

## **REALIZACIJA DNP3 PROTOKOLA U OKVIRU PROJEKTA INTEGRACIJE TS „VRNJAČKA BANJA“ U SISTEM DALJINSKOG UPRAVLJANJA**

V. Nešić\*, „Institut Mihajlo Pupin“, Srbija  
V. Vučurević, „Institut Mihajlo Pupin“, Srbija

### **UVOD**

U okviru projekta integracije TS „Vrnjačka Banja“ u sistem daljinskog upravljanja postavio se problem implementacije master-skog DNP3 protokola i njegove konverzije u slave-ovski IEC 870-5-101 protokol. Ovaj rad predstavlja naša iskustva u realizaciji ovog protokola i obrađuje sledeće teme:

- Osnovne karakteristike DNP3 protokola.
- Usporedne karakteristike DNP3, IEC 870-5-101 i IEC 61850 protokola.
- Komunikacione šeme povezivanja u TS Vrnjačka Banja i komunikacione šeme povezivanja TS „Vrnjačka Banja“ sa nadređenim SCADA sistemom u DC Vrnjačka Banja.
- Preslikavanja poruka između DNP3 i IEC 870-5-101 protokola.

### **Osnovne karakteristike DNP3 protokola**

DNP 3 je kreiran od strane Westronic-a (sada GE Harris) 1990., a prvi put je javno publikovan kao standard 1993. Ovaj protokol je razvijen zbog komunikacije kako između dispečerskog centra i trafo stanice (SCADA - RTU veza) tako i zbog komunikacije u samoj trafo stanici (veza između RTU-a i IED uređaja).

DNP 3 protokol se odlikuje sledećim osobinama:

- Visoka pouzdanost prenosa podataka. Ovaj protokol koristi varijaciju IEC 870-5-1 protokola iz 1990 godine. Na data link nivou i na aplikativnom nivou poruke se mogu prenositi uz pomoć potvrde, što daje dodatnu pouzdanost prenosu podataka.

\*[vladmir.nesic@automatika.imp.bg.ac.yu](mailto:vladmir.nesic@automatika.imp.bg.ac.yu)

- **Fleksibilna struktura:** DNP3 aplikativni nivo je objektno orjentisan, sa strukturama koje omogućuju širok spektar implementacija bez gubitka interoperabilnosti.
- **Višeoperativnost.** DNP3 može biti korišćen u više modova kao što su:
  1. Samo prozivka,
  2. Prozivka sa izveštajem promene,
  3. Spontane poruke sa promenom (Prigušen mod),
  4. Kombinacija prethodna tri.
- **Maksimalan odnos količine informacije u odnosu na veličinu poruke.** Ovaj protokol je pre svega razvijen za prenosne puteve sa brzinama i do 1200 b/s, i akcenat je stavljen na optimalnost protokola.
- **DNP 3 protkol predstavlja protokol koji je po svojim karakteristikama balansirani point to multipoint sa optimalnom veličinom prenosne poruke i ovo zapravo predstavlja najveću snagu ovog protokola.**
- **Ovo je otvoren standard koji se još razvija od strane proizvođača RTU a i IED uređaja.**

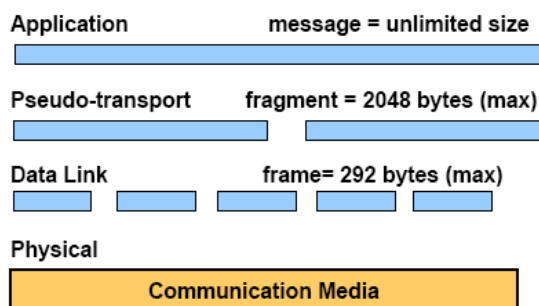
DNP 3 protokol za razliku od IEC 870-5-101 protokola ima 4 nivoa mrežne arhitekture:

**Fizički nivo** je namenjen za komunikaciju sa fizičkim uređajima i najbliži je samom hardveru namenjenom za komunikaciju. Na primer, ovaj nivo hendluje stanja medijuma kao što su slobodan ili zauzet i sinhronizacija medijuma kao što su zaustavljanje i pokretanje. Većina DNP uređaja je specificirana za komunikaciju preko jednostavnog fizičkog nivoa kao što su serijski RS-232 i RS-485 koristeći fizički medijume kao što su žica, optika, radio ili satelit. Najnoviji uređaji imaju implementiran DNP3 preko mrežne komunikacije.

