciju i razmenu podataka između različitih vrsta uređaja i aplikacija za kontrolu.

OPC se obično realizuje kao API (*Application Programming Interface*) ili konverter protokola. Omogućuje Windows programima komunikaciju sa industrijskim hardverom kao što je PLC, ili izvorima podataka kao što su baze podataka ili korisnički interfejs i prevodi podatke u OPC klijent.

OPC klijent je aplikacija koja se koristi za pristup (čitanje i upis) informacijama koje pruža OPC preko OPC standarda.



Slika 11. OPC klijent-server

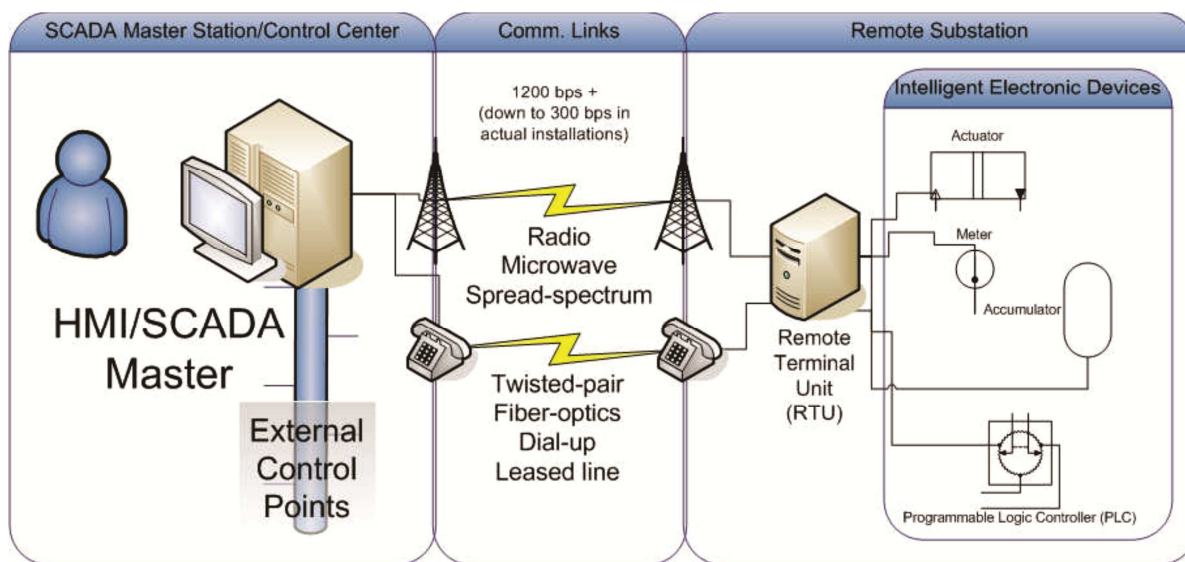
Od razvojnih programera softvera ili aplikacija zahtevalo se da pisanje poslebnih interfejsa ili server/upravljačkih programa, za komunikaciju i razmenu podataka sa svakim udaljenim uređajem. Ova stara tehnika ima mnogo nedostataka jer je zahtevala pisanje upravljačkih programa za svaki uređaj i ne podržava zamenu uređaja sa svakim udaljenim uređajem. OPC eliminiše te nedostatke definišući uobičajeni interfejs visokih performansi koji omogućuje da se ovaj posao obavi samo jednom i zato jednostavno iskorišćava za HMI, SCADA – u, upravljanje i posebne aplikacije.

8.8 Osnovne komponente SCADA sistema

Slika br 12. prikazuje osnovne komponente SCADA sistema. U središtu je operater koji pristupa sistemu putem upravljačke konzole. Upravljačka kontrola predstavlja operaterov prozor u process koji se trenutno odvija. Sastoji se od jedinice za prikaz video zapisa VDU (*Video Display Unit*) na kojoj se prikazuje odvijanje procesa u realnom vremenu.

Za najosnovnije SCADA sisteme može biti dovoljno i nekoliko električnih prekidača.

MTU (*Master Terminal Unit*), predstavlja kontroler celog SCADA sistema. MTU u modernim SCADA sistemima je uvek zasnovan na računarima, može nadgledati i upravljati procesom čak i u odsustvu operatera. To sistemu omogućuje ugrađeni planer koji je moguće programirati za ponavljanje instrukcija u različitim intervalima.

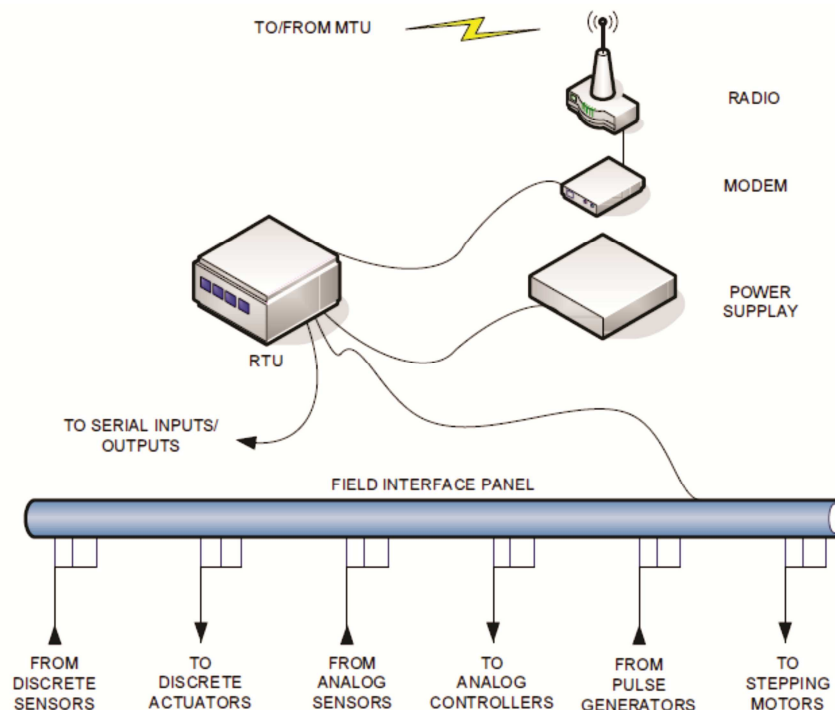


Slika 12. Osnovne komponente SCADA sistema

MTU mora komunicirati sa RTU (*Remote Terminal Unit*), stanicama koje su udaljene od centralne lokacije. Sistemi SCADA mogu imati od nekoliko do nekoliko stotina RTU – a. Postoji više uobičajenih načina komunikacije: pomoću mreže (optički ili kablovi od bakra), javne tele-komunikacione mreže ili radio veze. U bilo kom slučaju komunikacije potreban je modem. Neki SCADA sistemi mogu koristiti kombinaciju radio i telefonskih linija za komunikaciju. Jedna od bitnijih odlika SCADA sistema je jednostavnost procesa.

U mnogim aplikacijama se od MTU – a zahteva komunikacija sa ostalim računarima u sistemu. U novijim SCADA sistemima te komunikacije odvijaju se pomoću LAN (*Local Area Network*) mreža. Na ovaj način je omogućen nadzor i kontrola nad SCADA – om sa bilo kog računara koji je spojen na LAN mrežu.

Na slici br. 13 je predstavljen RTU i njegove veze. Kao što je ranije spomenuto RTU komunicira sa MTU – om pomoću moduliranog signala preko kablova ili radio veze. Svaki RTU mora primiti poruku, dekodirati, razumeti, i odgovoriti na istu. Odgovor na poruku može biti veoma složena radnja. To može biti provera trenutnog položaja opreme na terenu, upoređenje trenutnog stanja sa željenim, slanje električnog signala opremi na terenu sa zahtevom za promenu stanja, proveru stanja opreme kako bi se potvrdilo izvršenje naredbe i slanje poruke o promenjenom stanju MTU – u.



