

RAZLIČITI KONCEPTI REDUDANSE INDUSTRIJSKIH PROTOKOLA U ZAVISNOSTI OD NJIHOVIH PRENOSNIH PUTEVA

Dragana Glišić, Institut Mihajlo Pupin, Srbija
Vladimir Nešić, Institut Mihajlo Pupin, Srbija
Gordan Konečni, Institut Mihajlo Pupin, Srbija
Nikola Krajinović, IMP Automatika, Srbija

UVOD

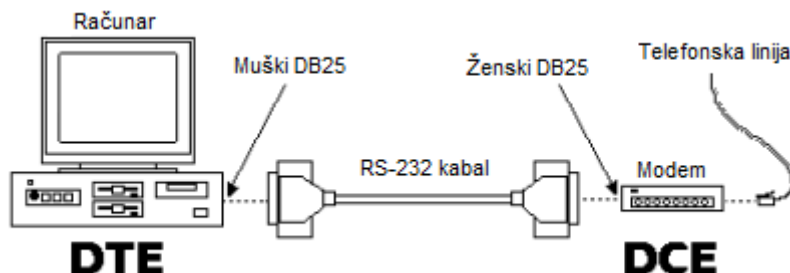
Već par godina primetan je trend migracije industrijskih protokola sa fizičkih serijskih na mrežne prenosne puteve. Ranije su industrijski protokoli bili bazirani na serijskoj vezi čiji su tipični predstavnici bili sledeći protokoli: IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-103, ModBus RTU, DNP3. U novije vreme zamenili su ih protokoli koji su bazirani na mrežnoj komunikaciji kao što su: IEC 60870-5-104, ModBus TCP, DNP3 na TCP, IEC 61850. Rad u glavnim crtama opisuje prednosti mrežnih komunikacionih fizičkih veza u odnosu na serijske, opisuje neka praktična iskustva iz implementacije i eksploatacije (istih) i na kraju daje poseban osvrt na mogućnosti realizacije različitih tipova redundanse u jednom i drugom slučaju.

SERIJSKA VEZA U INDUSTRIJI

RS-232 je zajedničko ime za niz standarda koji u telekomunikacijama opisuju način prenosa podataka asinhrono serijskim binarnim signalom putem žice u odnosu na masu i njihovih kontrolnih signala između DTE (Data Terminal Equipment) i DCE (Data Circuit-terminal Equipment) uređaja (vidi sliku 1). Ovaj tip komunikacije je prvi put predstavljen 1962. godine, a poslednja verzija standarda pod nazivom TIA-232-F je izdata 1997. Standardom su predviđene naponska visina signala koji se prenosi, funkcija svakom pina na konektoru, brzina signala, dužina kabla itd. Zbog svoje jednostavnosti RS-232 će brzo izaći iz granica svoje prvobitne namene i postati jedan od najčešćih komunikacionih kanala u industriji između računara i PLCa. Čak i kada na scenu zbog brzine prenosa signala i jednostavnosti upotrebe bude izguran od USBa sa personalnih računara, RS-232 će i dalje ostati u industrijskoj upotrebi, jer ima jednu važnu prednost u odnosu na USB, a to je dužina kabla koji može da se upotrebi. Dužina kabla varira u zavisnosti od brzine prenosa. Ukoliko se signal prenosi na manjim brzinama dužina kabla može

da iznosi i do 914m na 2400 b/s, ili samo 15m na 19200 b/s. Ipak, sve zavisi i od podužne kapacitivnosti kabla, tako da ukoliko imamo dva kabla različitih podužnih kapacitivnosti, onaj sa manjom će moći da premosti veću razdaljinu pri istoj brzini.

Dužina podatka koji se prenosi putem RS-232 linije takođe varira između 5 i 8 bita, a najčešće se koristi 8. Međutim, ovakav podatak je bilo potrebno zaštititi od gubitka zbog loše veze, pa su početku i kraju svakog paketa dotati start i stop biti. Start bit obara naponski nivo sa +12V na -12V i tako signalizira prijemniku početak novog podatka. Stop bit može da ima vrednosti 1, 1.5 i 2. U komunikaciji se najčešće koristi vrednost 1 za sve dužine podataka, dok se vrednost 2 koristi za duže, a 1.5 za dužinu podataka od 5 bita. Osim start i stop bita tu je i bit parnosti koji može a i ne mora da se koristi. Obično, kada se govori o RS-232 parametrima se spominje 8N1, a to znači, start bit, 8 bita podataka, bez bita parnosti i jedan stop bit.



