

PRVI REZULTATI PROJEKTA REDIZAJN SOFTVERA ZA TELEFONSKU CENTRALU DKTS 30 POVEĆANOG KAPACITETA

Milan Jovanović, Dimitar Komlenović, Pupin Telecom DKTS

Sadržaj - U ovom radu su prikazani prvi rezultati rada na projektu redizajna softvera digitalne telefonske centrale DKTS 30 u cilju povećanja kapaciteta. Centrala proširenog kapaciteta je poređena sa prvobitnom DKTS 30 centralom, i neki od dobijenih rezultata su prikazani.

1. UVOD

Javna telefonska centrala DKTS 30 [1] je najnoviji proizvod iz poznate familije DKTS digitalnih telefonskih centrala. Iako je u komercijalnoj eksploataciji od 1999. godine i dalje se radi na njenom razvoju i usavršavanju, sve u cilju:

- poboljšanja kvaliteta već postojećih usluga,
- omogućavanja novih usluga,
- smanjenja cene proizvodnje.

Slično savremenim komutacionim sistemima, DKTS 30 je zasnovan na velikom broju različitih komercijalno dostupnih mikroprocesora i mikrokontrolera, koji često međusobno razmenjuju poruke. To znači da sa stanovišta problematike koju obrađuje ovaj rad, sistem DKTS 30 predstavlja distribuirani heterogeni multiračunar koji radi u realnom vremenu.

Na slici 1 je prikazana uprošćena arhitektura sistema DKTS 30 sa ciljem da se prikažu samo delovi sistema od interesa za priču koja sledi. Sistem se sastoji od centralnih blokova (CB) i periferijskih blokova (PB). Centralni blokovi su: administracija (AB), komutacioni blok (KOM), oscilatorna jedinica (OSC), i UCP (*Universal Central Processor*) jedinica. Bitna uloga UCP jedinice je distribucija poruka između centralnih i periferijskih blokova. U cilju povećanja pouzdanosti sistema centralni blokovi su duplirani. Centralni blokovi su povezani eternetom koji je takođe dupliran. Svi centralni blokovi, osim UCP-a, izlaze na oba ova eterneta.

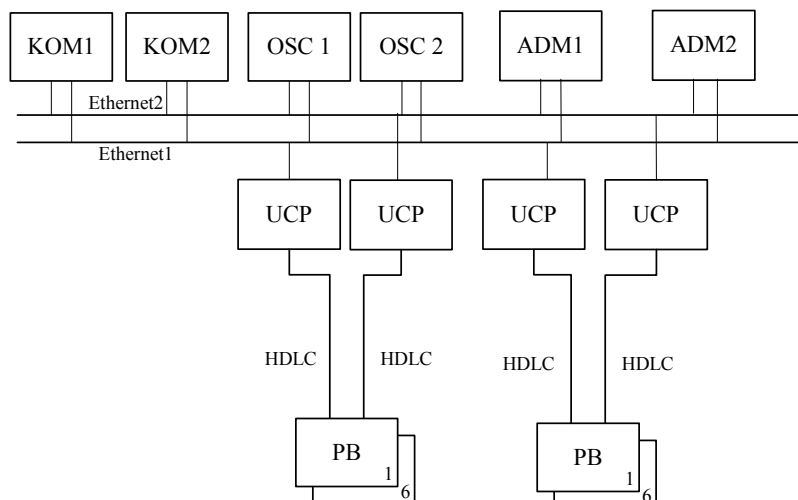
Periferijske jedinice su povezane na UCP jedinice serijskim HDLC vezama. Par UCP jedinica radi u režimu

ravnomerne raspodele opterećenja za grupu od šest periferijskih jedinica. Svaka od tih šest periferijskih jedinica je povezana na obe UCP ploče zasebnom vezom. Periferijski blokovi (PB) se mogu podeliti na prenosničke i učesničke blokove.

Jedan od osnovnih izazova pri projektovanju softvera DKTS 30 sadržan je u heterogenosti mikroprocesora (zastupljeni su procesori iz familija Intel i Motorola 68360, planira se i uvođenje procesora iz familije PowerPC), kao i raznolikosti operativnih sistema koji egzistiraju na različitim jedinicama sistema (originalno razvijeni, WinNT, Linux, pSOS i RTEMS).

