

Principi projektovanja multiservisnih mreža u elektroprivredi

Jasna Marković-Petrović, Mirjana Stojanović

Sadržaj — U ovom radu su izloženi principi projektovanja elektroprivrednih multiservisnih mreža. Posebno je ukazano na značaj primene simulacije, generalno i na konkretnom primeru elektroprivredne telekomunikacione mreže, koja obuhvata privredno društvo sa četiri hidroelektrane, dva sektora i administrativnom zgradom na geografski udaljenim lokacijama. Simulacija je izvršena pomoću softvera OPNET IT Guru Academic Edition.

Ključne reči — Integracija servisa, Kvalitet servisa, Opsluživanje paketa.

I. UVOD

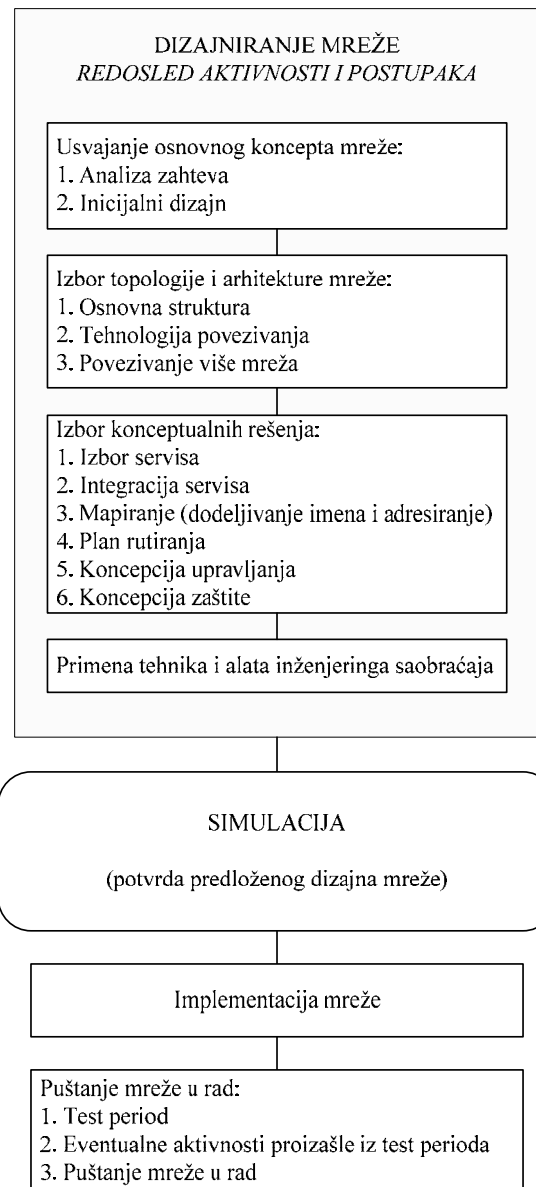
NOVA generacija telekomunikacionih (TK) mreža u elektroprivredi se zasniva na koncepciji multiservisnih IP mreža, u kojima su, delimično ili potpuno, integrisani operativni i poslovni servisi. Razlozi za integraciju servisa su ekonomičnost, efikasno korišćenje mrežnih resursa, fleksibilnost, skalabilnost i unifikacija upravljanja mrežom. Potencijalni rizici su: složen proces projektovanja, obezbeđivanje više nivoa kvaliteta servisa (QoS – *Quality of Service*), zaštita mreže, zaštita opreme i informacija. Takođe treba uzeti u obzir međusobni uticaj servisa, preuzimanje resursa od drugih servisa zbog nedostatka izolacije istih i složenije upravljanje.

Operativni i poslovni elektroprivredni TK servisi postavljaju određen broj specifičnih zahteva TK sistemu u pogledu performansi i tehničkih karakteristika. S obzirom na raznorodnost servisa i aplikacija koje ih koriste, podrška različitih nivoa QoS je jedan od preduslova za primenu IP tehnologije u elektroprivrednim TK mrežama. Uloga simulacije u projektovanju je da se izvrši procena mogućnosti primene IP tehnologije, odluči o stepenu integracije pojedinih operativnih i poslovnih servisa, kreiraju rešenja za implementaciju i verifikuje projekat mreže, testiranjem ponašanja u različitim uslovima rada.