Slika 1 – Primer jedne realizacije preko RS-232 linije

Zbog jednostavnosti implementacije, RS-232 je uslovio razvoj industrijskih komunikacionih protokola kao što su Modbus RTU, IEC 60870-5-101, IEC 60870-5-103, DNP3 itd. Osim zaštite na fizičkom nivou koju pruža RS-232 standard u obliku start, stop i bita parnosti, u okviru same poruke i to najčešće na njenom kraju nalaze se dodatni bajtovi koji predstavljaju „check“ sumu svih bajtova jedne poruke (CRC16, CRC-DNP itd.). Ovim se dodatno štiti kvalitet poruke u industrijskim sredinama sa visokim stepenom elektromagnetnih smetnji.

ETHERNET U INDUSTRIJI

Kada se ideja o Ethernetu pojavila dalekih sedamdesetih u laboratorijama Xeroxa u tom trenutku niko se nije nadao vrtoglavom uspehu iste. Već 1980. godina predstavljen je ceo koncept o Ethernetu kao delu fizičkog i „data-link“ sloja OSI strukture koji brine o izgledu peketa podataka koji se prenose mrežom baziranom na jedinstvenoj MAC adresi pošiljaoca i primaoca. Cela priča je sistematizovana i postala danas poznati standard IEEE 802.3 još osamdesetih godina prošlog veka. Od tada se navedeni standard proširuje i dopunjuje novim i korisnim protokolima za brži i pouzdaniji prenos podataka putem mreže.

Međutim, tadašnja koncepcija Etherneta nije imala efikasno rešenje u slučaju pada sistema usled prekida jednog od segmenata topologije i ponovnog uspostavljanja normalne komunikacije. Ovakvi slučajevi nisu nailazili na značajno negodovanje kada su u pitanju bile komercijalne mreže, ali industrijska postrojenja i procesi nisu mogli da podnesu komunikacionu tišinu reda nekoliko minuta. Sve ovo je vodilo razvoju industrijskih Etherneta i standardizaciji istih.

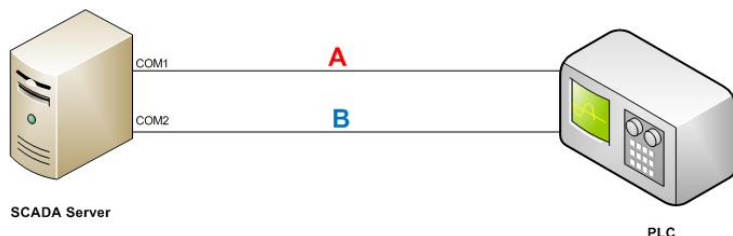
Ethernet je u principu «broadcast» protokol, zamišljen da radi u topologiji tipa fizičke linije ili stabla. Pošiljalac emituje pakete u svim pravcima i nada se da će stići do odgovarajućeg primaoca na osnovu MAC adrese odredišta i strukture paketa. Ukoliko se u celoj strukturi mreže pojavi petlja, paketi kreću da putuju u krug zauzimajući fizičku liniju i onemogućujući ostalim učesnicima da zauzmu liniju i emituju svoje pakete. Ovaj scenario je bio najčešći uzrok komunikacione tišine u industrijskim mrežnim topologijama, jer su one uvek bile udvojene, tj. iz jedne tačke mreže uvek su postojala dva puta ka bilo kojoj drugoj tački mreže. Na taj način se stvarala petlja, a tadašnji protokoli Etherneta nisu podržavali efikasno rešenje nastalog problema.

OPŠTI PRIMERI REDUNDANSE U ZAVISNOSTI OD PRENOSNOG PUTA

Pod pojmom redundanse se podrazumeva omogućavanje dodatnog ili dupliranog sistema, opreme s ciljem održavanja kontinuiteta normalnog rada u slučaju otkaza bar jednog. Najklasičniji primer