Softver sistema DKTS 30, bar kada su u pitanju centralni blokovi, je zasnovan na objektno orijentisanim principima [2] i razvijen je korišćenjem UML notacije [3] i standarda za projektovanje softvera. U tu svrhu je korišćen Rational Rose CASE alat i objektno orijentisan programski jezik C++. Ovaj softver je organizovan hijerarhijski po slojevima, gde svaki sloj obezbeđuje servis hijerarhijski višem nivou, a istovremeno je klijent nižem nivou. Takođe, softver je organizovan kao skup serverskih objekata distribuiranih po procesorima sistema. Serverskim objektom se modeluju glavne apstrakcije sistema. Serverski objekti kojima se modeluju apstrakcije u sistemu su implementirani kao konačni automati - FSM (*Finite State Machine*), što predstavlja uobičajen pristup pri projektovanju takozvanih "embedded" sistema za rad u realnom vremenu [4]. Svaki konačni automat je dizajniran po projektnom obrazcu *Bridge* [5], i sastoji se od interfejsnog i implementacionog objekta. Interfejsni i implementacioni objekat mogu biti na različitim procesorima i jedina veza između njih je zajednička jedinstvena identifikacija.

Softver koji se izvršava na periferijskim blokovima je u velikoj meri drugačije organizovan. U cilju bržeg izvršavanja, pisan je na anssembleru i standardnom C jeziku. Izvršava se na operativnom sistemu koji je razvijen u Iritelu.



Slika 1: Uprošćena arhitektura sistema DKTS 30

2. PROJEKTAT REDIZAJNA SOFTVERA

U firmi DKTS se polako prelazi na projektnu organizaciju vođenja poslova. Uz pomoć odogovarajućih softverskih alatki prave se planovi, pišu se izveštaji, prati se uspešnost realizacije pokrenutih projekata. Za svaki razvojni projekat se formira tim, sve sa vođom projekta, administratorom, itd. Članovi tima mogu istovremeno učestvovati u više različitih projekata.

Maksimalni kapacitet prvobitne DKTS 30 centrale od 15872 brojeva se vremenom pokazao kao nedovoljan za rastuće zahteve tržišta, pa je pokrenut projekat povećanja kapaciteta centrale, čime bi se maksimalni kapacitet uvećao na teorijskih 174592 učesnika. Izmene u hardveru centrale su opisane u [6], dok su planirane izmene u softveru detaljno opisane u [7]. Ovaj rad je prvenstveno posvećen prvim rezultatima projekta redizajna softvera, tako da su planirane i odrađene izmene u hardveru i softveru opisane samo koliko je to potrebno za praćenje izlaganja.

U okviru projekta redizajna softvera je rađeno na:

- redizajnu slike sistema,
- redizajnu međuprocorske komunikacije,
- prirodnijoj integraciji udaljenih učesničkih blokova u sistem,
- algoritmima za distribuirani nadzor sistema,
- odgovarajućim promenama u bazi sistema i
- grafičkom korisničkom interfejsu.

Zahtev projekta za redizajn softvera u cilju povećanja kapaciteta centrale je bio, ne samo da se prosto podrži rad centrale sa većim brojem blokova, već da se obrati pažnja i na njene performanse. Nije bilo realno očekivati da će algoritmi koji su se pokazali uspešnim pod jednim opterećenjem, biti na visini zadatka pod značajno većim opterećenjem.

Kada je u pitanju kompatibilnost softvera, odlučeno je da novi softver bude kompatibilan sa hardverom prvobitne centrale, ali da ne bude kompatibilan sa njenim softverom. To znači da se novi softver može izvršavati na svim DKTS 30 platformama, ali da se ne može mešati sa starim softverom. Cilj je bio da se prevaziđu neka ograničenja i uska grla koja se posledica ranije zahtevane kompatibilnosti sa DKTS 20 sistemima, od koje se vremenom odustalo. Posebna pažnja je posvećena prelaznom periodu, tako da se eventualne nove funkcionalnosti mogu bez problema dodati i u softver prvobitne centrale i u softver centrale sa proširenim kapacitetom. Zbog odustajanja od kompatibilnosti sa DKTS 20 perifernim blokovima, bilo je zgodno uraditi redizajn sistemskog softvera na perifernim blokovima, što se pokazalo kao ne mali zalogaj i vrlo je usporilo realizaciju celokupnog projekta.