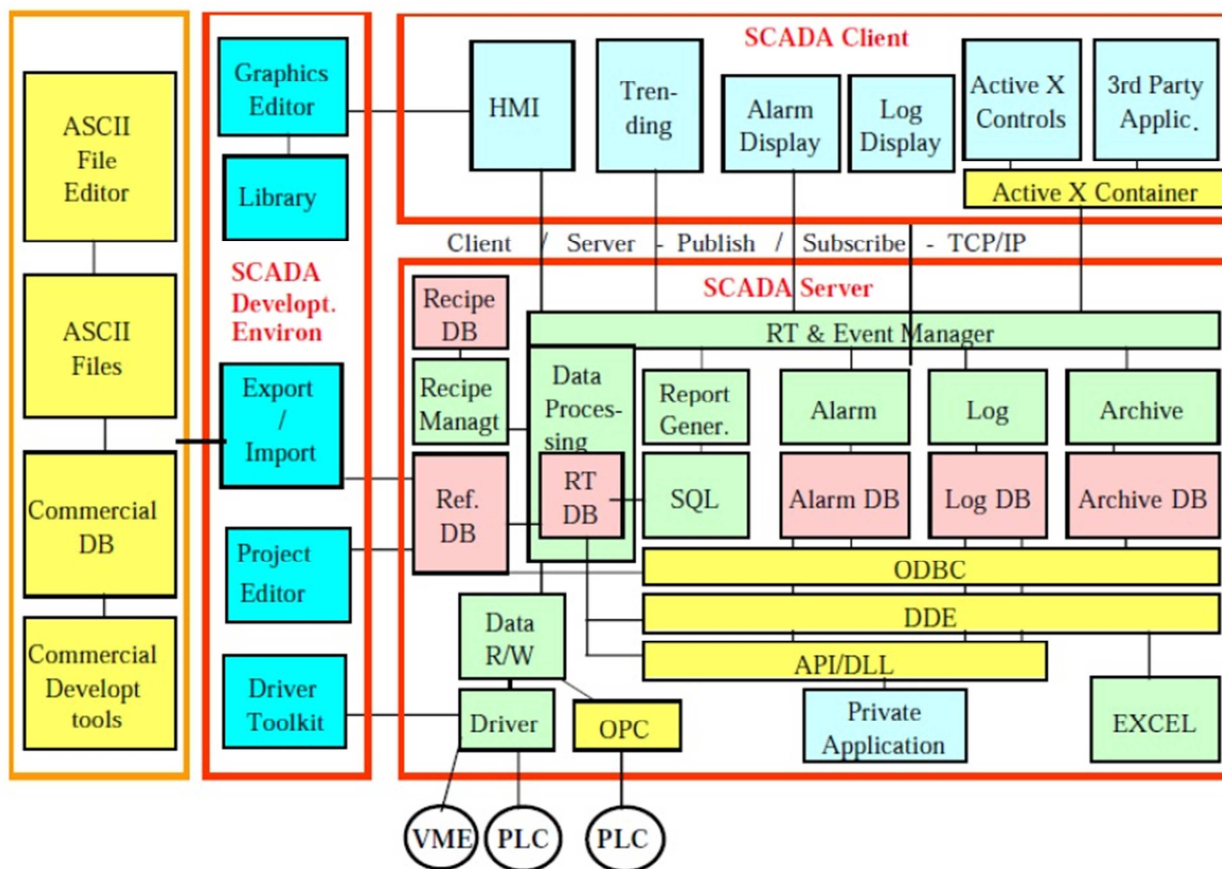
Slika br 13. RTU Remote Terminal Unit

Upravo je zbog ovakvih složenih zahteva, većina RTU – a bazirana na tehnologiji računara. Konekcija između RTU – a i opreme na terenu najčešće se izvodi bakrenim vodovima. Obično se senzori i aktuatori napajaju električnom oprenom od strane RTU – a. U zavisnosti od zahteva za pouzdanošću, u SCADA sistemu može se pojaviti potreba za upotrebom besprekidnih napajanja UPS (*Uninterruptible Power Supply*) kako bi se sistem osigurao od nestanka električne energije. Takvi zahtevi su najizraženiji u sistemima implementiranim u elektro – energetskim sistemima.

Baš kao što MTU skenira svaki RTU, tako RTU skenira svaki sensor i aktuator spojen na njega. Međutim RTU – ovo skeniranje obavlja se na mnogo višoj brzini od skeniranja MTU – a.

8.9 Arhitektura softvera

SCADA proizvodi podržavaju rad sa više zadataka istovremeno (*Multitasking*) i utemeljeni su na bazi podataka u realnom vremenu RTDB (*Real Time Database*) smeštenoj na jednom ili više servera. Serveri su odgovorni za prikupljanje i upravljanje podacima (npr. ispitivački kontroleri, provera alarma, proračuni, zapisivanje, arhiviranje) nad skupom parametara, obično one na koji su spojeni. Međutim, nemoguće je imati namenske servere za određene zadatke.



Slika 14. Arhitektura SCADA softvera

9. Komunikacija

Komunikacija je kretanje podataka sa jedne lokacije na drugu. Da bi komunikacija bila ostvarena moraju biti zadovoljeni određeni kriterijumi. Prvo, mora postojati komunikaciona putanja (medijum preko koga će podaci putovati). Drugo, mora postojati oprema na početku putanje za slanje podataka, kako bi se podaci prebacili u formu koja se može poslati putem komunikacionog kanala. Treće, mora postojati oprema na kraju putanje koja će primiti poslate podatke, i razumeti značenje iste.

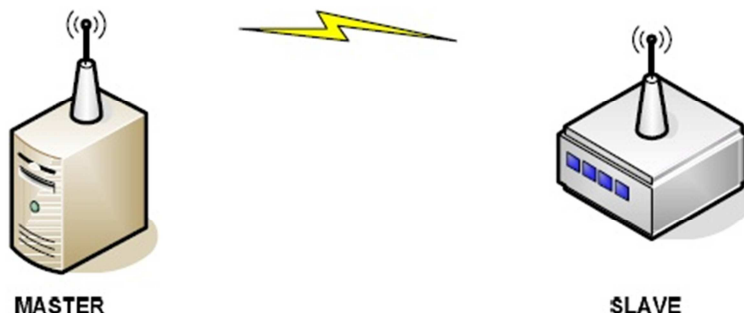
9.1 Arhitektura komunikacije

Postoje tri glavne arhitekture komunikacije koje razlikujemo na fizičkom nivou, a koje se mogu kombinovati u jednom komunikacijskom sistemu.

- *Point-to-point* arhitektura
- *Multi-point* arhitektura
- *Arhitektura relejne stanice*

9.2 Point-to-point arhitektura

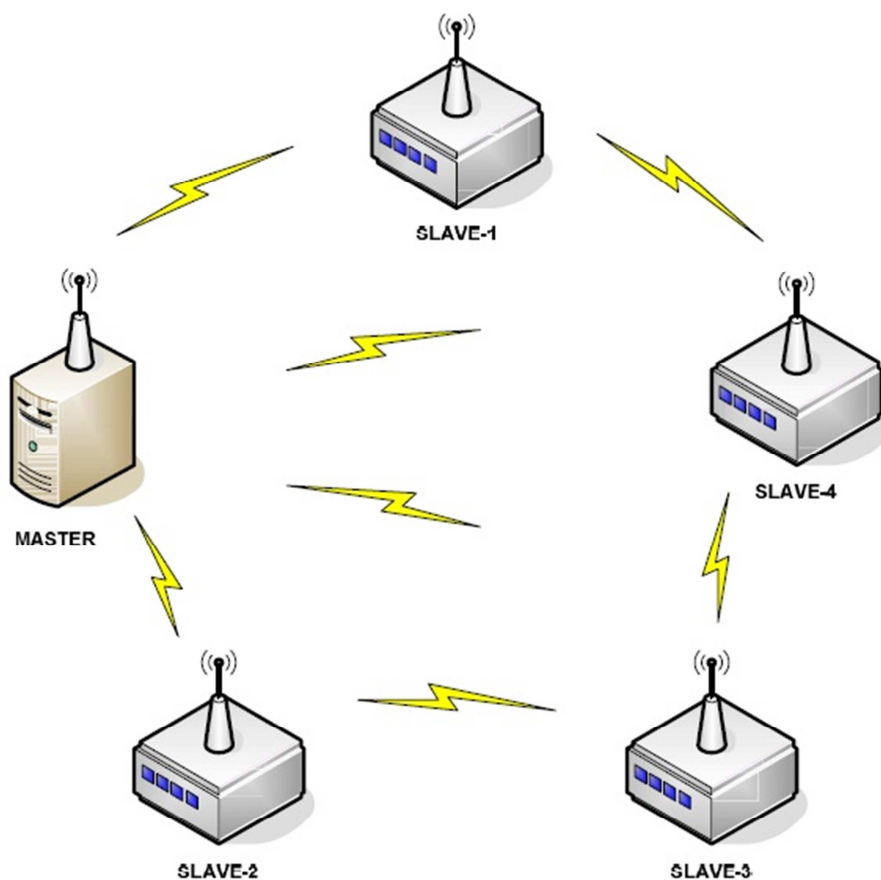
Ovo je jednostavna konfiguracija, podaci se izmenjuju samo između dve stanice. Jedna stanica se može postaviti kao *master*, a druga kao *slave*.



Slika 15. Point-to-point arhitektura

9.3 Multi-point arhitektura

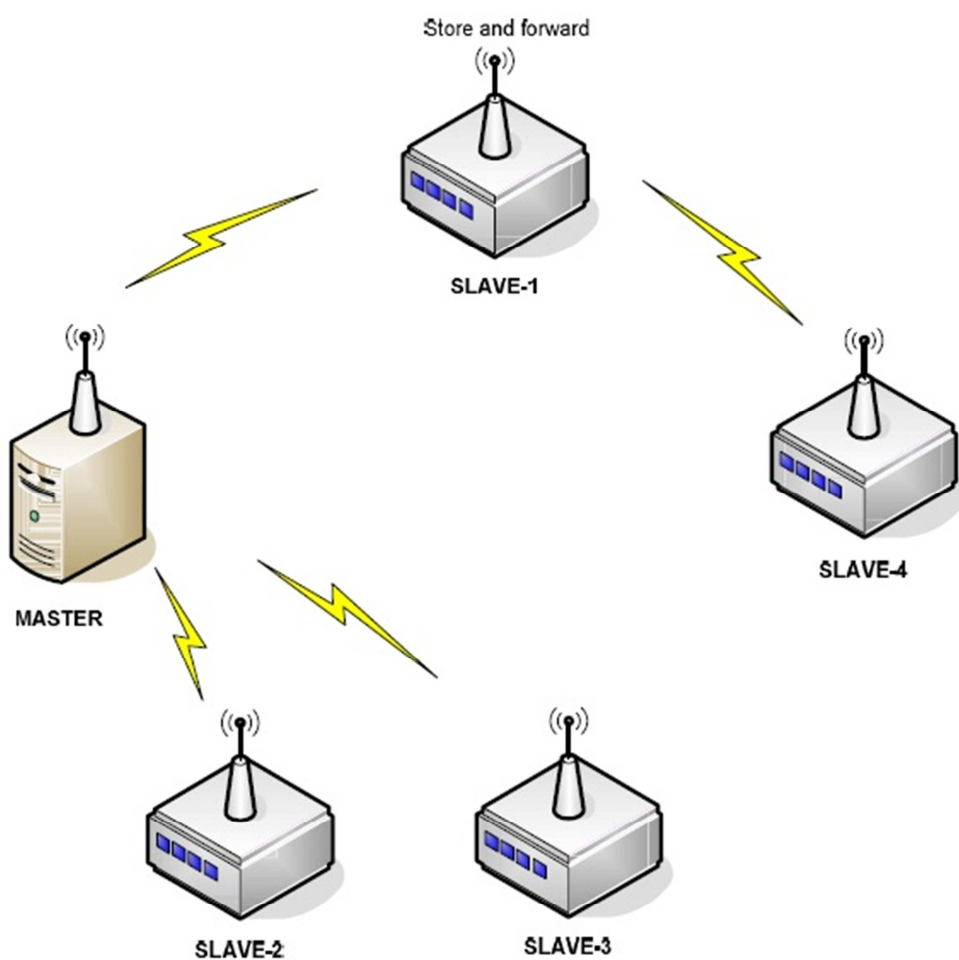
U ovoj konfiguraciji se po pravilu nalazi jedan *master* i više *slave* – a. Uobičajena komunikacija odvija se između *master* – a i svakog *slave* – a. Ukoliko dva *slave* – a imaju potrebu za komunikacijom to čine preko *master* – a koji se u tom slučaju ponaša kao posrednik ili moderator. Moguće je i alternativno rešenje u kome sve stanice deluju u *peer-to-peer* odnosu. Ovakva konfiguracija je kompleksnija i zahteva upotrebu sofisticiranih protokola za upravljanjem sukobima između dve stanice koje žele slati podatke istovremeno.