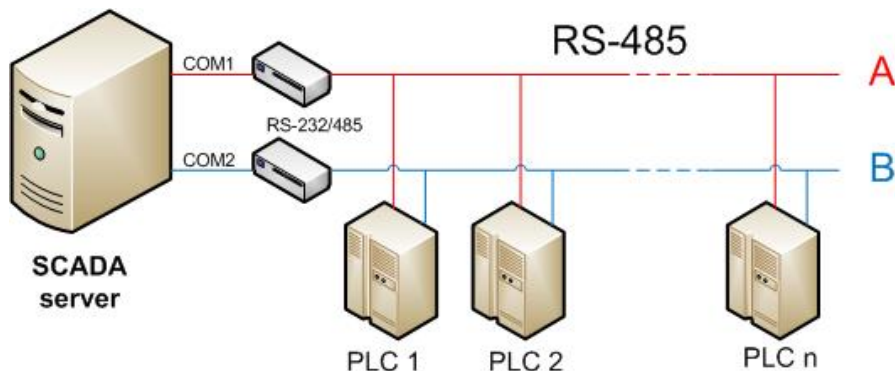
redundanse opreme u energetskim postrojenjima je udvajanje napajanja, PLCova, SCADA servera itd. Što se tiče komunikacionih kanala problem redundanse je rešavan u zavisnosti od tipa fizičkog kanala (RS-232 ili Ethernet).

Kod RS-232 konekcije da bi se postigla puna redundansa prenosnog puta neophodno je u najjednostavnijoj realizaciji posedovati po dva nezavisna serijska porta na svakom kraju konekcije (vidi sliku 2). Međutim, fizička linija, kako će to kasnije biti slučaj kod Etherneta, nije ta koja brine kojim putem će poruka biti poslata. Naime, aplikativna nit u okviru SCADA servera vezana za komunikacioni protokol, bira jedan od dva konfigurisana pravca po prioritetu. Ukoliko glavni pravac ne funkcioniše, aplikacija prelazi na pomoćni.



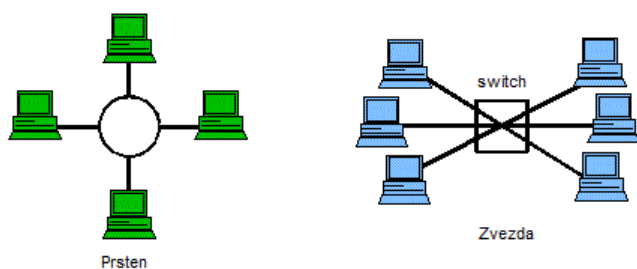
Slika 2 – Primer jednostavne redundanse kod RS-232 prenosnog puta

Na slici 2 je prikazana jednostavna konekcija. U realnom životu SCADA server komunicira sa više periferija. Ako bismo se pozvali na prethodno rešenje, tada bi SCADA server trebao da ima onoliko slobodnih portova koliko ima periferija za glavni pravac i isto toliko za rezervni pravac. U takvim slučajevima koristi se RS-485/422 koja omogućuje više korisnika na istoj serijskoj liniji (vidi sliku 3). Ovakva konfiguracija uslovljava vidljivi pad performansi u odnosu na prethodnu jer se periferijama pristupa ciklično, tako da je period prozivke $n \cdot T$, gde je T vremenski interval potreban da se prenesu podaci sa jedne periferije.



Slika 3 – Primer redundanse putem RS-232/485 veze

Ukoliko se korisnik opredeli za Ethernet tada se uglavnom redundansa svodi na „ring“ topologiju, koja omogućuje da u slučaju prekida segmenta u jednom delu prstena, paket može da putuje drugom stranom bez gubitka informacije. Osim prstena zastupljena je topologija mreže u obliku zvezde, tj. svaka periferija ima svoj prenosni pravac. Ukoliko dođe do prekida u topologiji tipa zvezde, samo segment kod koga je nastao prekid biva stopiran, dok ostali segmenti nastavljaju sa normalnim funkcionisanjem (vidi sliku 4).



Slika 4 – Primer redundansnih topologija kod industrijskog Etherneteta

RAZLOZI MIGRACIJE SA RS-232 NA ETHERNET

Dugo godina serijska komunikacija je imala primat nad Ethernetom iz veoma praktičnih razloga, prva se pojavila, a i u trenutku pojavljivanja Etherneteta još uvek je garantovala bolji prenos podataka iako na mnogo manjim brzinama. Međutim, RS-232 kao prenosni pravac ima svoje nedostatke koji u sadašnjosti itekako dolaze do izražaja:

- Maksimalna brzina prenosa ide do 1.5Mb/s kod pojedinih UARTa, dok se kod Etherneteta to meri GB danas,
- Pojavljivanje objektno-orjentisanih protokola (IEC 61850) koji svojom količinom podataka zahtevaju veoma velike brzine prenosa, a što RS-232 nije u stanju da podrži,
- Direktni pristup uređajima koji podržavaju Ethernet je sada moguć iz udaljenih nadređenih centara, a to nije bilo moguće kod RS-232 veze,
- Kraj svakog kabla kod RS-232 veze se završava sa DB9 ili DB25 konektorom, čija montaža zahteva više rada nego kod RJ45 konektora kod mreže,
- Troškovi implementacije RS-232 su daleko veći od troškova implementacije Etherneteta,
- Ukoliko se prenosni put realizuje putem radio veze cena implementacije se povećava zbog obima posla oko instaliranja antene i zakupa radio kanala,
- Današnji industrijske matične ploče se proizvode sa sve manje COM portova ili ih uopšte i nema na nekim modelima,
- Visoki naponski opsezi (+/- 15V) zahtevaju od današnjih računara potrebu za većom potrošnjom kada cela planeta teži ka smanjenju,
- S obzirom da se nivo signala određuje u odnosu na zemlju i ukoliko je taj nivo manji on je neotporniji na šumove u obliku elektromagnetnih zračenja.

Bez obzira na prethodne mane, RS-232 kao prenosni put se još uvek zadržao u udaljenim energetske postrojenjima. Razlog je najviše materijalne prirode zbog građevinskih radova oko postavljanja optičkog kabla. U sistemima za daljinski nadzor i upravljanje kod nas kao veza između nadređenog centra i trafostanice još uvek se često komunikacija radio vezom na 1200 b/s. Osim toga na tržištu se još uvek mogu kupiti mikroprocesorske zaštite i moduli koji podržavaju komunikacione protokole na RS-232. Time se bez mnogo izmene u postojećoj topologiji može implementirati novi uređaj i dobiti znatno poboljšanje bez velikih ulaganja.

REALIZACIJA REDUNDANSE KOD RS-232 PRENOSNIH PUTEVA

Kako je već prikazano na slikama 2 i 3 redundansa kod RS-232 konekcije zahteva specifičan hardver koji mora da podrži SCADA server kao i PLC. Oba uređaja treba da imaju najmanje po dva nezavisna serijska porta. Današnje matične ploče sve manje podržavaju serijske portove zbog cene kao i zbog naponskih nivoa na kojima radi RS-232. S obzirom da je USB standard nasledio RS-232, sve više je industrijskih modula sa USB portovima umesto RS-232 koji se nude kao serijski link ka periferijama. Ipak iskustvo je pokazalo da USB adapteri još uvek nisu dostigli tačku pouzdanosti da mogu da zamene klasičan RS-232 port, što se u praksi i potvrdilo u više navrata.

U standardnim izvedbama u trafostanicama ne postoji redundansa u smislu prenosnog puta. Naime, u boljim izvedbama u okviru jednog RTU sistema postoji samo jedna procesorska ploča koja komunicira sa nadređenim centrom putem radio veze na 1200 b/s ili digitalnom linijom na 9600 b/s. Ukoliko zakaže digitalna linija, koja predstavlja glavni pravac, SCADA server prebacuje prozivku na radio vezu i time degradira performanse. Činjenica da je aplikacija u okviru SCADA servera svesna da ima dva pravca i da ona odlučuje o izboru jednog od njih, udaljava nas od činjenice šta je to prava redundansa. Naime, nijedan od gore navedenih protokola ne opisuje šta treba uraditi u slučaju prekida jednog od prenosnih puteva. O tome treba da vodi računa topologija, tj. u današnje vreme moguće je nabaviti uređaje koji udvajaju serijske puteve, pa tako niti SCADA niti RTU treba da brinu kojim putem će se proslediti poruka. Samim tim korisnik ne treba da poseduje uređaj sa dva nezavisna serijska porta koje je u današnje vreme teško nabaviti te se obično implementira multiportna kartica koja dodatno poskupljuje troškove instalacije. Multiportna kartica nema posebnu prekidnu rutinu za svaki port, kao kod klasičnog serijskog porta, nego je deli. Ovo može u nekim slučajevima da degradira performanse sistema u kojima je protok podataka izuzetno visok.

Na slici 5 se nalazi OSI model za IEC 60870-5-101 protokol čiji fizički sloj RS-232. U pojedinim izvedbama ovog protokola koristi se UDP/IP što nije predviđeno standardom. Kako RS-232 kao fizički sloj nije u mogućnosti da podrži redundansu na nivou topologije, ovde to dobrim delom obezbeđuje aplikativni sloj protokola, kao što je navedeno.