II. PRINCIPI PROJEKTOVANJA TK MREŽA

Projektovanje mreže je složen postupak koji zavisi od veličine mreže i broja i tipa servisa koje treba implementirati. Potrebno naći kompromis između zahteva,

cene, pouzdanosti i funkcionalnosti mreže. Na Sl.1 je grafički prikazan ciklus projektovanja mreže [1].



Sl. 1. Ciklus projektovanja mreže.

U početku je važno dobro definisati zahteve korisnika kroz listu zahtevanih servisa i odgovarajućih parametara QoS kao što su raspoloživost, tolerancija greške, kašnjenje, džiter. Specifikacija zahteva bi trebalo da sadrži sledeće parametre: servise koji će biti integrisani u mrežu, klasu servisa, QoS, saobraćajne profile, raspoloživa finansijska sredstva, topološka i tehnološka ograničenja.

J. Marković-Petrović, PD Hidroelektrane „Đerdap“ - HE „Đerdap 2“, Kraljevića Marka 2, 19300 Negotin, Srbija (telefon: 381-19-573100, e-mail: jasna.markovic@djerdap.rs)

M.Stojanović, SF i ETF, Srbija (telefon 381-11-3091398, e-mail: m.stojanovic@sf.bg.ac.rs).

Izbor tehnologije zavisi od toga koje servise treba pružiti putem mreže. U elektroprivredi ključni operativni servisi su daljinsko upravljanje (SCADA/EMS/DMS), telezaštita, operativni video i operativna telefonija. Za operativne servise karakteristični su strogi zahtevi za pouzdanost, raspoloživost i kašnjenje, pri čemu se, sa pojavom multimedijalnih servisa, javljaju i novi zahtevi za veći propusni opseg, za sinhronizaciju informacija različitog tipa i dr. Ovi servisi ne generišu promenljive i nepredvidljive količine saobraćaja, ali postoji opasnost da kvalitet ovih servisa bude degradiran, ili od aplikacija koje zahtevaju velike propusne opsege ili usled dužeg prisustva „eksplozivnog“ saobraćaja (*traffic bursts*).

Poslovne servise karakteriše obogaćivanje tradicionalnih servisa novim uslugama. Za poslovnu telefoniju zahtevaju se usluge kao što su govorna pošta, automatska distribucija poziva i računarska telefonija. Za servis prenosa poslovnih podataka mreža treba da podrži različite tipove saobraćaja, u zavisnosti od prirode aplikacija. Interaktivni multimedijalni servisi obuhvataju servise u realnom vremenu (videotelefonija, videokonferencije i dr.) i servise za razmenu i manipulaciju multimedijalnim dokumentima.

Aplikacije vezane za poslovne servise zahtevaju velike propusne opsege. Tipični zahtevi pojedinih elektroprivrednih TK servisa, koji se mogu integrisati u IP mrežu, za performanse specificirani su u Tabeli 1 [1].

TABELA 1: ZAHTEVI SERVISA

<i>Operativni servis</i>	<i>Daljinsko upravljanje</i>	<i>Poslovni podaci</i>	<i>Video nadzor</i>
Kašnjenje	< 1s	< 1min	< 2s
Raspoloživost servisa	> 99.98%	> 99.5%	> 99.5%
Propusni opseg	Nizak	Srednji do visok	Nizak do visok
Tolerancija džitera	Visoka	Visoka	Niska

Uzimajući u obzir zahteve pojedinih servisa, potrebno je da se u multiservisnoj mreži izvrši klasifikacija servisa po prioritetima. Nezavisno od primenjene arhitekture QoS, vremenski kritičnim servisima se dodeljuju viši prioriteti. Klase servisa se razlikuju na osnovu vrednosti najvećeg dozvoljenog kašnjenja i džitera između krajnjih tačaka mreže, najveće verovatnoća gubitka paketa i dr. Što je manji skup definisanih klasa lakša je implementacija i povezivanje sa drugim mrežama.