**Link nivo** je zadužen za određivanje formata jedne poruke. On treba da detektuje da li je odgovarajuća poruka namenjena baš za taj uređaj. Ovaj nivo mora da bude potpuno nezavisan od fizičkog nivoa, tačnije on mora da bude isti i za sve tipove serijske veze i za mrežnu komunikaciju.

**Transportni nivo** deli jednu fragment poruku aplikativnog nivoa u više frame-ova, i svakom frame-u dodeljuje poseban broj, radi detekcije izgubljenih frame-ova (svaki frame mora da ima svoj inkrementalni broj i mora da se nalaze jedan za drugim).

**Aplikativni nivo** opisuje format poruke i procedure koje se koriste u protokolu. Drugim rečima on iz dela poruke koju obrađuje aplikativni sloj pakuje i raspakuje same podatke i ujedno je zadužen za dinamiku razmene poruka. Ovaj nivo je odgovoran za izvršavanje operacija nad data objektima definisanih na uređaju. Ove operacije mogu biti: prosleđivanje trenutnih vrednosti (funkcije čitanja), pridruživanje novih vrednosti (funkcija upisa), ako objekat predstavlja kontrolnu tačku, pripremu i uključenje izlazne tačke (select, operate ili direct operate funkcija), ako se koriste brojači, čuvanje trenutnih vrednosti (zamrzavanje sa resetom brojača). Postoje takođe nekoliko funkcija za kontrolu samog uređaja kao što su statusi uređaja (funkcija reseta uređaja).



Slika 1 Obrada DNP3 poruke po nivoima

Svi data objekti su pridruženi klasama. DNP protokol definiše 4 klase: klasa 0 za statičke podatke, klasa 1 za događaje izazvane promenom vrednosti podataka, klasa 2 za brojače i klasa 3 za događaje izazvane operacijama zamrzavanja. Samo statički podaci (pridruženi klasi 0) su uvek dostupni i mogu se dobiti komandom za čitanje.

Na slici 2 je dat format jedne DNP 3 poruke. Na slici se vidi da je dužina link nivoa bez korisničkih podataka zapravo 10 bajtova dugačka. Object data fields su opcioni i oni zavise od funkcijskog koda unutar aplikativnog nivoa.

	Byte offset	Description			
		Request		Response	
Link layer frame format	0	Start character		Start character	
	1	Start character		Start character	
	2	Length field		Length field	
	3	Control byte		Control byte	
	4	Destination address		Destination address	
	5	Destination address		Destination address	
	6	Source address		Source address	
	7	Source address		Source address	
	8	CRC		CRC	
9	CRC		CRC		
Transport layer frame format	10	Transport header field		Transport header field	
Application layer frame format	11	Application request header	Appl. control field	Application response header	Appl. control field
	12		Appl. function code		Appl. function code
	13	Object data			Internal indication
	14	Object data			Internal indication
	15	Object data		Object data	
	16	Object data		Object data	
	17	Object data		Object data	
	18	Object data		Object data	
	19	Object data		Object data	
	20	Object data		Object data	
	21	Object data		Object data	
	22	Object data		Object data	
	23	Object data		Object data	
	24	Object data		Object data	
	25	Object data		Object data	
	26	CRC		CRC	
	27	CRC		CRC	
	28	Object data		Object data	
	29	Object data		Object data	
	30	Object data		Object data	
...	...		...		