Zbog velikog broja različitih tipova procesora, različitih hardverskih platformi, operativnih sistema, situacije da je potrebno paralelno ispravljati i eventualne greške na terenu, uporedo sa radom na centrali proširenog kapaciteta dodavati nove funkcionalnosti za prvobitnu centralu, velika pažnja je posvećena metodologiji testiranja softvera.

Napravljen je skup testova od parcijalnog testiranja do integralnog testiranja, sa upotrebom generatora poziva ili bez njega. U fazi testiranja povećana je upotreba dojava neregularnih stanja, dok će se u krajnjem kodu neke od ovih

provera izostaviti da bi se dobilo na brzini izvršavanja. Napravljeni su i automati čija je jedina uloga testiranje rada centrale. Primer je automat koji se instancira na svakom procesoru i u cilju testiranja međuprocorske komunikacije generiše željeni saobraćaj.

Specifičnost ovog projekta je da se realizuje u saradnji dve trenutno prilično nezavisne firme (Pupin Telecom DKTS i Iritel), koje istina već dugi niz godina zajednički rade na razvoju DKTS centrala. Vremenom se promenila struktura učešća ove dve firme u projektu razvoja DKTS centrala. Ranije je razvoj rađen kompletno u Iritelu, dok je sada DKTS ravnopravan partner. Na primer softver za centralne blokove se radi u DKTS-u, dok se softver za periferni blokove radi u Iritelu. Kako se ugovori nisu menjali, trenutno su vrlo nejasni i nedefinisani međusobni odnosi i obaveze između ove dve firme, bar na nivou inženjera koji rade na razvoju centrale. Pored toga, zaposleni u ovim institucijama često imaju različite ciljeve (nevezano sa ovim projektom), različite prioritete, različito su motivisani, što dodatno otežava vođenje ovog projekta.

Ovako veliki projekat je bilo nezahvalno planirati prvenstveno zbog (nepredvidivog) rada na rešavanju problema sa centralama na terenu (isti ljudi rade i jedan i drugi posao), kao i zbog rada na velikom broju razvojnih projekata čiji se prioritet sa vremenom menjao. Zbog ovih problema je broj ljudi koji su stvarno bili posvećeni ovom projektu mali, može se reći nedovoljan posmatrajući njegovu kompleksnost, što je uticalo na često produženje rokova.

3. PRIMENJENA REŠENJA OD INTERESA

Od realizovanih rešenja u projektu povećanja kapaciteta od interesa za ovaj rad najznačajnija su ona vezana za međuprocorsku komunikaciju. Osnovni zahtev redizajna međuprocorske komunikacije je bio da se smanji broj poruka potrebnih u radu centrale, kao i da se dodatno poveća pouzdanost same međuprocorske komunikacije. Da bi se ovo podržalo bilo je potrebno malo promeniti zaglavljive poruke, koje i dalje ostaje iste dužine, i sadrži tip poruke, internet adrese odredišta i izvorišta poruke, identifikaciju poruke i identifikaciju automata ka kome se poruka šalje. Pored toga što je format internet adrese promenjen, promenjen je i način obeležavanja tipa poruke, što zajedno čini dodatni izvor nekompatibilnosti sa prethodnim rešenjem. Između ostalog, novom karakterizacijom poruka je omogućeno da se, ako se to želi, na protokolarnom nivou ne traži potvrda o primljenoj poruci, pošto se to već obavlja na funkcionalnom nivou.

U cilju ubrzanja međuprocorske komunikacije izbačen je SP protokol, koji se koristio u komunikaciji perifernih blokova i UCP blokova preko HDLC kanala [8]. Ovaj protokol je bio zadržan zbog kompatibilnosti sa DKTS 20 perifernim blokovima, od koje se vremenom odustalo. Na ovaj način je izbačen NLC nivo protokol steka. Pored toga, još jedna istorijska uloga UCP ploče, nastala zbog kompatibilnosti sa DKTS 20 perifernim blokovima se pokazala kao nepotrebna. Izbačen je i NLB nivo protokol steka [9] zadužen za konverziju poruka iz DKTS 30 u DKTS 20 format i obrnuto.