ISO/OSI Model

7	Application Layer	IEC 60870-5-101 Companion Standard IEC 60870-5-5, IEC 60870-5-4, IEC 60870-5-3	
6	Presentation Layer	n/a	
5	Session Layer	n/a	
4	Transport Layer	n/a	
3	Network Layer	n/a	
2	Link Layer	balanced	unbalanced
		IEC 60870-5-2 IEC 60870-5-1 (FT 1.2)	IEC 60870-5-2 IEC 60870-5-1 (FT 1.2)
1	Physical Layer	RS232 (V.24)	X.24/X.27

Slika 5 – OSI struktura IEC 60870-5-101

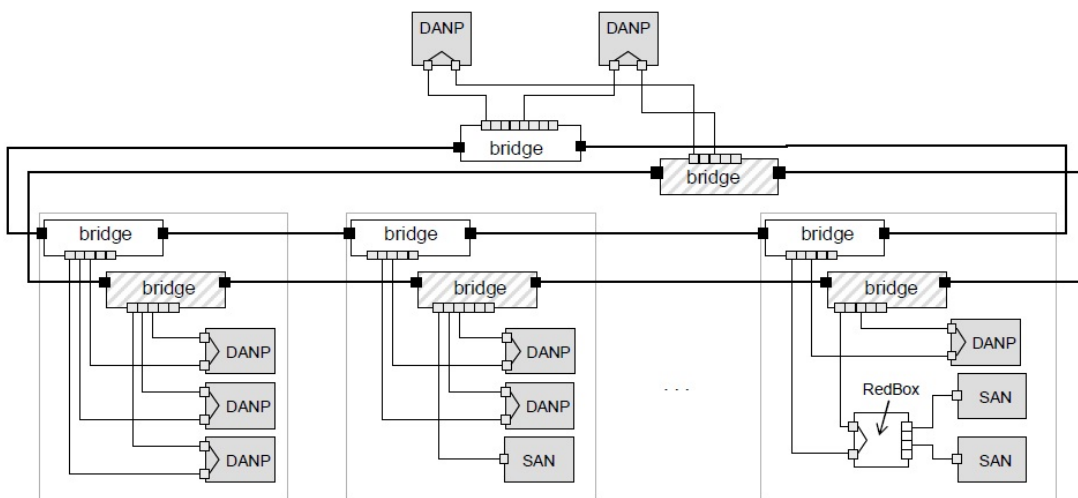
REALIZACIJA REDUNDANSE KOD ETHERNETA

Prsten topologija je bila izrazit problem pre pojave industrijskih Ethernet protokola koji su sprečili reemisiju podataka i gušenje mreže. Nadogradnjom postojećeg standarda IEEE 802.3 sa STPom (Spanning Tree Protocol), a kasnije i RSTPom (Rapid STP) protokolom Ethernet otvara vrata mogućnosti realizacije redundanse u pravom smislu te reči. Suština oba protokola se zasniva na transformisanju postojeće strukture prstena u klasničnu strukturu linije ili stabla na osnovu vrednosti ID svakog čvora i vrednosti njegove MAC adrese u postojećoj topologiji. Svaka redundantna putanja između dva čvora, a koja ne predstavlja onu sa najmanjom vrednošću, biva blokirana (vrednost čvora je u stvari ID broj koji korisnik dodeljuje switchu prilikom konfigurisanja). Na taj način se onemogućuje reemisija paketa u prstenu, zagušivanje fizičke linije i prekida komunikacije .

STP, RSTP i njihovi sledbenici su omogućili povezivanje mostova i segmenata u proizvoljne strukture bez bojazni od stvaranja zatvorenih petlji. Ali, da bi STP ili RSTP od postojeće topologije stvorili «loop-free» topologiju koja odgovara Ethernetu, neophodno je vreme da bi se izračunale sve primarne putanje i odbacile ostale. Pri nultom startu sistema mrežni uređaji koji putem jednog od navedenih protokola računaju i određuju primarne rute zahtevaju vremenski period koji se meri sekundama. Ukoliko u toku rada dođe do prekida na jednom od mrežnih segmenata, procedura ponovnog rekonfigurisanja se ponavlja i tom prilikom se traži nova putanja sa najmanjom cenonom. Pri tome se uvek prolazi kroz sva stanja rekonfiguracije sistema ponovo (blokiranje, osluškivanje, učenje, prosleđivanje i onemogućavanje) i samim tim dobija ponovo vremenski interval srazmeran sekundnoj rezoluciji. Ako se uzmu u obzir navedene konstantacije i činjenica da se viši slojevo OSI strukture lakše izbore sa dupliranim podacima, nego sa izgubljenim, došlo se na ideju da se problem redundanse u okviru Etherneta reši na fizičkom nivou. To znači da bez obzira koji mi komunikacioni protokol izabrali za prenos podataka, o kvalitetu podataka i vremenskim zatezanjima bi se u tom slučaju pobrinuo fizički sloj, a ne aplikativni.