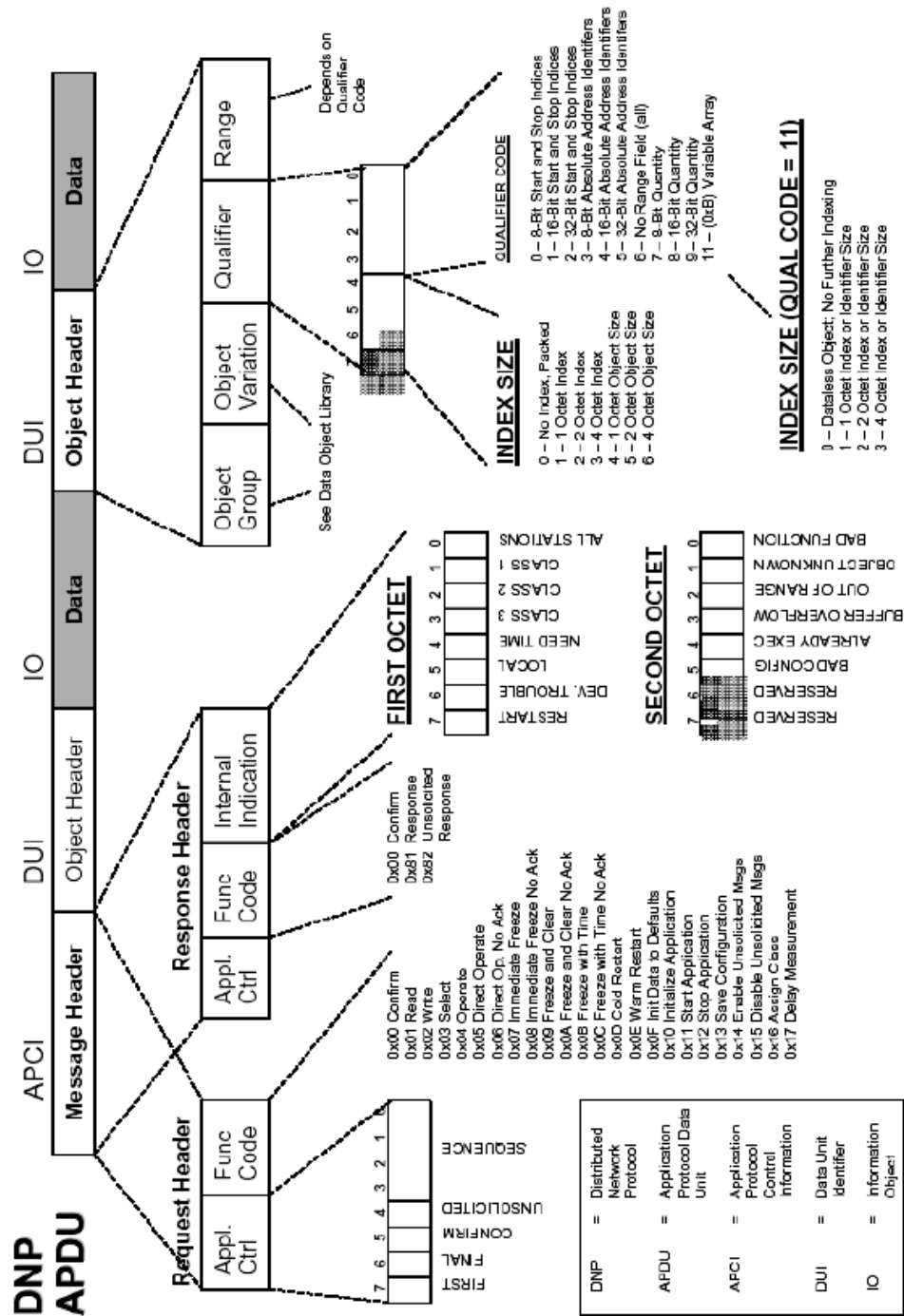
Slika 2 Format DNP3 poruke

Akcenat ovog rada neće biti na formatima same poruke već na implementaciji DNP 3 protokola. Sa strane implementacije najvažniji deo poruke je aplikativni deo sa data objektima. Detalji ovog dela se nalaze na slici 3. Kao što se može videti bajt 11 sa slike 2 predstavlja prvi bajt na slici 3.

Kao što se na obe slike vidi aplikativni nivo obe poruke se razlikuje u zavisnosti da li je poruka pitanje ili odgovor. Isto tako u request zaglavlju i response zaglavlju poruke se nalaze funkcijski kodovi koji označavaju da li je poruka za čitnje, upis ili komandovanje (Slika 3).