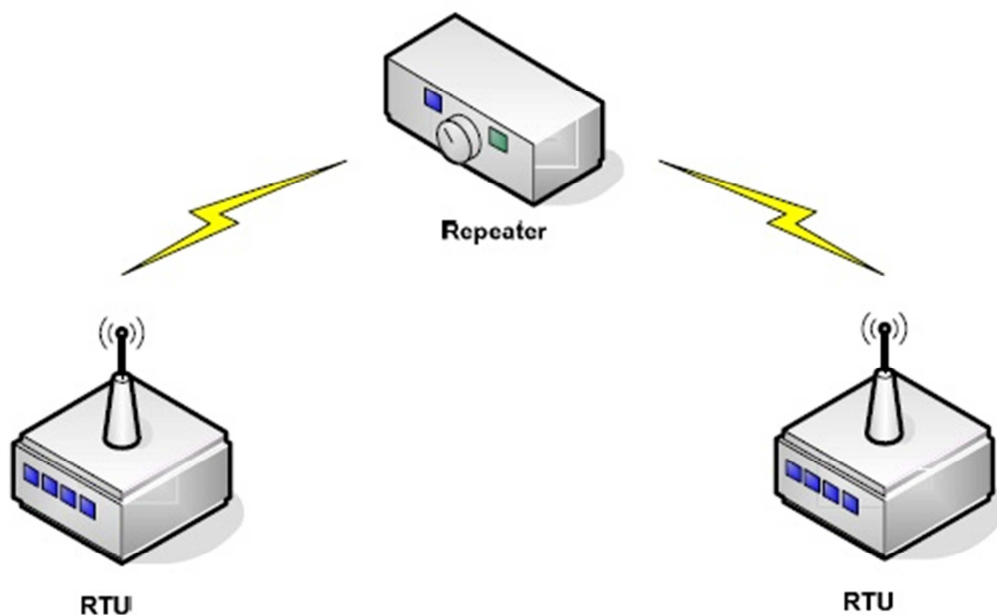
Slika 16. Multi-hop arhitektura

9.4 Arhitektura relejne stanice

U ovoj arhitekturi postoje dve mogućnosti, i to: sačuvaj i prosledi (*store and forward*) ili komunikacija preko posrednika. Sačuvaj i prosledi relejna operacija može biti komponenta ranije spomenutih arhitektura. Primenjuje se kada stanica prosleđuje poruku drugoj stanici koja je izvan dometa glavne stanice. Stanica koja prosleđuje poruke često se naziva sačuvaj i prosledi relejna stanica (*store and forward relay station*).



Slika 17. Store and forward



Slika 18. Razgovor preko proslednika

9.5 Komunikacija u SCADA sistemu

S obzirom da se SCADA sistemi sastoje od jednog ili više MTU – a koji šalju instrukcije i primaju podatke od jednog ili više RTU – a jasno je da su komunikacije jedan od vitalnih delova za funkcionisanje sistema. Instalacija SCADA – e je obično opravdana zbog udaljenosti od lokacije i teškoća ili troškova upravljanja. U nekim slučajevima je opasno, ne zdravo ili jednostavno nemoguće da operater bude na mestu odvijanja procesa koji se prati.

Dokle god se bilo kakva vrsta komunikacije može ostvariti između udaljenih lokacija i centralne glavne stanice, podaci mogu prolaziti. Ako se veza ne može ostvariti, nemoguće je razviti i SCADA sistem.

9.6 Bežična komunikacija preko GSM mreže

Gledano opšte bežična komunikacija ima prednost nad žičnom komunikacijom ukoliko se radi o sistemima (ili delovima sistema) na ne pristupačnim lokacijama ili sistemima sa promenljivim lokacijama. Pri tome, nije neophodno da ovi sistemi zauzimaju izuzetno velike površine, kao što su na primer, regionalni sistemi za snabdevanje vodom kod kojih se bunari nalaze raspoređeni po celom regionu, ili elektroenergetski sistemi koji povezuju sve elektrane u mreži. Problem fiksne žične veze može da se javi i na veoma malom prostoru, pri realizaciji fleksibilnog sistema upravljanja kod koga će pojedini elementi povremeno menjati mesto i položaj, što onda zahteva i novo žičenje.

U početku bežične računarske mreže realizovane su preko bežičnog LAN-a. Ovaj naziv se zapravo odnosi na komunikaciju koja se obavlja u radio opsegu za koji nije potrebna posebna dozvola, pri čemu se koristi IEEE 802.11 protokol. Normalni radni domet je nekoliko stotina metara, a maksimalno se sa usmerenom antenom može ostvariti do 10 kilometara. (Ograničenja proističu iz međunarodne regulative koja definiše maksimalnu snagu koja se može koristiti pri emitovanju.)

Za realizaciju merenja na daljinu najčešće se koriste radio-modemi koji podatke prenose preko VHF i UHF radio kanala. Pri tome da bi se obezbedila pouzdana komunikacija, neophodno je da se koriste veoma robusni protokoli. Ovako formirana mreža može biti potpuno nezavisna, ukoliko se obezbedi poseban radio kanal. Jednom rečju, ova mreža može biti izuzetno pouzdana, ali je zato cena njene realizacije velika. Pored toga, mreža je ograničenog dometa. Ona zapravo pokriva ono područje koje je obuhvaćeno postavljenim antenama. Ideja korišćenja GSM mreže (*mreže mobilne telefonije - Global System for Mobile Communication*) za komunikaciju pri realizaciji računarski upravljanih sistema je relativno novijeg datuma.

Po brzini i pouzdanosti ove mreže još uvek zaostaju za svim drugim računarskim mrežama i to je, verovatno, bio osnovni razlog da neko vreme one i nisu razmatrane kao moguće rešenje pri formiranju računarskih aplikacija. Sa druge strane, ova mreža nudi dve izuzetne prednosti: mobilnost mesta sa koga se pristupa mreži i gotovo univerzalnu pokrivenost mrežom. Drugim rečima, ona pruža mogućnost da se bez postavljanja posebne računarske mreže uspostavi komunikacija između računara i da, pri tome, sami čvorovi mreže neprekidno menjaju lokacije.

10. Funkcionalnost SCADA softvera

10.1 Kontrola pristupa

Korisnici se raspoređuju u grupe koje imaju definisane privilegije pristupa procesnim parametrima u sistemu kao i specifičnim funkcionalnostima proizvoda.

10.2 HMI Human Machine Interface

Human Machine Interface je sistem koji prezentuje procesne podatke operateru i kroz koji operater nadgleda i upravlja procesom. Predstavlja spoj iz kog informacije putuju od SCADA sistema do operatera i obrnuto.

HMI je obično povezan na bazu podataka i softver, kako bi omogućio praćenje trenda (dijagrama), dijagnostiku podataka i upravljanje informacijama kao što je planirano održavanje, logističke informacije ili detaljan nacrt pojedinog senzora ili mašine. Informacije u HMI sistemu se operateru prezentuju u grafičkom obliku. To znači da operater može videti šematski prikaz i stanje sistema kojim upravlja.

SCADA softveri podržavaju višestruke ekrane koji mogu sadržiti kombinacije sinoptičkih dijagrama i teksta. Oni takođe podržavaju i koncept „generičkog“ grafičkog objekta sa vezama na varijablama procesa.

Izvršavanjem funkcija HMI-a operater može:

- Prikazati status proizvodnje
- Pripremiti mašine
- Izvesti naredbe ili aktivirati određenu proizvodnju
- Izmeniti postojeće procese
- Upravlјati alarmima
- Upravlјati trendovima

10.3 Upravljanje alarmima

Upravljanje alarmima bazira se na ograničenjima proveri statusa. Komplikovaniji izraz alarma može se dobiti stvaranjem izvedenih parametara na čijem se statusu ili ograničenjima provera zatim izvršava.

Alarmima se upravlja centralno, odnosno informacija postoji samo na jednom mestu i svi korisnici vide isti status, takođe su podržani i višestruki prioritetni alarmni nivoi. U principu je moguće grupisati alarme i njima upravljati kao jednim entitetom. Dalje je moguće obustaviti alarm individualno ili celu grupu alarma. U sistemu je moguće filtriranje alarma vidljivih na stranici alarma ili prilikom pregleda zapisa alarma. Filtriranje se može vršiti po prioritetu, vremenu, ili grupi alarma. Međutim, odnosi među alarmima se uopšteno ne mogu jednostavno definisati. *E-mail* poruke mogu se generisati ili predefinisati akcije za automatsko izvršavanje kao reakcija na alarmno stanje.

Postoje dva ekonomska opravdanja za ugradnju SCADA sistema, a to su održavanje proizvodnog procesa i brzo ponovno pokretanje proizvodnog sistema nakon prekida.

Kada sigurnosni sistem isključi sistem, operater mora biti savetovan kako bi se takvo stanje izmenilo, odnosno kako bi se vreme zaustavljanja proizvodnje smanjilo. U tu svrhu MTU tretira alarme na poseban način. RTU alarme tretira na isti način kao i sve ostale statusne tačke. Oni postoje kao naponski nivo na izlazu fizičkih ili elektronskih prekidača i utiču na registrovanje i promenu pozicije unutar sistema.

Stanje svake tačke koja je identifikovana kao alarmna tačka upoređuje se sa prethodno skeniranim stanjem, ukoliko je vrednost tačke ista MTU prelazi na sledeću, a ukoliko je vrednost različita ulazi u stanje alarma.

SCADA sistemi mogu nadzirati hiljade alarma. Stanje u kome je stotinu alarma aktivno i operater se o njima obaveštava prilikom svakog skeniranja može dovesti do preopterećenja informacijama i ugroziti funkcionisanje sistema. Da bi se takvo stanje izbeglo koriste se izveštaji po izuzecima (*report by exception alarming*) koji obaveštavaju operatera samo onda kada se status alarma promenio. U velikim sistemima je čak i ovakva količina informacija ponekad previše.