PRP (Parallel Redundancy Protocol) ili IEC 62439 je jedan od odgovora na prethodne zahteve. Ovim standardom se obezbeđuje potpuna redundansa mreže, kako u fizičkom smislu, tako i u logičkom. PRPom je predviđeno postojanje dva identična LANa, koji mogu imati i nezavisna napajanja. Svaki uređaj na mreži šalje isti paket istovremeno kroz obe mreže i prima takođe dva paketa kroz obe mreže koji su namenjeni njemu, ali u različitim vremenskim intervalima. Na osnovu izabranog algoritma, uređaj odbacuje paket koji je zakasneo ili oba prosleđuje ka višim slojevima. Ukoliko dođe do promene konfiguracije mreže kod bilo kojeg LANa, PRP ne radi ponovnu konfiguraciju, tj. on je ne radi uopšte. Uređaji imaju uvek isti zadatak, jedan paket sa istom MAC adresom proslediti kroz oba LANa ka određenoj mreži. Ukoliko određeni uređaj ne postoji, podatak se vraća pošiljaocu i ovaj ga prepoznaje i uništava kao zalutali. Jedini nedostatak PRPa je u samoj topologiji mreže. Kako zahteva dva potpuna identična LANa sa posebnim napajanjima utrošak materija se duplira, ali se takođe mora

paziti da oba LANa imaju veoma približne fizičke karakteristike, što je ponekad teško realizovati (vidi sliku 6).



Slika 6 – Primer PRP redundantnog prstena sa DANovima i SANovima

Na slici 7 je prikazan OSI model za IEC 61850 protokol kod koga je fizički sloj Ethernet. Ovo daje veliku prednost protokolima koji podržavaju prenos podataka na fizičkom nivou preko Etherneta (IEC 60870-5-104, Modbus TCP, IEC 61850 itd.) u odnosu na do sada postojeće protokole preko RS-232 veze (IEC 60870-5-101, Modbus RTU, DNP3 itd.) jer njihov fizički sloj predstavlja skup protokola koji uz odgovarajuću mrežnu opremu (DANs, RedBox itd.) mogu da postignu redundansu na fizičkom nivou bez obzira na više slojeve OSIa.

ISO/OSI Model

7	Application Layer	TimeSync SNTP	SV Sampled Values	GOOSE Generic Object Oriented Substation Event	GSSE Generic Substation Status Event MMS ISO 9506 Connectionless ACSE ISO/IEC 8649,10035	MMS ISO 9506 Core ACSI Services Connection-oriented ACSE ISO/IEC 8649,8650	
6	Presentation Layer	n/a	n/a	ASN.1, BER ISO/IEC 8824.1	Connectionless presentation ISO/IEC 8649,10035 ASN.1, BER ISO/IEC 8824.1	Connection-oriented presentation protocol ISO/IEC 8822,8823 ASN.1, BER ISO/IEC 8824.1	
5	Session Layer	n/a	n/a	n/a	Connectionless session ISO/IEC 9548	Connection-oriented session ISO/IEC 8326,8327	
4	Transport Layer	UDP/IP	n/a	n/a	GSSE T-Profile ISO/IEC 8602	ISO CO T- Profile ISO/IEC 8073	TCP/IP T-Profile ISO Transport on top of TCP (RFC 1006)
3	Network Layer	IP (RFC 791)	n/a	n/a	ISO/IEC 9542	ISO/IEC 8473	IP (RFC 791)
2	Link Layer	RFC 894	Priority Tagging/VLAN (IEEE 802.1Q) CSMA/CD (ISO/IEC 8802.3)		ISO/IEC 8802-2 LLC		RFC 894
1	Physical Layer	ISO/IEC 8802.3 Ethernet			ISO/IEC 8802.3		ISO/IEC 8802.3 Ethernet