Svaka kontrolna tačka (Informacioni objekat) u DNP3 protokolu je opisana sa tipom (klasom) podatka, oznakom objekta, varijacije i brojem tačke, a kod nekih proizvođača za svaki od informacionih objekata je dat i spisak podržanih funkcija. Precizan opis svih ovih objekata je dat u dokumentu „DNP V3:00 Data Object Library”, za sada izdvajamo samo neke:

Data Object: 01 - Variation: 01 Type: Static	SINGLE-BIT BINARY INPUT
Data Object: 01 - Variation: 02 Type: Static	BINARY INPUT WITH STATUS
Data Object: 02 - Variation: 01 Type: Event	BINARY INPUT CHANGE WITHOUT TIME
Data Object: 02 - Variation: 02 Type: Event	BINARY INPUT CHANGE WITH TIME
Data Object: 10 - Variation: 01 Type: Static	BINARY OUTPUT
Data Object: 10 - Variation: 02 Type: Static	BINARY OUTPUT STATUS
Data Object: 12 - Variation: 01 Type: Static	CONTROL RELAY OUTPUT BLOCK
Data Object: 20 - Variation: 01 Type: Static	32-BIT BINARY COUNTER
Data Object: 20 - Variation: 05 Type: Static	32-BIT COUNTER WITHOUT FLAG
Data Object: 30 - Variation: 01 Type: Static	32-BIT ANALOG INPUT
Data Object: 32 - Variation: 01 Type: Event	32-BIT ANALOG CHANGE EVENT WITHOUT TIME



Slika 3 DNP3 Aplikativni nivo formata poruke

### Uporedne karakteristike DNP 3, IEC 870-5-101 i IEC 61850 protokola

IEC 61850 protokol je baziran na Model orijentisanom protokolu, dok su DNP 3 i IEC 870-5-101 simbol orijentisani protokoli. Kod model orijentisanih protokola na osnovu same poruke može se odrediti fizičko značenje odgovarajuće kontrolne tačke dok kod simbol orijentisanih protokola to nije moguće. IEC 61850 ima svoj ICD fajl koji služi za razmenu kako samih podataka tako i Interoperabiliti liste. IEC 61850 protokol je baziran na TCP/IP –u dok je DNP 3 i IEC 870-5-101 pre svega baziran na RS 232 i RS 484. Pošto su po svojoj prirodi IEC 870-5-101 i DNP 3 protokol protokoli sličnijeg tipa, na slici 4 su date karakteristične uporedne karakteristike za ova dva protokola.

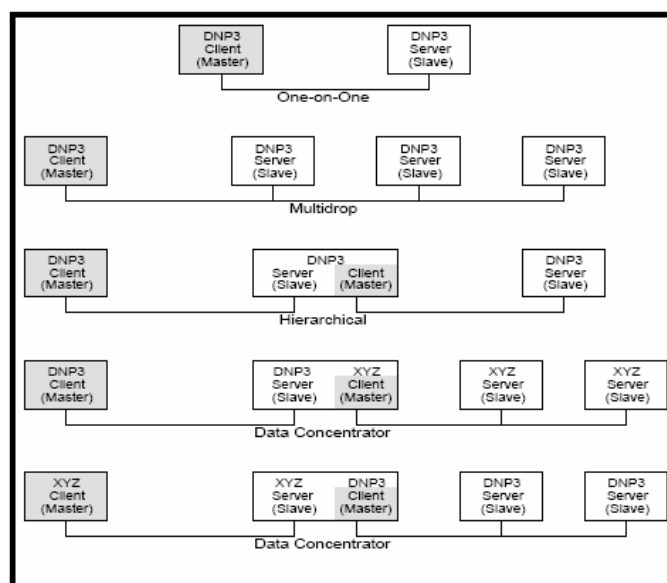
<b>Osobine</b>	<b>IEC 870-5-101</b>	<b>DNP 3.0</b>
Standardizacija	IEC Standard (1995) Amendments 2000,2001	Open industry specification (1993)
<i>Organizacija za standardizaciju</i>	IEC TC 57 WG 03	DNP user s group
<i>Arhitektura</i>	3-nivoa EPA arhitekture	4-nivoa arhitekture Takođe podržava 7 nivoa TCP/IP ili UDP/IP
<i>Fizički nivo</i>	Balansni mod <ul style="list-style-type: none"> <li>• Point to Point</li> <li>• Multipoint to point</li> <li>• Implementaciju sa X.24 / X.27 standardom</li> </ul> Nebalansirani mod <ul style="list-style-type: none"> <li>• Point to Point</li> <li>• Point to Multipoint</li> <li>• Implementaciju sa V.24 / V.28 standardom</li> </ul>	Balansni mod prenosa podataka  Podržava više master-a, više slave- a i peer-to-peer komunikaciju  RS 232 ili RS 485 implementaciju  TCP/IP preko Ethernet-a, 802.3 ili X.21
<i>Data link nivo</i>	Frame format FT 1.2 Hamming razdaljina 4	Frame format FT3 Hamming razdaljina-6
<i>Application nivo</i>	Oba IEC 870-5-101 i DNP 3.0 protokola omogućavaju: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sinhronizaciju vremena</li> <li>• Događaje opremljene vremenom</li> <li>• Selekciju pre izvršenja</li> <li>• Zahtevane odgovore sa proverom greške</li> <li>• Nezahtevane odgovore</li> <li>• Grupe podataka / klase</li> </ul> Limitiranje pojedinačnog tipa podataka po poruci Komandovanje samo sa jednom tačkom po poruci Ne postojanje interne indikacije bita Na aplikacijskom nivou ne postoji potvrda događaja	Daljinsko zaustavljanje i pokretanje softverske aplikacije Prozivka na osnovu prioriteta podataka Broadcast adresiranje Prenos više tipova podataka po poruci Internal Indication polje IID prisutne u formatu poruke za odgovor Potvrda poruke na application novu korišćenjem CON bit-a
<i>Adresiranje uređaja</i>	Link address could be 0, 1, 2 bytes Unbalanced link contains slave address Balanced link is point to point so link address is optional (may be included for security)	Link contains both source and destination address (both always 16 bits) Application layer does not contains address 32 b point addresses of each data type per device
<i>Zahtevani parametri za konfiguraciju</i>	Bodna brzina Adresa uređaja Balansiran / nebalansiran Veličina Frame-a Veličina link address-e	Bodna brzina Adresa uređaja Veličina fragmenta