10.4 Automatizacija

Većina proizvoda dozvoljava automatsko pokretanje akcije inicirane od strane nekog događaja. Skriptni jezik omogućen od strane SCADA proizvoda dozvoljava definisanje tih akcija. Jedna takva akcija može podignuti određeni prozor na monitoru, poslati *e-mail*, pokrenuti unapred definisanu aplikaciju ili skriptu koja će nešto upisati u RTDB. Koncept recepata je podržan, gde određena podešavanja sistema može sačuvati u datoteku i kasnije učitati po potrebi.

10.5 Sigurnost SCADA sistema

Iz razloga učinkovitosti, održavanja i ekonomičnosti SCADA platforme evoluirale su iz izolovanih internih mreža sa osnovnom opremom u sisteme koji su postali bazirani na PC računarima koji koriste standardne softvere, mrežne protokole i internet. Loša strana ove transformacije je izlaganje SCADA sistema istim ranjivostima i pretnjama koje napadaju PC sisteme bazirane na WINDOWS operacionim sistemima kao i njegove pripadajuće mreže. Neki od tipičnih napada koji se mogu upotrebiti protiv SCADA sistema koji koriste standardnu opremu su:

- Maliciozni kodovi kao što su virusi, trojanci i crvi
- Neautorizovano otkrivanje kritičnih podataka
- Neautorizovana izmena i manipulacija kritičnim podacima
- Uskraćivanje servisa

Većina SCADA sistema, posebno lokalni PLC kontroleri, moraju delovati u realnom vremenu. Iz tog razloga ne mogu se dozvoliti kašnjenja koja bi program za proveru sigurnosti mogao stvoriti. Takvo uplitanje bi se odrazilo na kritične upravljačke odluke što bi moglo imati uticaja na sigurnost zaposlenih, kvalitet proizvoda i troškove procesa. Takođe, SCADA komponente u postrojenju obično nemaju u sebi dovoljno pristupne memorije u koju bih sačuvali relativno velike programe povezane sa sigurnosnim aktivnostima.

Konvencionalni sistemi informacionih tehnologija brinu se za unutrašnje i spoljašnje povezivanje, produktivnost, sigurnosne mehanizme za autentifikaciju i autorizaciju kao i za tri glavna načela informacione sigurnosti: poverljivost, dostupnost i integritet. Isto tako, SCADA sistemi ističu pouzdanost, rad u realnom vremenu, toleranciju u hitnim situacijama gde zahtev može biti pogrešno unešen, sigurnost osoblja, kvalitet proizvoda i sigurnost postrojenja.

11. Realizacija računarske mreže

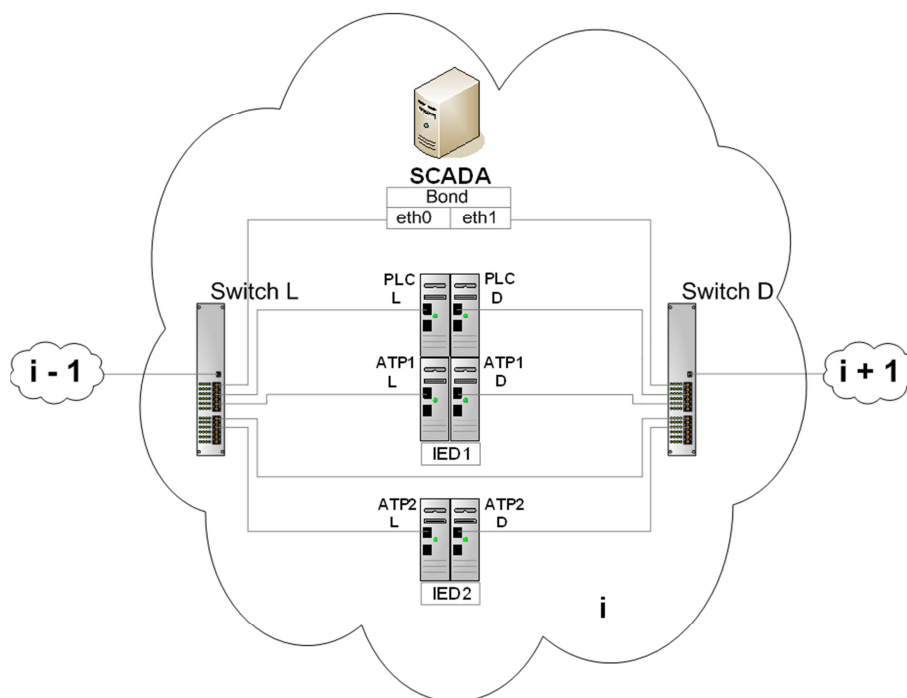
Projektima zamene komandnih tabli agregata (KTA) i uključenjem sistema Vlasinskih HE u TSU EPS-a, javila se potreba za projektovanjem nove topologije računarske upravljačke mreže na HE "Vrla 1".

Topologija mreže je projektovana da zadovolji zahteve performansi i redundanse unutar mreže KTA, da omogući uključenje svih KTA i sistema gornje zatvaračnice po dva redundantna komunikaciona pravca i ostalih uređaja u elektrani u jedinstvenu mrežu elektrane sa centralnim SCADA sistemom elektrane. Mreža HE Vrla 1 je putem gejtveja priključena u mrežu Vlasinskih HE sa centralnim SCADA sistemom Vlasinskih HE.

12. Tehničko rešenje

Upravljački deo KTA je projektovan na bazi SCADA sistema "VIEW6000 H-Power" i upravljačkih jedinica tipa ATLAS MAX RTL u redundantnoj konfiguraciji, proizvođača IMP-Automatika, Beograd. Upravljačka mreža u KTA je realizovana "ALLIED TELESIS" switch uređajima.

Topologija mreže (Slika 19.) je projektovana tako da zadovolji uslove redundanse kako između procesnih jedinica (PLC), tako i između jedinica za komunikaciju (ATP) sa IED modulima. Upravljačko nadzorni sistem SCADA na touchscreen monitoru, baziran na sistemu VIEW6000 H-Power je takođe redundantno vezan u mrežu KTA, putem bonding tehnologije.



Slika br. 19. Topologija mreže KTA

Za omogućenje ovakve topologije mreže bez stvaranja *loop-back* efekta na mreži korišćena je "Rapid Spanning Tree Protocol" (RSTP) tehnologija na ALLIED TELESIS switch uređajima. RSTP je tehnologija uvedena u IEEE standarde 2001-e godine kao 802.1w i omogućava dovoljno brzu konvergenciju kroz mrežu u smislu pretrage promene u topologiji mreže. Da bi se maksimalno ubrzala pretraga RSTP mehanizma za promenama u topologiji, skeniranje RSTP tehnologijom je postavljeno samo na

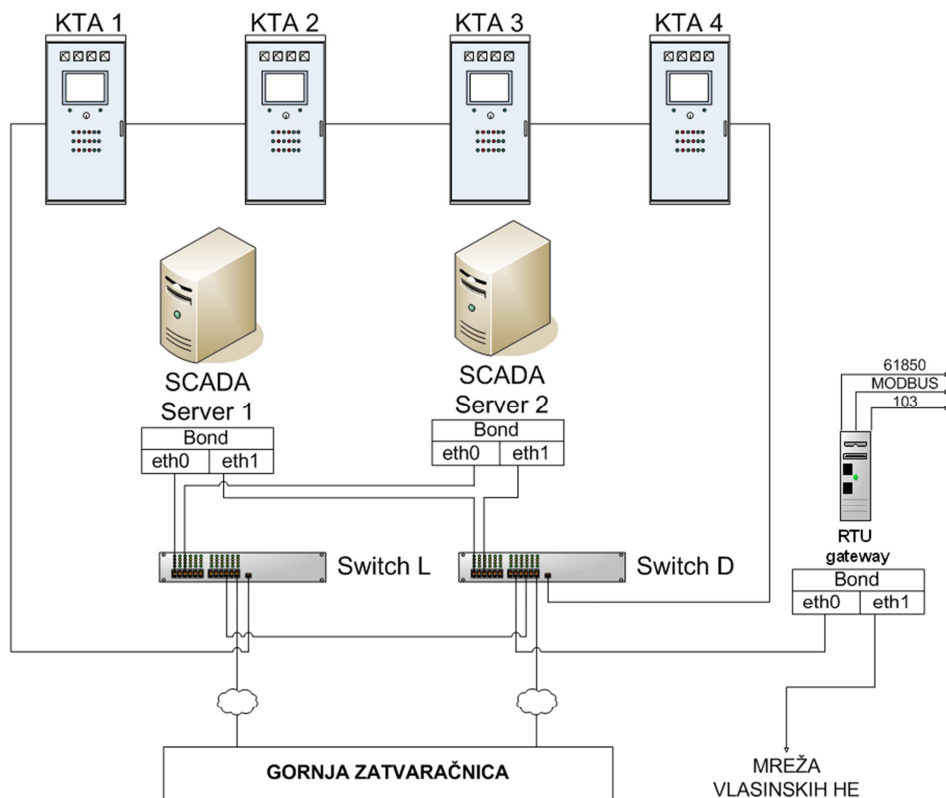
portovima gde je moguće izazvati *loop-back* efekat.

Za realizaciju što bržeg saobraćaja unutar KTA takođe su razdvojene dve mreže:

- procesna mreža (mreža komunikacije PLC sa SCADA sistemima),
- stanična mreža (mreža komunikacije PLC sa ATP jedinicama).

Razdvajanje mreža je realizovano podelom ALLIED TELESIS *switch* - eva na dva VLAN-a. Ovakva konfiguracija je moguća na ALLIED TELESIS *switch* uređajima pod uslovom da RSTP tehnologija bude korišćena samo unutar jednog VLAN-a. Topologija mreže govori da u staničnoj mreži nema bojazni od *loop-back* efekta, tako da je RSTP tehnika korišćena samo na portovima unutar VLAN-a procesne mreže.