Moguće su različite varijante pridruživanja pojedinih operativnih i poslovnih elektroprivrednih TK servisa različitim nivoima QoS u skladu sa DiffServ [2], ITU-T preporukom Y.1541[3] ili zahtevima korisnika mreže.

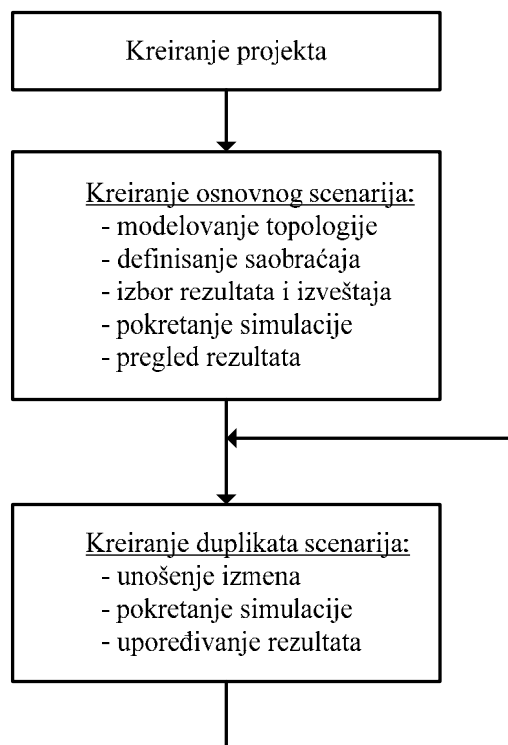
III. PRIMENA SIMULACIJE U PROJEKTOVANJU

Simulacija se primenjuje za potrebe verifikacije projekta IP mreže. Za potrebe evaluacije primenljivosti IP tehnologije i odlučivanja o stepenu integracije servisa

potrebno je da se uzmu u obzir zahtevi za kvalitet operativnih i poslovnih servisa.

Simulacioni model definiše: (1) topologiju mreže koju čine čvorovi mreže međusobno povezani linkovima; (2) definisanje matrice saobraćaja; (3) modelovanje izvora saobraćaja; (4) definisanje protokola u korisničkoj i kontrolnoj ravni; (5) modeliranje mehanizama opsluživanja saobraćaja, u zavisnosti od primenjenih rešenja za QoS [4].

U ovom radu je korišćen OPNET (*Optimized Network Engineering Tool*) IT Guru Academic Edition [5], [6] Simulacija ponašanja mreže se sastoji iz više koraka, koji su grafički prikazani na Sl. 2.



Sl. 2. Dijagram toka kreiranja projekta i scenarija.

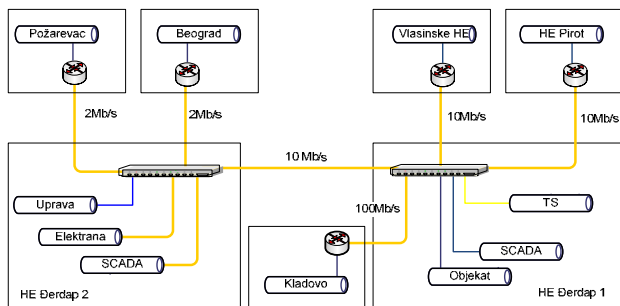
Struktura modelovanja je podeljena na tri glavna dela i definiše troslojnu hijerarhiju simulatora:

- Domen mreže.** Definisane mreže i podmreže, mrežne topologije, geografskih koordinata i slično.
- Domen čvora.** Definisane pojedinačnih čvorova u mreži, na primer ruter, radna stanica, mobilni uređaj.
- Domen procesa.** Definisane modula i procesa unutar čvora mreže (npr. model izvora saobraćaja).