	Veličina ASDU address-e Veličina informacione adrese	
<i>Specifični informacioni modeli</i>	Omogućen je mali broj specifičnih tipova podataka. Data objekti i poruke nisu nezavisne od drugih	Omogućava proizvođačima kreiranje specifičnih ekstenzija. Objekti podataka (data objects) i poruke mogu biti nezavisne od drugih
<i>Ciklični podaci</i>	Onemogućena statička prozivka podataka od strane mastera. Prekinuti sa događajem izazvanim komunikacijskim zahtevima	Omogućeni, ali interval nije moguće podešavati daljinski
<i>Ciljno tržište</i>	Evropa (Južna Amerika, Australija I Kina)	Severna Amerika (Australija i Kina)

Slika 4 Uporedne karakteristike IEC 870-5-101 i DNP3 protokola

### Komunikacione šeme povezivanja u TS Vrnjačka Banja i komunikacione šeme povezivanja TS Vrnjačka Banja sa nadređenim SCADA sistemom u DC Vrnjačka Banja

Slika 5 prikazuje osnovne sistemske arhitekture povezivanja uređaja koje se koriste danas. Na vrhu se nalazi najjednostavnija arhitektura jedan na jedan sa jednim master i jednim slave uređajem. Tipičan primer ove veze je iznamljena linija ili telefonska veza.