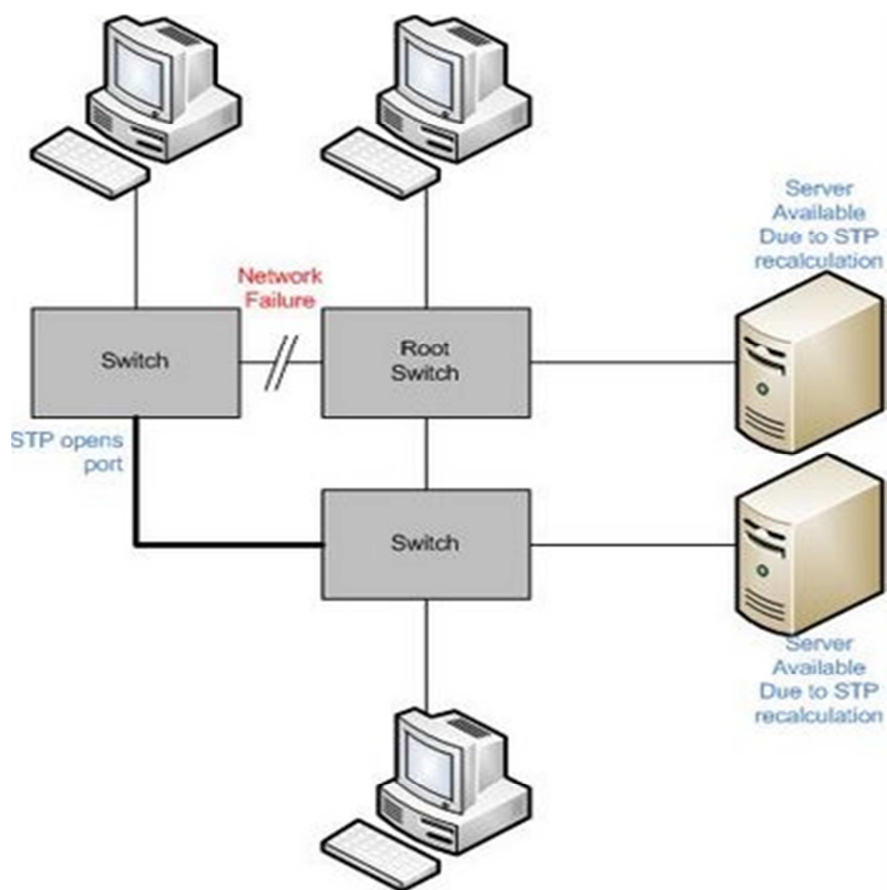
KTA su međusobno sa centralnim swichevima elektrane (ALLIED TELESIS u redundantnoj konfiguraciji) vezane u prsten kojim su svakom uređaju omogućena dva redundantna pravca komunikacije (Slika 20). Portovi na kojima se podsistemi međusobno vezuju su predefinisani da ulaze u obradu RSTP tehnikom. Ostali sistemi elektrane su na centralne swicheve vezani u zvezdu.



Slika 20. Topologija mreže elektrane

12.1 Spanning Tree Protocol – STP (Standard IEEE 802.1D)

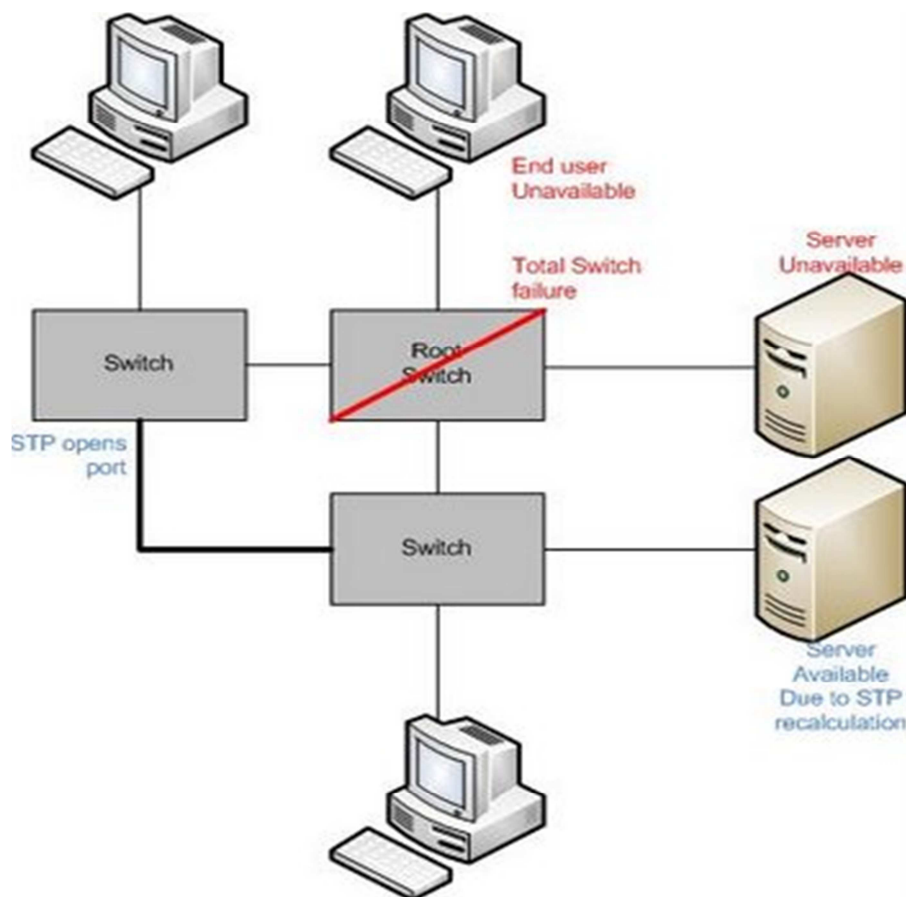
STP protokol omogućuje administratoru mreže da kreira mrežu tolerantnu na otkaze u njoj. Na slici (Slika br. 21) predstavljena je mreža sa tri sviča koja je tolerantna na greške i otkaze. Slika opisuje situaciju u kojoj je jedan od linkova otkazao, STP detektovao otkazali link, i otvorio prethodno blokirani port da bi ponovo uspostavio vezu.



Slika br. 21

Do ove situacije može doći ukoliko se desi prekid kabla, ili neko ne namerno isključi pogrešan port.

Na slici br. 22 opisan je totalni gubitak sviča, *root* svič koji je prestao da radi u ovoj situaciji, STP će detektovati izgubljenu vezu i otvoriti prethodno blokirani port tako da najmanje dva sekundarna sviča mogu održavati komunikaciju.



Slika br. 22

Redundantnost povećava dostupnost mrežne topologije štiteći mrežu od padova, kvarova pojedinačnih tačaka u mreži, kao što su neispravni mrežni kablovi ili *switch*-evi. Kada se redundantnost uvede u dizajn sloja 2, petlje i dupli frame-ovi se mogu pojaviti. Petlje i dupli frame-ovi mogu imati više posledica na mrežu.

Spanning tree protokol je razvijen kako bi rešio te probleme. STP osigurava da postoji samo jedan logički put između svih destinacija na mreži namernom blokadom suvišnih puteva koji bi mogli izazvati petlje. Port se smatra blokiranim kada je mrežni paket spečen da uđe ili izađe iz tog porta. Blokiranje suvišnih puteva je ključno u suzbijanju nastajanja petlji na mreži. Fizički putevi i dalje postoje da bi osigurali redundantnost, ali su ti putevi onemogućeni kako bi se sprečilo nastajanje petlji. Ako je

put ikada potreban za kompenzaciju neispravnog mrežnog kabla ili *switcha*, STP ponovo izračunava puteve i odblokira portove kako bi dopustio redundantnom putu da bude aktivan.

STP koristi spanning tree algoritam da bi utvrdio koji portovi na *switch-u* u mreži moraju biti blokirani kako bi se sprečilo nastajanje petlji. STA (*spanning tree algoritam*) određuje pojedini *switch* kao root bridge i koristi ga kao referentnu tačku za sva izračunavanja puteva. Root bridge razmenjuje informacije o topologiji sa određenim bridge-ovima u spanning tree implementaciji u svrhu obaveštavanja svi ostalih bridge-eva u mreži da su potrebne promene u topologiji.

Svi *switch-evi* koji učestvuju u STP razmenjuju BPDU frame - ove kako bi utvrdili koji *switch* ima najniži bridge broj (BID) na mreži. *Switch* sa najnižim BID-om automatski postaje root bridge za STP kalkulacije.

Bridge protocol data unit (BPDU) je poruka koja se razmenjuje između *switch-eva* za STP. Svaki BPDU sadrži BID koji identifikuje *switch-eve* koji šalju taj BPDU. BID poseduje priority value (vrednost prioriteta), MAC adresu *switch-a*, i optimalni prošireni sistem ID. Nakon što je određen root bridge, STA računa najkraći put do root bridgea. Svaki *switch* koristi STA kako bi odredio koje portove blokirati. Dok STA određuje najbolji put do root bridgea za sva odredišta u broadcast domenu, sav se saobraćaj sprečava u slanju kroz mrežu. STA razmatra i put i *port cost* prilikom odlučivanja o tome koji port ostaviti neblokirano.

Path cost (trošak puta) se računa koristeći *port cost* vrednosti povezane sa brzinom porta za svaki port *switch-a* uzduž zadanog puta. Suma port cost vrednosti određuje celokupan path cost za root bridge. Ako postoji više puteva za biranje, STA odabere put sa najmanjom path cost vrednošću. Kada STA odredi koji će putevi ostati slobodni, on konfiguriše *switch* portove sa jasnim zadatkom. Port uloge opisuju njihovu ulogu u mreži u odnosu na root bridge.

Definišu se 4 tipa porta:

- Root ports (RP) – portovi najbliži root bridge-u
- Designated ports (DP) – non root portovi koji imaju najmanji Path Cost do root bridge-a. Ako ima više njih koji oglašavaju najmanji Path Cost, bira se port na *switch-u* koji ima najmanji Bridge ID.
- Non-designated ports (BP) – svi portovi koji su blokirani u svrhu sprečavanja nastajanja petlji.

12.2 STP stanja portova

Dok *switch* izvršava Spanning Tree Protokol, *switch* port može biti u bilo kom od sledećih pet stanja:

- Blocking, ne prosleđuju se frame-ovi, primaju se BPDU-ovi,
- Listening, ne prosleđuju se frame-ovi, primaju se BPDU-ovi,
- Learning, ne prosleđuju se frame-ovi, uče se MAC adrese,
- Forwarding, prosleđuju se frame-ovi, uče se MAC adrese,
- Disabled, Spanning tree administrativno isključen.

Određivanje spanning tree traje oko 30 sekundi, od blocking stanja porta do forwarding stanja porta (kada je port upotrebljiv) prolazi oko 30 sekundi.