U dizajnu prvobitne centrale nije ostavljena mogućnost da UCP ploče sa jednog eterneta komuniciraju sa UCP pločama koje su na drugom eternetu. Tokom eksploatacije

centrale se pojavila potreba da i ploče parnjaci međusobno komuniciraju. Da bi međuprocorska komunikacija u celini bila pod nadzorom softvera centrale, odlučeno je da se ovaj nedostatak ispravi tako što će se omogućiti softversko rutiranje sa eterneta na ethernet. Centralni blokovi koji imaju raspoloživ izlaz na oba eterneta (ADM, KOM, OSC, GGI) služe kao ruteri. Ovde se kao idealno rešenje pokazala OSC ploča koja inače nije opterećena međuprocorskom komunikacijom. Ovo rutiranje je podržano u slici sistema. Pored toga, ovo rutiranje se može iskoristiti u slučaju ispada pojedinačnih mrežnih interfejsa ploča koje imaju dva interfejsa. Na primer, ranije KOM ploča kojoj ne radi jedan mrežni interfejs ka jednom ethernetu nije mogla da pošalje poruku ka UCP pločama koje su na tom ethernetu.

Smanjenju broja poruka koje prolaze kroz sistem značajno doprinosi i primena multikasta [10]. Umesto slanja više istih pojedinačnih poruka ka različitim destinacijama (recimo administracija obaveštava ostale blokove o ispadu nekog bloka) dovoljno je slanje jedne multikast poruke koju onda primaju svi procesori koji su članovi te multikast grupe. Problem je predstavljao veliki broj različitih operativnih sistema koji pružaju različit (ali ipak sličan) programerski interfejs prema multikast konceptu. Pored toga, bilo je potrebno obezbediti da svi procesori dobiju multikast poruku (naročito ako u sistemu ima neispravnih mrežnih interfejsa), ali da ne bude dupliranih poruka, što može biti posledica primene alternativnih putanja. Ubrzanja su ostvarena pri periodičnom ažuriranju lokalnih slika u centrali, pri slanju dojava o ispadu i uspostavi blokova, odnosno mrežnih interfejsa, pri periodičnoj proveru stanja blokova, pri slanju izveštaja o greškama u radu terminalima.

4. USLOVI ANALIZE

U laboratoriji za razvoj DKTS-a se nalazi maketa telefonske centrale DKTS 30 koja je posvećena projektu povećanja kapaciteta. Iako je ova maketa skromne veličine u odnosu na centralu maksimalnog kapaciteta, pokazala se dovoljnom za dosadašnje faze razvoja i testiranja, i na njoj su odrađeni svi opisani eksperimenti. Ova maketa sadrži dve administracije, dve KOM ploče, dve OSC ploče, 4 para UCP-ova, 4 klasična učesnička bloka, dva prenosnička bloka i jedan prošireni učesnički blok. U sektoru za testiranje se nalazi znatno bolje opremljena maketa telefonske centrale DKTS 30 koja je posvećena projektu povećanja kapaciteta.

Pri testiranju je korišćen i simulator poziva japanske firme *Anritsu*, model EF111A. Veze su uspostavljane preko 4 učesnička bloka, od kojih su tri vezana na jedan par UCP-ova, a preostali učesnički blok je vezan na drugi par UCP-ova. Zbog ograničenog broja kablova formirane su 24 dvojne telefonske veze, podeljene u tri grupe po osam veza. Da bi se pokrili svi slučajevi od interesa za testiranje, prvu grupu čine veze između telefonskih brojeva koji su na istom učesničkom bloku, drugu grupu čine veze između telefonskih brojeva koji su vezani na 2 učesnička bloka koji su vezani na isti par UCP-ova, dok treću grupu čine veze između telefonskih brojeva koji su nakačeni na 2 učesnička bloka koji su vezani na različite UCP-ove. Izabran je asinhroni mod uspostavljanja telefonskih veza, a intezitet generisanog saobraćaja je kontrolisan dužinom trajanja poziva (*path hold*) i vremenom između kraja jednog poziva i generisanja sledećeg poziva (*release time*).

5. REZULTATI

U ovom poglavlju su prikazani odabrani rezultati do sada odrađenog poređenja rada centrale proširenog kapaciteta (PK) i prvobitne DKTS 30 centrale (PC).

Prvo je obrađeno spuštanje softvera na periferijske blokove: klasičan učesnički blok (u430), prošireni učesnički blok (exp), klasičan prenosnički blok (p430), i prenosnički blok za No7 komunikaciju (pN07). Veličine fajlova koji se spuštaju su praktično iste za obe razmatrane varijante.