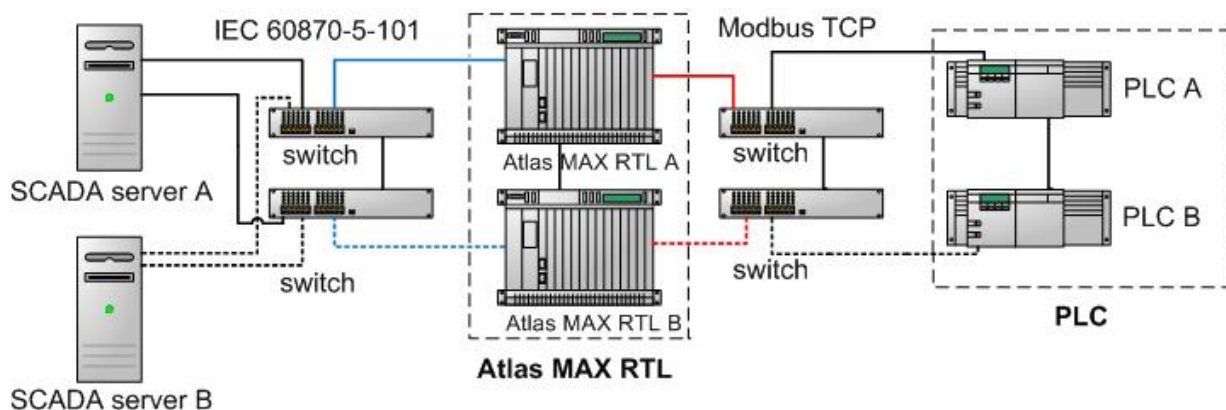
Slika 7 – OSI struktura IEC 61850 protokola

U daljem tekstu biće reči o praktičnim iskustvima u primeni mrežnih komunikacionih protokola u različitim energetskeim postrojenjima, kao i način realizacije redundanse u konkretnim primerima.

IMPLEMENTACIJA DCS SISTEMA TURBINSKOG REGULATORA NA TENT A6

U okviru zajedničkog projekta između francuskog ALSTOMA i IMP Automatika realizovan je turbinski regulator na TENT A6 generatoru. Na bloku A6 postojao je već DSC sistem u vidu SCADA View6000 IMP Automatike. Trebalo je uz minimalne izmene na postojećem sistemu dodati podršku za preuzimanje informacija i komandovanje ka PLCovima turbinskog regulatora implementiranog od strane ALSTOMA. PLCovi ka DCS sistemu su predstavljali redundantne PLCove od kojih je jedan uvek bio vodeći, a drugi prateći. Za razliku od postojećih sistema IMP Automatika gde SCADA kao nadređeni centar može u slučaju prestanka komunikacije sa vodećim PLCom da pratećem PLCu izda komandu da postane vodeći, ovde to nije bio slučaj. Oba ALSTOMova PLC su samo na osnovu podataka koje su dobijali iz procesa i izračunatih uslova mogli da promene redosled u izvršavanju komandi, tj. prateći da postane vodeći i obrnuto. Da bi komunikacija bila ostvariva direktno sa SCADAom bilo je neophodno implementirati na SCADAi nešto kao plc funkciju koja će odlučivati na osnovu podataka iz komunikacije s kojim PLCom treba da razmenjuje podatke i kada treba da pređe na redundantni server u slučaju da primarni server izgubi komunikaciju. Da bi se svi uslovi podržali na postojećem SCADA sistemu trebalo je bitno promeniti koncepciju postojećeg DCS sistema, a samim tim dovesti u pitanje ispravnost rada već postojećeg sistema.

Problem je rešen postavljanjem dualne daljinske stanice Atlas MAX RTL između SCADAe i PLCova turbinskog regulatora. Atlas MAX RTL kao hijerarhijski koncentrador protokola sa jedne strane ka turbinskom regulatoru je prikupljao podatke po Modbus TCP protokolu i prosleđivao ih nadređenom centru po IEC 60870-5-101 protokolu. Atlas MAX RTL takođe ima mogućnost podrške za plc funkcije što je doprinelo razrešenju problema. U toku regularne komunikacije vodeći Atlas MAX RTL komunicira istovremeno sa oba PLCa. Sve podatke ubacuje u interni prostor i na osnovu informacije koji od dva PLCa je vodeći putem multipleksera u okviru sopstvene plc funkcije prosleđuje samo jedan skup podataka ka DCSu. U suprotnom smeru, kada DCS sistem izda komandu ona se prosleđuje ka oba PLCa istovremeno, ali samo je vodeći izvršava. Ukoliko vodeći Atlas MAX RTL izgubi komunikaciju sa vodećim PLCom on prebacuje odgovornost na pratećeg u dualnoj konfiguraciji i to samo u slučaju da pre toga nije imao prekid komunikacije. Prateći Atlas MAX RTL u tom slučaju postaje vodeći i kada on izgubi komunikaciju ka vodećem PLCu on ne prebacuje dalje odgovornost, već proglašava prekid komunikacije.