12.3 Rapid Spanning Tree Protokol – RSTP (Standard IEEE 802.1W)

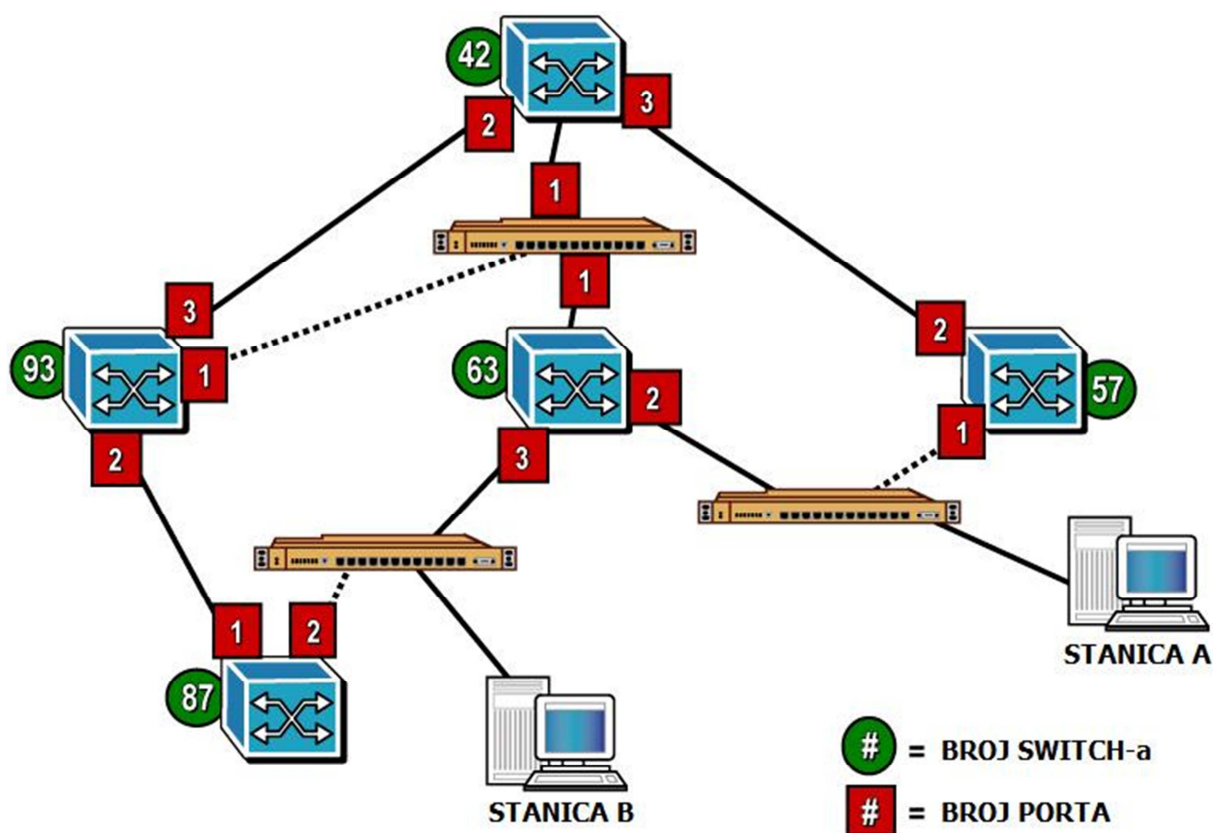
RSTP je unapređena verzija STP protokola. RSTP je napravljen da bude kompatibilan sa standardnim STP protokolom. RSTP omogućava znatno bržu konvergenciju prilikom promene u topologiji. STP je potrebno 30 do 50 sekundi da odgovori na promenu u topologiji, RSTP to radi znatno brže za 1 do 2 sekunde.

Osnovne razlike su:

- Jasnija definicija tipova portova
- Definicija tipova linkova koji odmah mogu otići u forwarding stanje
- Svaki *switch* u konvergiranoj mreži šalje BPDU
- Tipovi Linkova
- Point to point – direktna veza između *switch*-eva
- Edge type – veza između *switch*-a i krajnjih uređaja
- Shared – veza preko deljenog segmenta
- Nove uloge portova
- Alternate – najbolji posle RP, spreman da preuzme ulogu RP u slučaju da RP prestane da dobija Hello poruke
- Backup – alternativni designated port (DP), najbolji posle DP, koristi se samo kada je *switch* povezan sa više veza na hab.

12.4 Spanning Tree

Da bi mreža ethernet bridge-va i switch-eva funkcionisala, topologija prosleđivanja frame-ova mora biti aciklična (bez petlji), tj. u obliku stabla – spanning tree. Spanning tree se dobija od postojeće mreže bridge/switch-eva, tako što se deaktiviraju linkovi koji prave petlje. Čvorovi su bridge-vi i switch-evi, grane su linkovi koji ih povezuju, a uređaj na vrhu stable se naziva root bridge.

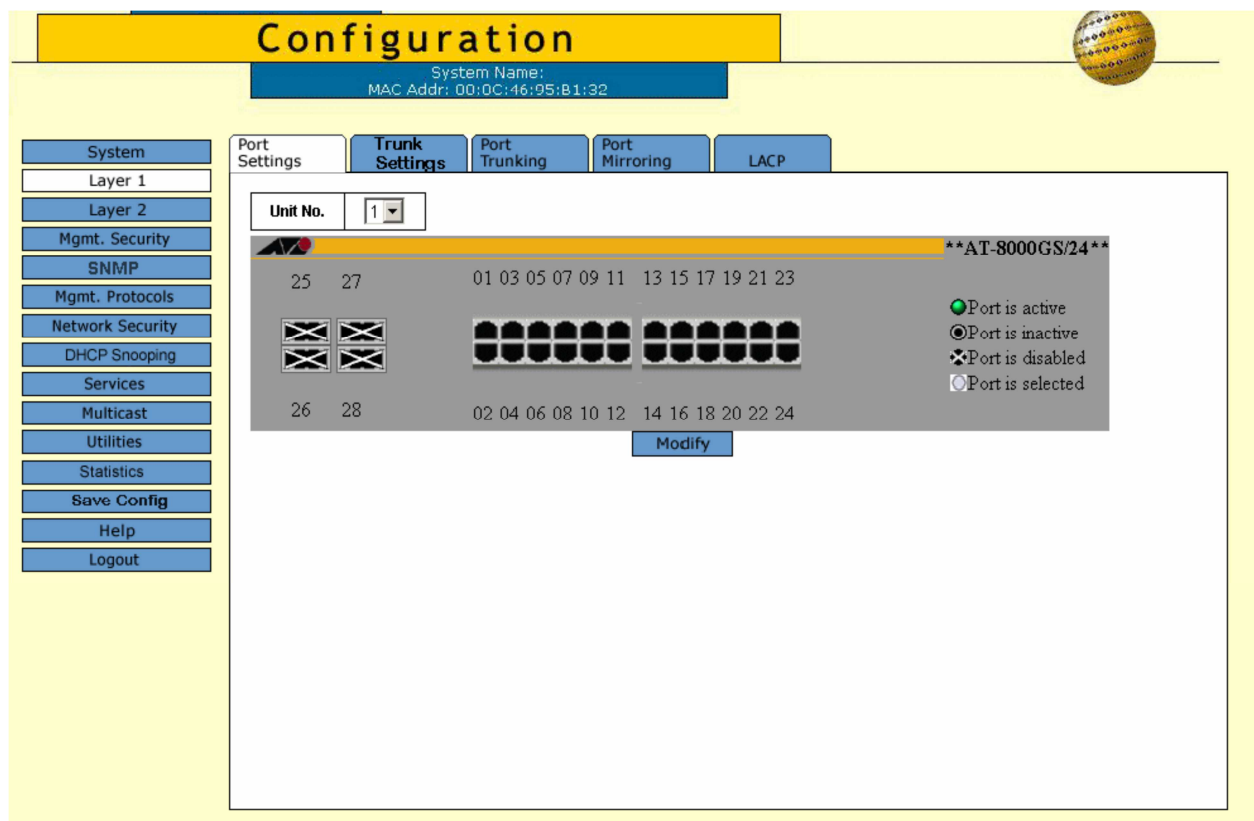


Slika 23. Primer spanning tree

Switch 42 je u ovom slučaju (Slika br. 23) root bridge. Može biti samo jedan root bridge u datoj mreži. Switch 57, 93 i 87 imaju redundantne portove koji su blokirani. Switch 57 i 87 su na kraju linije i oni će proslediti frame-ove na sve zakačene kompjutere (nisu prikazani na slici), ali nikada neće proslediti frame na blokirani port niti prihvatiti frame sa blokiranog porta. Switch 93 prosleđuje frame-ove između portova 2 i 3, dok je port 1 blokirani.

12.5 Switch (Allied Telesis AT8000-S)

Za realizaciju računarske mreže korišćen je *switch* Allied Telesis AT8000-S. U daljem tekstu biće objašnjeno konfigurisanje protokola na samom *switch* – u.



Slika br. 25 Configuration

12.6 Konfigurisanje STP protokola

Spanning Tree Protocol (STP) sadrži parametre koji uključuju i konfigurišu STP na samom uređaju.

Uključenje STP na uređaju:

1. Klik na *layer 2>Spanning Tree*. *Spanning Tree* strana otvara sledeći sadržaj:

The screenshot shows a web-based configuration interface for a network device. The main title is "Configuration". Below it, there's a status bar showing "System Name:" and "MAC Addr: 00:0C:46:95:B1:32". On the left, there's a sidebar with various configuration categories: System, Layer 1, Layer 2 (selected), Mgmt. Security, SNMP, Mgmt. Protocols, Network Security, DHCP Snooping, Services, Multicast, Utilities, Statistics, Save Config, Help, and Logout. The main content area is titled "Spanning Tree" and contains several sections: "STP General" with "Spanning Tree State" (set to Enable) and "STP Operation Mode" (set to Rapid STP); "Bridge Settings" with "Priority" (set to 20) and "Hello Time" (set to 2 seconds); "Designated Root" with "Root Bridge ID" and "Root Path Cost". There are also buttons for "Apply" and "Configure".

Slika br. 26 Configuration STP

STP General sekcija strane *Spanning Tree* sadrži sledeća polja:

- *Spanning Tree State* – Indicira da li je STP uključen na uređaju. Moguće vrednosti polja su:
 - *Enable* – Uključuje STP na uređaju.
 - *Disable* – Isključuje STP na uređaju.