Tip ploče	Broj blokova [512B]	Prvobitna centrala [s]	Prošireni kapacitet [s]
u430	257	11	6
exp	436	18	9
p430	513	21	11
pN07	692	29	14

Tabela 1: Spuštanje softvera na periferijske blokove

Iz Tabele 1 se vidi da su ostvarena značajna ubrzanja. Čak do dva puta se softver brže spušta na periferijske blokove u centrali proširenog kapaciteta. Prvenstveni razlog ovakvog poboljšanja leži u izbacivanju SP protokola u komunikaciji periferijskih blokova sa UCP blokovima čime je značajno smanjen broj poruka potrebnih za spuštanje softvera na periferijske blokove. Pored toga, preradom samog algoritma spuštanja, mada se i dalje koristi centralizovana varijanta u kojoj master administracija ima glavnu reč, je dodatno smanjen broj poruka potrebnih za spuštanje softvera na periferijske blokove. Ostvareno poboljšanje u spuštanju softvera na periferijske blokove omogućava značajno smanjenje vremena podizanja centrale pri hladnom startu.

Značajno poboljšanje je ostvareno i pri realizaciji funkcionalnosti nadzora centrale. Dat je primer obaveštavanja svih blokova o nekoj promeni u sistemu (Tabela 2). Treba obratiti pažnju da se funkcionalni odgovori na ove obaveštavajuće poruke koriste za proveru stanja blokova u sistemu. Ovde su poredene tri varijante: prvobitno rešenje (PR), prvobitno rešenje uz primenu multikasta (MK) kojim se obaveštavaju centralni blokovi, dok se za periferijske blokove i dalje šalju pojedinačne poruke i distribuirano rešenje uz primenu multikasta (DR) pri kome UCP-ovi preuzimaju ulogu obaveštavanja i nadgledanja prikazanih im periferijskih blokova. Prosečno vreme odziva je dato na osnovu praćenja poruka na ethernetu i računa se od pojave prve poruke koja pripada fazi obaveštavanja, pa do poslednje poruke koja pripada fazi primanja odgovora. Broj poruka na ethernetu je dat za maksimalni kapacitet prvobitne centrale koja podrazumeva 128 periferijskih blokova. Za ovaj eksperiment je korišćena maketa u sektoru za testiranje.

	Broj poruka na ethernetu	Prosečno vreme odziva
PR	708	600 ms
MK	612	500 ms
DR	90	350 ms

Tabela 2: Obaveštavanje i prozivanje blokova

Jasno se vidi prednost distribuiranih rešenja u odnosu na centralizovana. Ne treba zanemariti ni dobit od primene multikasta, iako ona nije onoliko značajna koliko se očekivalo, zbog velikog broja preiferijskih blokova u odnosu na centralne blokove.

Ohrabrujući rezultati su dobijeni i testiranjem rada centrale sa simulatorom poziva (Tabela 3). Kod prvobitne centrale se pri testiranju tipično učesnički blok opterećuje sa po 2500 poziva na sat (preko toga nastaju problemi) i tu se broj neuspešnih poziva pri 500000 generisanih poziva tipično kreće oko 0.2%. Na test centrali proširenog kapaciteta se pri saobraćaju od prosečno 6000 poziva na sat po učesničkom bloku broj neuspešno ostvarenih veza (pri 500000 generisanih poziva) tipično nalazi u granicama od oko 0.005%.

	Broj poziva po učesničkom bloku	Procenat neuspešnih poziva
PC	2500	0.2%
PK	6000	0.005%

Tabela 3: Testiranje sa simulatorom poziva

Vidi se da je odustajanjem od kompatibilnosti sa periferijskim blokovima za DKTS 20, odnosno izbacivanjem SP protokola u komunikaciji UCP ploča i periferijskih blokova, kao i izbacivanjem konverzije poruka na UCP-u znatno povećana propusna moć periferijskih blokova, uz unapređenu stabilnost rada. Iz rada [11] se vidi da je na ovaj način dosegnut maksimalni saobraćaj na periferijskim blokovima koji KOM ploče pri datoj arhitekturi i organizaciji centrale mogu da izdrže, a da ne uđu u zasićenje.