IV. PRIMER SIMULACIJE ELEKTROPRIVREDNE TK MREŽE

Za simulaciju je izabran jedan deo elektroprivredne TK mreže, koji obuhvata privredno društvo sa četiri hidroelektrane, dva sektora i administrativnom zgradom na geografski udaljenim lokacijama. Na jednoj hidroelektrani se nalazi centar integralnog informacionog sistema odakle se vrši upravljanje mrežom. U ovom centru se nalaze serveri sa implementiranim softverom i bazom poslovnog informacionog sistema. Na svakoj hidroelektrani je implementiran SCADA sistem. Okosnica

mreže je bazirana na optičkim vlaknima postavljenim unutar zaštitne užadi po dalekovodima, tj. OPGW (*Optical Ground Wire*) kablovima. Kapacitet linkova i međusobne veze su prikazani na Sl. 3.



Sl.3. Blok šema telekomunikacione mreže.

Simulacioni model se, prema tome, sastoji od sedam podmreža, a svaka od njih sadrži određen broj lokalnih mreža koje su predstavljene objektom *Switched LAN*, sa definisanim brojem radnih stanica u lokalnoj mreži. Podmreža u kojoj je centar upravljanja mrežom sadrži i servere. Na Sl. 4 je prikazan simulacioni model mreže, i ujedno i primer podmreže u simulatoru.

U radu je razmatrana korisnička ravan. Kontrolna i upravljačka ravan se ne razmatraju, jer se podrazumeva da se ti podaci prenose sa najvišim prioritetom [4], [7], [8].

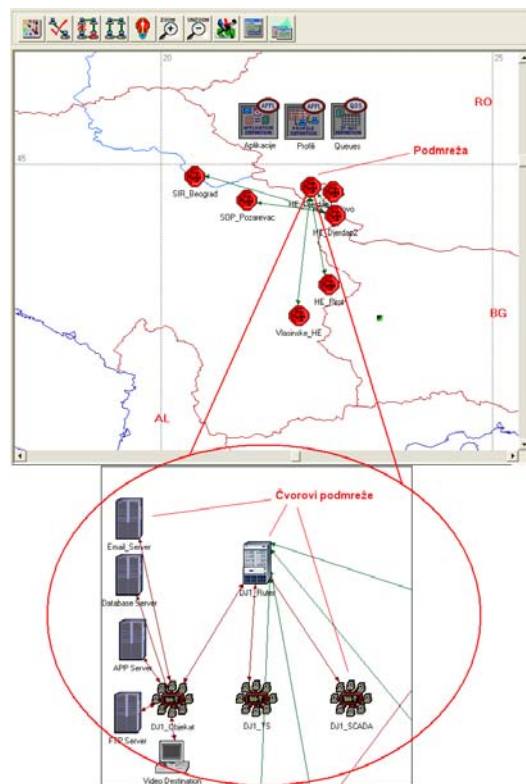
Saobraćaj u multiservisnoj mreži potiče od različitih aplikacija SCADA, elektronske pošte, transfera fajlova, pretraživanja i pristupu Web sadržajima i dr. U simulaciji su korišćene standardne aplikacije, a tok saobraćaja je modelovan pomoću osam različitih profila, pri čemu je za SCADA podatke definisano tri profila zasnovanih na FTP (*File Transfer Protocol*) aplikaciji [7]:

1. Profil SCADA 1: slanje rezultata merenja iz pogona ka dispečerskom centru. Vreme ponavljanja događaja je konstantan kratak period, a količina podataka odgovara uniformnoj raspodeli u opsegu manjih vrednosti.
2. Profil SCADA 2: razmena signala alarma i komandi između dispečerskog centra i pogona. Saobraćaj se generiše u skladu sa Poasonovom raspodelom.
3. Profil SCADA 3: razmena dispečerskih izveštaja između SCADA sistema. Vreme ponavljanja događaja je konstantan duži period, a količina podataka odgovara uniformnoj raspodeli (veći fajlovi).