- *STP Operation mode* – određuje koja vrsta STP protokola je uključena na uređaju. Moguće vrednosti polja su:
 - *Classic STP* – Uključuje *Classic STP* na uređaju. Ova vrednost je *default* stanje.
 - *Rapid STP* – Uključuje *Rapid STP* na uređaju.
 - *Multiple STP* – Uključuje *Multiple STP* na uređaju.
- *BDPU Handling* – Određuje kako su BDPU paketi upravljani kada je STP isključen na portu ili uređaju. BDPU – ovi su upotrebljeni za emitovanje *spanning tree* informacija. Moguće vrednosti su:
 - *Filtering* – Filtriranje BDPU paketa kada je *spanning tree* isključen u interfejsu.
 - *Flooding* – Poplavljivanje BDPU paketa kada je *spanning tree* isključen u interfejsu. Ova vrednost je *default* stanje.
- *Path Cost Default Values* – Definiše metodu upotrebljenu za dodeljivanje putanje. Vrednosti su:
 - *Short*
 - *Long*

Podešavanje *Bridge* – a za *Spanning Tree* protokol sadrži sledeća podešavanja:

- *Priority* – Određuje prioritet *bridge* – a. Kada *switch* ili *bridge* koriste STP, svakom je dodeljen prioritet. Nakon razmene BDPU – ova, uređaj sa najmanjim prioritetom postaje *ROOT Bridge*.

Određivanje *root* sekcije na stranici *Spanning Tree* sadrži sledeća podešavanja:

- *Bridge ID* – Identifikuje prioritet *bridge* – a i MAC adresu.
- *Root Bridge ID* - Identifikuje prioritet *root bridge* – a i MAC adresu.
- *Root Port* – Inicira broj porta koji ponudi najnižu vrednost.
- *Root Port Cost* – Vrednost putanje od ovog *bridge* – a do *root bridge* – a.
- *Topology Changes Costs* – Određuje broj promena.
- *Last Topology Change* – Indicira vremenski interval koji je prošao od trenutka kada je *bridge* inicijalizovan ili resetovan.

2. Kompletirana su sva generalna podešavanja STP – a.
3. Kliknuti *Apply*. Novi STP je podešen i uređaj je podešen.
4. Kliknutu *Save Config* u meniju i podešavanja su sačuvana permanentno.

12.7 Definisanje STP interfejsa

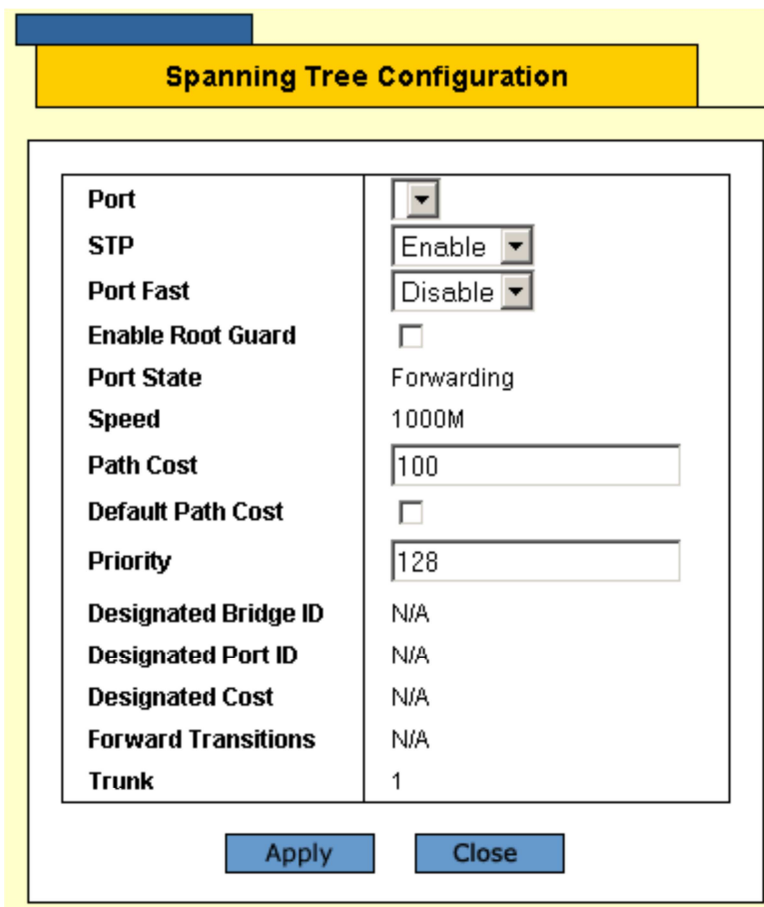
Administrator mreže može dodeliti STP podešavanja određenom interfejsu koristeći *STP Interface* stranicu.

#	Port	STP	Port Fast	Root Guard	Port State	Port Role	Speed	Path Cost	Priority	Designated Bridge ID	Designated Port ID	Designated Cost	Forward Transitions
1	1/g1	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
2	1/g2	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
3	1/g3	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
4	1/g4	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
5	1/g5	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
6	1/g6	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
7	1/g7	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
8	1/g8	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
9	1/g9	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
10	1/g10	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
11	1/g11	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
12	1/g12	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
13	1/g13	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A
14	1/g14	Disable	Auto	Disabled	Forwarding	Root	1000M	4	128	N/A	N/A	N/A	N/A

Slika br.27 Configuration STP

1. Klik na *Layer 2>Spanning Tree*.
2. Klik *Configure*. Dobija se *STP interface* stranica koja ima sadržaj sa slike br.?.

- Modifikovanje STP portova se vrši na STP *configuration* stranici. Slika br.



The image shows a 'Spanning Tree Configuration' dialog box. It has a yellow title bar and a yellow header area with the text 'Spanning Tree Configuration'. The main area is a table with two columns: configuration parameters on the left and their values on the right. At the bottom, there are two buttons: 'Apply' and 'Close'.

Port	
STP	Enable
Port Fast	Disable
Enable Root Guard	☐
Port State	Forwarding
Speed	1000M
Path Cost	100
Default Path Cost	☐
Priority	128
Designated Bridge ID	N/A
Designated Port ID	N/A
Designated Cost	N/A
Forward Transitions	N/A
Trunk	1

Slika br. 28 Configuration STP

12.8 Konfigurisanje RSTP protokola

Dok klasični STP sprečava da se vraćaju petlje u generalnu mrežnu topologiju, sastajanje može da traje između 30-60 sekundi. Ovo vreme može da odloži pronalazak mogućih petlji i propagira izmene topologije. RSTP *Rapid Spanning Tree Protocol* detektuje i koristi mrežnu topologiju koja dozvoljava bržu STP kovergenciju bez kreiranja petlji.

Definisanje RSTP na switch-u:

1. Klik na *Layer 2>RSTP>* Dobijamo sledeći prikaz

Configuration

System Name:
MAC Addr: 00:0C:46:95:B1:32

MAC Address VLAN VLAN Interface GVRP Spanning Tree RSTP MSTP MAC Based Groups

Ports of Unit 1 Trunks

	#	Interface	Role	Mode	Fast Link Operational Status	Point-to-Point Admin Status	Point-to-Point Operational Status	Activate Protocol Migration Test
☐	1	1/g1	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	2	1/g2	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	3	1/g3	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	4	1/g4	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	5	1/g5	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	6	1/g6	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	7	1/g7	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	8	1/g8	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	9	1/g9	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	10	1/g10	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	11	1/g11	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	12	1/g12	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	13	1/g13	Disable	STP	Disable	Disable		☐
☐	14	1/g14	Disable	STP	Disable	Disable		☐

Slika br. 29 Configuration RSTP

RSTP strana sadrži sledeća polja:

- Selektovanje interfejsa prikazanog u tabeli.
 - *Ports of Unit* – Određuje port i slaganje članova za koji su prikazana RSTP podešavanja.
 - *Trunk* – Određuje stablo za koje su prikazana RSTP podešavanja.

- *Interface* – Prikazuje port ili stablo na kome je RSTP uključen.
- *Role* – Prikazuje ulogu porta dodeljenu od strane STP algoritma koji obezbeđuje STP putanju. Moguće su sledeće vrednosti:
 - *Root* – Obezbeđuje *low cost* putanju kojom će se paketi kretati do *root switch* – a.
 - *Designated* – Port ili stablo kroz koje je određen *switch* prikačen na LAN.
 - *Alternate* – Obezbeđuje alternativnu putanju do *root switch* – a.
 - *Backup* – Obezbeđuje *backup* – putanju.
 - *Disabled* – port ne učestvuje STP.
- *Mode* – Prikazuje trenutno STP stanje. STP je selektovan na stranici *Spanning Tree*.
 - *STP* – klasični STP je aktivna na uređaju.
 - *Rapid STP* – je aktivan na uređaju.
- *Fast Link Operational Status*.
- *Point-to-Point Admin Status*.
- *Point-to-Point Operational Status*.
- *Activate Protocol Migration Test*.

Modifikovanje RSTP stranice:

RSTP Configuration	
Interface	☐ Unit No. v ☐ Port v ☐ Trunk v
Role	Disabled
Mode	STP
Fast Link Operational Status	Enable
Port State	Disabled
Point to Point Admin Status	Auto v
Point to Point Operational Status	Enable
Activate Protocol Migration Test	☐
Apply Close	

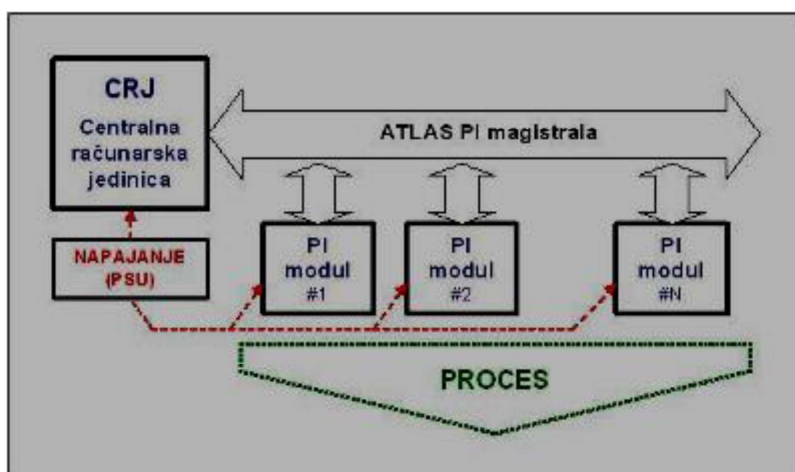
Slika br. 30 Configuration

12.9 Atlas Max RTL

Za realizaciju upravljačke mreže u Vlasinskoj hidro-elektrani “Vrla 2” korišten je upravo ATLAS MAX RTL.