Slika 5 Osnovne arhitekture povezivanja uređaja

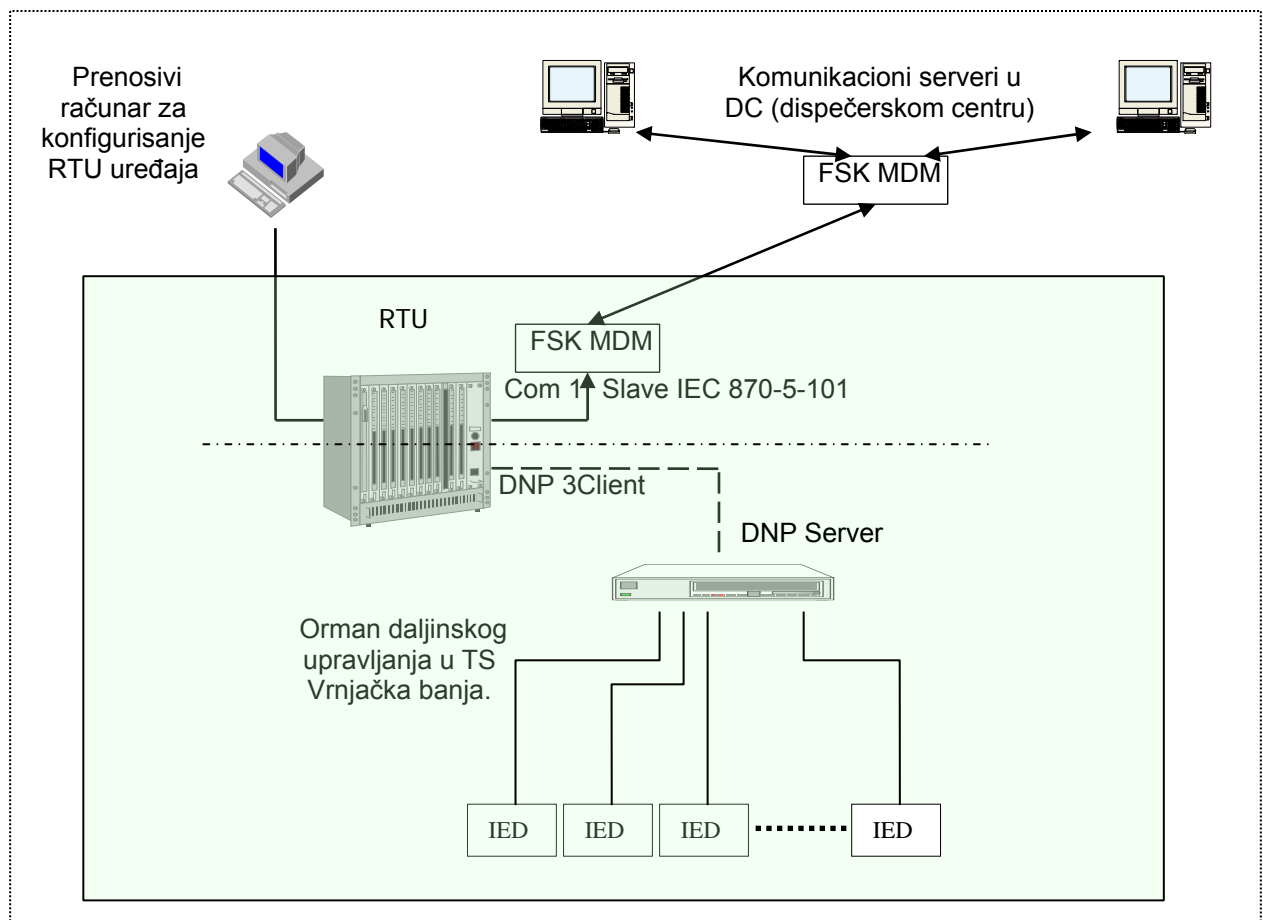
Druga tip arhitekture je poznat kao veza „jedan na više“. Jedan masterski uređaj komunicira sa više slejv uređaja. Ova veza može da bude bazirana po principu prozivke gde master propituje svaku slejv stanicu ponaosob, svaka slejvovska stanica prima sve poruke od mastera ali se javlja samo na svoje poruke (Poruke adresirane baš za tu stanicu). Ovakvim konfigurisanjem sistema dobili bismo nebalansiranu realizaciju DNP3 protokola, gde prenos podataka vodi masterska stanica. Tipičan primer ove veze je serijska veza preko optičkih konvertora ili radio veza. Ono što DNP3 protokol omogućuje a to nije slučaj sa IEC 870-5-101 protokolom jeste da se ovde može uspostaviti veza jedan na jedan. To je omogućano zahvaljujući formatu DNP3 poruke koja u sebi ima dve adrese i adresu izvora i adresu odredišta poruke.

Treći po redu vrsta predstavlja hijerarhijski tip sistema gde je uređaj u sredini server klijentu sa leve strane odnosno klijent uređaju sa desne strane.

Dve poslednje vrste prikazuju koncentratore podataka i konvertore protokola. RTU uređaj na sredini prikuplja podatke koristeći proizvoljan protokol (red 4), i iste podatke prosleđuje nadređenom centru po DNP 3 protokolu. Na poslednjem primeru imamo slučaj da koncentrador podataka prikuplja podatke po DNP 3 protokolu i prosleđuju je po proizvoljnom protokolu u nadređeni centar (red 5).