Slika 8 – Topologija mreže

U prvoj izvedbi i SCADA i PLCovi su komunicirali kroz istu mrežnu kartu na Atlas MAX RTLu. Međutim, puštanjem komunikacije po Modbus TCP uočilo se da TCP/IP paketi zbog svog prioriteta guše komunikaciju i usporavaju razmenu UDP/IP paketa od strane Atlas MAX RTL ka SCADAi. Kako daljinska stanica Atlas MAX RTL ima fizički raspoloživa dva mrežna adaptera, Modbus TCP komunikacija je izolovana na jednom, a sav ostali saobraćaj je prebačen na drugi mrežni adapter kao što je prikazano na slici 8. Brzina osvežavanja podatka putem Modbus TCP je bila 50ms.

PRIMENA IEC 61850 PROTOKOLA U REDUNDANTNIM SISTEMIMA

Najčešća realizacija redundanse kod sistema sa IEC 61850 uređajima je prstenasta struktura koja se još naziva „daisy-chained“. Svaka mikroprocesorska zaštita koja podržava ovaj tip konfiguracije ima na sebi dva optička porta koja se vezuju ka drugim zaštitama formirajući prsten koji se zatvara na switchu. Ukoliko iz bilo kog razloga dođe do prekida komunikacionog linka na nekom mestu, nadređeni centar koji se takođe nalazi priključen na switch imaće komunikaciju po drugom pravcu, čime neće doći do

prekida komunikacije. Ovo je vrlo bitno jer se i sinhronizacija vremena obavlja kroz isti taj prsten i vrlo je bitno postojanje bar jednog aktivnog pravca. Malo bolji pristup se postiže organizacijom pojedinih fizičkih celina trafostanice u jedan prsten. Npr., ukoliko se radi o 35kV/10kV trafostanici, dobra metoda je vezivanja svih zaštita na 35kV strani u jedan prsten, kao i svih zaštita na 10kV u drugi prsten. Time se verovatnoća od otkaza smanjuje. Obično se i sopstvena potrošnja u okviru iste povezuje na poseban prsten, tako da se verovatnoća usled otkaza još dodatno smanjuje. Ako se tome doda mogućnost završetka jednog dela prstena na jednom switchu, a drugog dela prstena na drugom switchu tada se štitimo ne samo od prekida prstena već i od mogućeg otkaza jednog od switcheva. Međutim, sve realizacije koje se trenutno nalaze u trafostanicama ne podržavaju tip redundanse kao na slici 6 koja ima redundansu na fizičkom nivou i u kojoj nijedan od uređaja priključenih u LAN ne treba da vodi računa o konfiguraciji mreže, niti da na sebi pokreće dve nezavisne komunikacione niti koje bi zajedno sa topologijom u kojoj se nalaze obezbeđivale redundansu sistema, što se takođe u pojedinim slučajevima javljalo kao rešenje.

ZAKLJUČAK

Današnji trendovi, kako je više puta naglašeno u radu, idu u smeru skidanja odgovornosti sa komunikacionih protokola za pouzdanost podataka. Kako realizacije redundanse po RS-232 praktično i ne postoje, ostaje samo da se okrenemo mediju koji može u budućnosti podržati i fizički odvojiti redundansu prenosnog puta od tipa izabranog protokola. Ovim želim da napomenem da u konfiguraciji koja je prikazana na slici 6 korisnik može da u okviru jedne mrežne topologije implementira više uređaja sa različitim industrijskim protokolima koji podržavaju Ethernet na fizičkom nivou. Nijedan od tih uređaja ne treba da vodi računa o topologiji u okviru koje se nalazi, već o tome treba da vodi računa aktivna mrežna oprema. Sa povećavanjem potreba za redundansom sistema Ethernet će sve više potiskivati RS-232 protokol. Očekuje se dalji trend migracije sa serijskih na mrežne prenosne puteve.

LITERATURA

1. Kirrmann H, Weber K, Kleinberg O, Weibel H, 2011, „Seamless and low-cost redundancy for Substation Automation Systems (High availability Seamless Redundancy, HSR)“, IEEE Power and Energy Society General Meeting, San Diego
2. Vukotić D, 2008, „Arhitektura integrisanih sistema zaštite i upravljanja baziranih na protokolu IEC 61850“, CIREC, Srbija
3. www.ipccomm.de/ptotocols_en.html
4. www.lammertbies.nl/comm/info/RS-232_spec.html
5. http://en.wikipedia.org/wiki/Parallel_Redundancy_Protocol