ATLAS sistem predstavlja savremeni sistem za nadzor i upravljanje industrijskim i elektro-energetskim objektima posebno projektovan za najzahtevnije i najsloženije uslove procesnog okruženja. Da bi uspešno postigao ovaj cilj, ATLAS mora da zadovolji niz krajnje oštih operativnih i eksploatacionih zahteva, što podrazumeva i odgovarajuće vrhunske osobine samog sistema.

ATLAS predstavlja namenski procesni računar, koji je projektovan za najoštrije procesne uslove (ambijentalne i eksploatacione). Sama organizacija hardvera, u suštini odgovara uobičajenoj arhitekturi procesnih računara i može se dekomponovati u nekoliko funkcioanlnih delova, kao što je predstavljeno na Slici.



Slika br. 31 ATLAS MAX RTL

- Napajanje – PSU *Power Supply Unit*
- Centralna računarska jedinica – CRJ
- Procesni interfejs – veći broj različitih ulazno/izlaznih modula sprege sa procesom.

Predstavljena organizaciona podela sistema ATLAS je veoma opšta i strogo funkcionalna. Navedeni funkcionalni delovi se medjusobno značajno razlikuju po pitanju veličine, složenosti i karakteristika.

Osnovne osobine ATLAS sistema su:

- Fleksibilnost
- Skalabilnost
- Konektivnost
- Modularnost
- Pouzdanost



Slika br. 32 ATLAS sistem HE "Vrla 2"

Lokalna i udaljena komunikacija je obezbeđena dvosmernom razmenom podataka. Razmena podataka je osnovni posao ATLAS MAX RTL – a, podržan strane komunikacionih programskih modula, koji slede ISO/OSI referentni model.

Dva tipa komunikacionih kontrolera su potpuno podržana: asinhroni serijski (namenjen prvenstveno za udaljene komunikacije preko modema) i TCP/IP mrežna komunikacija (namenjena za LAN i WAN komunikaciju).

Međutim, oba tipa komunikacije mogu biti kombinovana i korišćena za lokalni i daljinski prenos podataka na više različitih načina. Primenjeni protokoli u razmeni podataka su usaglašeni sa postojećim standardima, i omogućuju jednostavno povezivanje sa nadređenim upravljačkim i distributivnim centrima, kao i korišćenje raznovrsne komunikacione opreme različitih proizvođača.



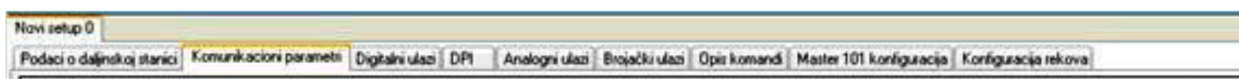
Slika br. 33 ATLAS sistem HE "Vrla 2"

On-line testiranje i dijagnostika je jedna od važnijih programskih karakteristika modula koji čini ATLAS sistem pouzdanim i tolerantnim na greške i otkaze. Istovremeno ovi programski moduli podupiru i redundantne visoko pouzdane konfiguracije sistema, preventivno održavanje i shodno tome povećanu raspoloživost sistema. Oni neprekidno nadgledaju sve bitne aktivnosti sistema (direktno ili indirektno), uz rano upozorenje ili alarmiranje kada uoče neki problem u radu. U pojedinim kritičnim situacijama, čak se i pokušava sa on-line otklanjanjem problema, resetovanjem pojedinačnih hardverskih i softverskih komponenti, preventivnom izolacijom i blokaom programa, pa sve do restartovanja celokupnog sistema ATLAS.

12.10 Konfigurisanje komunikacionih parametara

Rad sistema ATLAS je predodredjen njegovom konfiguracijom koja je zapisana u bazi konfiguracionih podataka. Inicijalno, konfiguracioni podaci su postavljeni na početne “default” vrednosti “factory defaults”, koje se mogu automatski prepisati shodno “plug-and-play” osobinama hardvera u vreme prvog starta sistema, ili ručno u SETUP režimu rada (uz pomoć programerskog terminala). To praktično znači da tokom redovnog rada sistema, izmedju dve SETUP procedure, konfiguracioni podaci ostaju neizmenjeni sačuvani u nedestruktivnoj memoriji sistema ATLAS.

Setup meni nudi izbor sledećih konfiguracionih opcija (poredjanih od leva na desno):



Slika br. 34 Konfiguracione opcije

Konfigurisanje serijskih i mrežnih komunikacionih portova:

	Ime porta	Bodna brzina porta	Parnost	Broj bita	Stop bit	Tip modema	Tip veze	Rezervni put	Tip protokola	Tprijem <0.3600>[s]	T1 <0.9999>[ms]	T2 <0.9999>[ms]	T3 <0.9999>[ms]
▶	COM1	9600	nema	8	1	linijski	semiduplex	☐	B1 - IEC protokol	60	50	20	20
	COM2	9600	nema	8	1	linijski	semiduplex	☐	B1 - IEC protokol	60	50	20	20

Slika br. 35 Konfigurisanje komunikacionih portova

Za svaki serijski asinhroni COM port, sledeći parametri (od levo na desno) mogu da se konfiguriraju: bodna brzina porta, parnost, broj bita, stop biti, tip modema, tip veze, rezervni put, tip protokola i kontrola vremenskog rasporeda RTS/CTS/DCD signala.

	UDP/IP	Tip protokola (port:5381)	Tip protokola (port:5382)	Tip protokola (port:5383)	Adresa servera
▶	☒	B1 - IEC protokol	B1 - IEC protokol	B1 - IEC protokol	10.0.0.120

Slika br. 36 Konfigurisanje brzine porta, tip veze, adresa

Za svaki mrežni interfejs mogu se konfigurirati tip protokola i IP adresa. U ovom primeru svi mrežni portovi su jednako konfigurisani, uključujući i postavljene IP adrese.

12.11 Testiranje

Da bi se ispitale performanse sistema vršeno je simuliranje otkaza uređaja dok je agregat u radu:

- Prekid veze u više navrata ka ATP jedinici koja je bila u master režimu.
- Prekid veze u više navrata ka PLC jedinici koja je bila u master režimu.
- Prekid veze u više navrata ka SCADA računar.

Testiranje performansi mreže je izvršeno puštanjem beskonačnih petlji prozivke svako sa svakim ponaosob korišćenjem integrisanog ping servisa.

Praćenjem saobraćaja na mreži je zaključeno da nije bilo gubitka prenosa paketa podataka u ispitanim slučajevima koji predstavljaju realne simulacije otkaza uređaja ili kabla i da je redundantnost mreže koja je od suštinskog značaja u industrijskim uslovima apsolutno ispoštovana.

13. Zaključak

Ovim radom pokušano je da se objasne neki osnovni pojmovi vezani za inteligentne sisteme i njihovu upotrebu u energetici, kao i da se da kratak pregled trenutnih i budućih istraživanja iz ove oblasti. Iz priloženog se može zaključiti, da je područje inteligentnih sistema jedno veliko, neiscrpno polje istraživanja. Očuvanje energetske resursa, ušteda električne energije predstavljaju jedan od najbitnijih problema današnjice, a koji se može donekle rešiti primenom bežičnih senzorskih mreža.

U radu su analizirani inteligentni sistemi upravljanja i nadzora. Opisani je konkretni primeri primene sistema, dat je pregled trenutnog stanja istraživanja iz ove oblasti. Iz priloženog se može zaključiti, da su ovi sistemi veoma kompleksni.

Pojava i upotreba otvorenih standarda omogućila je jednostavnu integraciju inteligentnih sistema, korišćenja merne i upravljačke opreme svih proizvođača što omogućuje upotrebu jeftinije opreme, omogućuje veću funkcionalnost i lakšu nabavku rezervnih delova.

14. Literatura

- [1] *Review Of Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) Systems* - Ken Barnes, Briam Johnson, Reva Nickelson. Idaho National Engineering and Environmental Laboratory, 2004.
- [2] *Implementation of a Virtual Plant Using SCADA/HMI Technologies* - Mazin Khalid. Mohammed Eltayeb. Department of Electrical and Electronic Engineering Faculty of Engineering University of Khartoum, 2009.
- [3] *SCADA protocols and communication trends* - Rao Kalapatapu. ISA-The Instrumentation, Systems and Automation Society, 2004.
- [4] *Securing SCADA Systems* - Ronald L. Krutz, Wiley Publishing. Inc, 2006.
- [5] *SCADA supervisory control and data acquisition 3rd Edition* - Stuart A. Boyer.
- [6] *Development of the Intranet-Based SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition System) for Power System* - Yoshio Ebata, Hideki Hayashi, IEEE.
- [7] *Design of Wireless Sensor Network in SCADA System for Wind Power Plant* – IEEE.
- [8] *Performance Evaluation and Design of Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems* - EASHY YANG, IEEE.
- [9] *Protocols and Architectures for Wireless Sensor Networks* - Holger Karl, Andreas Willing.
- [10] *Wireless Sensor Networks Tehnology, Protocols and Applications* - Kazem Sohraby, Daniel Minoli, Taieb Znati
- [11] *Energy-saving in Wireless Sensor Networks Considering Mobile Sensor Nodes* - Tao Yang, Mino G., Barolli L., IEEE.
- [12] *Fault - Tolerant Relay Node Placement in Heterogeneous Wireless Sensor Networks*- Xiaofeng Han, Xiang Cao, Lloyd E.L., Chien-Chung Shen, IEEE
- [13] *Wireless Sensor Networks Tehnology, Protocols and Applications* - Kazem Sohraby, Daniel Minoli, Taieb Znati.

- [14] *Smart Wireless Sensor Networks* - Mr. Hoang Duc Chinih, Dr. Yen Kheng Tan.
- [15] *Nuclear Power* - Pavel V. Tsvetkov.
- [16] *An Energy-Efficient Sensor Routing Scheme for Home Automation Networks* - Hayoung Oh, Hyokyung Bahn and Ki-Joon Chae, IEEE.