Ovakav SCADA model koristi pouzdan transportni servis, realizovan posredstvom TCP protokola. E-mail, FTP i HTTP su profilisani Pareto raspodelom koja uspešno simulira raspored i gustinu saobraćaja koje ove aplikacije generišu u IP mreži. Prenos video signala je definisan kao prenos signala male rezolucije sa 10 frejmova u sekundi i rezolucijom 128 x 240 piksela.

Ovako definisan simulacioni model pruža mogućnosti iscrpne analize performansi projektovane mreže. U nastavku će biti prikazan deo rezultata koji se odnosi na analizu uticaja različitih disciplina opsluživanja paketa (*queuing*) na kašnjenje za različite servise. Analizom su obuhvaćena tri karakteristične discipline *First-In-First-Out* (FIFO), *Priority Queuing* (PQ) i *Weighted-Fair*

Queuing (WFQ). Detaljnija razmatranja o ovim disciplinama su data u literaturi [8].

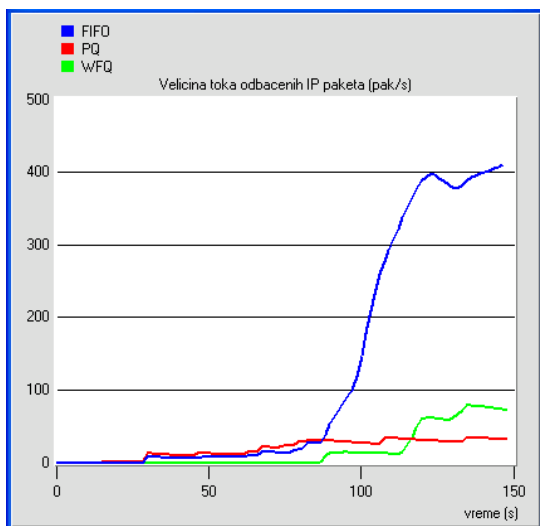


Sl. 4. Simulacioni model mreže.

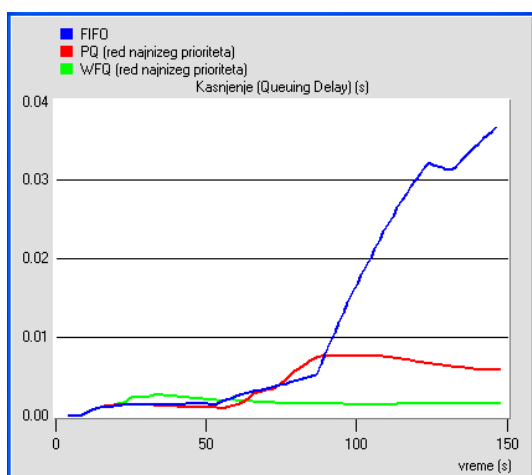
Saobraćaj u korisničkoj ravni je klasifikovan u četiri klase različitog prioriteta, prema vrednosti polja ToS (*Type of Service*). Poslovnim servisima, koje definišu standardne aplikacije za prenos pošte, fajlova i pretraživanje Web-a dodeljen je najniži prioritet (0). Sledeći prioritet (1) dodeljen je aplikacijama za upit i upis u poslovnu bazu podataka. Operativnom videu je pridružen tip servisa sa prioritetom 2, a operativnim servisima daljinskog upravljanja i monitoringa koji su predstavljeni SCADA saobraćajem u ovom modelu je pridružen najviši prioritet (3). Komunikacioni kapaciteti za pojedine servise su izabrani tako da se na kritičnom linku koji povezuje HE Đerdap 1 i HE Đerdap 2 pojavljuje zagušenje.

Za svaku disciplinu opsluživanja paketa definisani su redovi. FIFO disciplina ima jedan red i celokupan saobraćaj, bez obzira na tip servisa se opslužuje na isti način. Za PQ i WFQ u ovom modelu je usvojena struktura u kojoj se definišu četiri reda, po jedan za svaki prioritet. Trajanje simulacije je 150 s.