6. ZAKLJUČAK

Projektom redizajn softvera za telefonsku centralu DKTS 30 povećanog kapaciteta postavljena je fleksibilna softverska osnova za rad centrale. Prvi rezultati rada su, što je pokazano i u ovom radu, ohrabrujući.

Pri spuštanju softvera na periferijske blokove ostvareno je značajno ubrzanje. Čak do dva puta se softver brže spušta na periferijske blokove u centrali proširenog kapaciteta. Ostvareno poboljšanje omogućava značajno smanjenje vremena podizanja centrale pri hladnom startu.

Učinjeno je dosta na smanjenju broja poruka koje propagiraju kroz sistem (izbačen je SP protokol u komunikaciji UCP-a i PB, primena multicasta, nepotrebna potvrda i na protokolarnom i na funkcionalnom nivou), što u krajnjoj instanci utiče na smanjenje odziva centrale na neke kritične pobude. Tako je značajno poboljšanje ostvareno pri obaveštavanju i prozivanju blokova u centrali. Jasno je pokazana prednost distribuiranih rešenja u odnosu na centralizovana čak i za maksimalni kapacitet prvobitne centrale.

Odustajanjem od kompatibilnosti sa DKTS 20 sistemima prerađena je međuprocorska komunikacija sa periferijskim blokovima. Testiranjem pomoću generatora poziva pokazana je povećana propusna moć periferijskih

blokova sa novim softverom, uz značajno unapređenu stabilnost rada.

Zbog ne male kompleksnosti projekta redizajna softvera u cilju povećanja kapaciteta digitalne telefonske centrale DKTS 30, paralelnog rada učesnika ovog projekta na drugim razvojnim projektima čiji se prioritet vremenom menja, potrebi da se uporedo sa radom na centrali proširenog kapaciteta dodaju nove funkcionalnosti za centrale koje rade na terenu, kao i da se otklanjaju eventualne greške na terenu, nije bilo dovoljno vremena za poređenja novorealizovanih rešenja sa prvobitnim rešenjima. Kako se projekat privodi kraju, biće više vremena za kvantitativne analize i poređenja ponašanja prvobitne DKTS centrale i centrale sa maksimalnim povećanim kapacitetom.

7. LITERATURA

- [1] Jovanović M., Šuh T., *System DKTS 30 Main Characteristics, Telfor 1997*, Beograd, pp. 122-125, 1997.
- [2] Booch G., *Object-Oriented Analysis and Design*, Second Edition, Benjamin-Cummings, 1994.
- [3] *UML Semantics*, Rational Software Corporation, 1997.
- [4] Selic B., Gullekson B., T.Ward P., *Real-Time Object-Oriented Modeling*, Willey Professional Computing, 1994.
- [5] Gamma E., Helm R., Johnson R., Vilsides J., *Design Patterns – Elements of Reusable Object-Oriented Software*, Addison-Wesley, 1994.
- [6] Laketa S., Vidić P., Nikolić N., "Povećanje kapaciteta sistema DKTS", *Telfor 2003*, Beograd, 2003.
- [7] Komlenović D., Kolašinović B., Jovanović M., "Softver za telefonsku centralu DKTS 30 povećanog kapaciteta", *ETRA 2004*, Čačak, 2004.
- [8] Jovanović M., Hiršl V., "Međuprocorska komunikacija u telefonskoj centrali DKTS 30," *YU INFO 1999*, Kopaonik, 1999.
- [9] Vujadinović D., Jovović Ž., "Funkcionalna konverzija poruka u sistemu DKTS20/30," *IT'98*, Žabljak, pp. 64-66, 1998.
- [10] Deering S., "Host Extensions for IP Multicasting," *RFC 1112*, 1989.
- [11] Markov M., Kolašinović B., Jovanović M., "Merenje opterećenja nekih resursa telefonske centrale DKTS 30 softverskom simulacijom poziva," *YUINFO 2002*, Kopaonik, 2002.

Abstract – First results of work on the software redesign project of DKTS30 switching system to support extended capacity were presented in this paper. The extended capacity switching system had been compared with the original DKTS 30 switching system, and some of the obtained results were given in this paper.

THE FIRST RESULTS OF THE SOFTWARE REDESIGN PROJECT OF DKTS30 SWITCHING SYSTEM TO SUPPORT EXTENDED CAPACITY

Milan Jovanović, Dimitar Komlenović