Na slici 6 je data slika komunikaciona šema povezivanja kako u samoj TS Vrnjačka Banja, tako i šema povezivanja trafo stanice sa nadređenim dispečerskim centrom. U samoj trafo stanici postoje dva koncentratora podataka. Jedan je koncentrador podataka koji prikuplja podatke od podređenih IED uređaja i prosleđuje ih RTU uređaju po DNP 3 protokolu. Ova arhitektura je predstavljena u redu 4 na slici 5.

Drugi koncentrador je RTU koji vrši konverziju podataka iz DNP 3 protokola u IEC 870-5-101 protokol i predstavlja red 5 sa slike 5. Komunikaciona veza između RTU uređaja i nadređenog SCADA servera je ostvarena preko radio veze i po digitalnom radio putu. DNP Server koncentrador nema mogućnost prenosa podataka po IEC 870-5-101 protokolu, tako da se RTU uređaj ovde koristi kao konvertor protokola.



Slika 6 Komunikacione šeme povezivanja TS i DC-a

### Preslikavanja poruka između DNP3 i IEC 870-5-101 protokola

Na slici 7 su dati načini preslikavanja DNP3 protokola u IEC 870-5-101 protokol. Podrazumeva se da je čitalac familijaran sa IEC 870-5-101 protokolom i čitalac se upućuje na sliku 3 ovog rada koja prikazuje odgovarajuće DNP3 funkcije.

DNP 3.0 implementation		IEC 870-5-101 implementation	
Function Code	Description	<Type ID> or (Tx cause)	Description
0	Confirm	(P/N=0) (P/N=1)	Positive confirm Negative Confirm
1	Read	(1) <100> <101> <102> (5-6) (20) (21-36) (38-41)	Periodic, Cyclic Interrogation command Counter interrogation CMD Read command Request General interrogation Group interrogation Group counter request
2	Write	<120-126> (13) <110-113> <103>	File transfer Parameter of measured value Clock sync command
3 4 5 6	Select Operate Direct operate Direct operate no ack	<45-51> (6,8)	Single/double command Set point commands regulating Step CMD activation Deactivation
7 8 9 10 11 12	Immediate freeze Immediate freeze – no ack Freeze and clear Freeze and clear – no ack Freeze with time Freeze with time –no ack	<113>	Parameter activation (parameter equals time period memorization of integrand totals)
13 14 15 16	Cold restart Warm restart Init data to default Initiate application	(4)<70>	Initialized End of initialization
17 18	Start application Stop application	<105>	Reset process command
19	Save configuration	<120-126>(13) <113>	File transfer Parameter activation
20	Enable unsolicited		
21	Disable unsolicited		
22	Assign to class	(20-41)	Group interrogations
23	Delay measurement	<103>	Clock sync command
129	Response	(11) (12) <7> <7> <10> <1-21>	Return info – local CMD Return info – remote CMD Activation confirmation Deactivation confirmation Activation termination Process info – monitor direction
130	Unsolicited response	(1) (3) <104> <106>	Periodic, cyclic Spontaneous Test command Delay acquisition command

Slika 7 Načini preslikavanja poruka DNP3 u IEC 870-5-101 protokol

## ZAKLJUČAK

Mišljenje je autora da DNP3 protokol pruža širok spektar mogućnosti kako u komunikaciji između uređaja u samoj trafo stanici tako i u komunikaciji između dispečerskog centra i trafo stanice. Po svojim karakteristikama DNP3 protokol ima svoje mesto pre svega u komunikaciji između dispečerskog centra i trafo stanice po komunikacionim linijama sa manjim protokom podataka (radio veza). U slučaju radio veze na 1200 boda sa odgovarajućim vremenima držanja signala CTS-a i RTS-a, jedna prozivka po nebalansiranom IEC 870-5-101 protokolu CALL2 - NO DATA može da traje između 1 i 2 sekunde, što u slučaju prozivke 60 stanica po jednom prenosnom putu daje frekvenciju osvežavanja digitalnih statusa od 60 do 120 sekundi. DNP 3 protokol u ovom segmentu daje neuporedivo bolje rezultate.

## LITERATURA:

- 1. Malcolm Smith/Michael Copps, 1992, "DNP V3:00 Data Object Library"
- 2. Technical Description, 2000, "Remote Communication Protocol for REC 523"
- 3. Jay Makhija, 2003, "Comparison of protocols used in remote monitoring: DNP 3.0, EC 870-5-101 & Modbus"