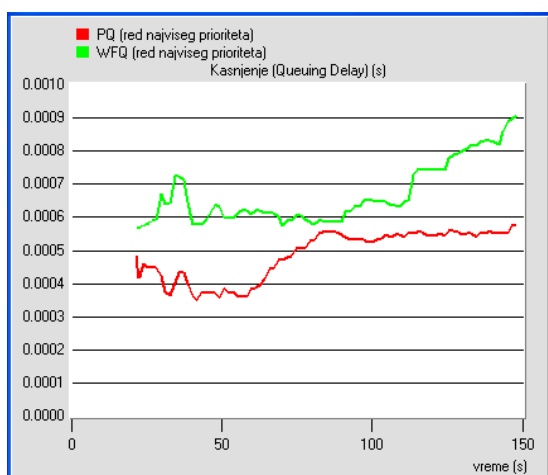
Grafički prikaz rezultata simulacije je dat u nastavku rada. Na Sl. 5. je prikazan stepen odbacivanja IP paketa na svim čvorovima u mreži. Kašnjenje usled čekanja paketa u redu najnižeg prioriteta je ilustrovano grafikom na Sl. 6. Na ovom primeru je verifikovano da FIFO disciplina nije podesna za primenu u izabranoj multiservisnoj mreži. Ova disciplina je neprihvatljiva za vremenski kritične aplikacije. Izbor između PQ i WFQ zavisi od konkretnih zahteva korisnika i tipa integrisanih servisa.



Sl. 5. Globalna statistika: Odbacivanje IP paketa.



Sl. 6. Interfejs rutera DJ1 ka ruteru DJ2: Kasnjnje usled čekanja u redu.



Sl. 7. Interfejs rutera DJ1 ka ruteru DJ2: Kasnjnje usled čekanja u redu.

WFQ generalno obezbeđuje ravnopravniji tretman svih klasa saobraćaja u odnosu na PQ. Prednost PQ za vremenski kritične aplikacije je ilustrovana na Sl. 7. na kojoj je prikazano kašnjenje usled čekanja paketa u redu najvišeg prioriteta. U PQ disciplini nema povećanja kašnjenja, zato što se taj red opslužuje sa najvećim prioritatom. Da bi se u PQ disciplini sprečilo zagušenje u redovima nižeg prioriteta potrebno je da se ograniči propusni opseg reda najvišeg prioriteta. Vrednosti kašnjenja su u dozvoljenim granicama koje zahtevaju operativni servisi.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu je ukazano na ulogu simulacije u procesu projektovanja elektroprivredne telekomunikacione mreže. Sistematizovani su opšti principi formiranja simulacionih modela. Opisan je primer modelovanja konkretne multiservisne mreže koja integriše heterogene operativne i poslovne servise. Prikazan je deo rezultata istraživanja koji se odnosi na izbor optimalne discipline opsluživanja paketa u cilju podrške različitih nivoa kvaliteta servisa.

LITERATURA

- [1] Radni materija CIGRÉ, "Integrated Service Networks for Utilities", WG D2.07, 2003.
- [2] S.Blake et al. "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475 (Informational), IETF, 1998.
- [3] N.Seitz, NTIA/IST, "ITU-T QoS Standards for IP-Based Networks", IEEE Communications Magazine, June 2003, str 82-89
- [4] M.Stojanović, D.Popović, V.Aćimović-Raspopović, J.Gajica: "Primena simulacije u projektovanju elektroprivrednih telekomunikacionih mreža sa tehnologijom Internet protokola", Elektroprivreda, broj 3, 2004, str. 65-75.
- [5] X. Chang, "Network Simulations with OPNET", *Winter Simulation Conference*, Phoenix, USA, 1999.
- [6] "OPNET IT Guru Academic Edition: A tool for networking education", MSCIT Practicum Paper, Regis University. http://www.opnet.com/university_program/teaching_with_opnet/textbooks_and_materials/index.html.
- [7] J.Kuduz, dr M.Stojanović, S.Boštjanić-Rakas,"Uloga rezervacije resursa u garantovanju kvaliteta IP servisa za aplikacije daljinskog upravljanja", Kolokvijum D2 C2 CIGRE Srbija, 2010.
- [8] H.J.Chao, X.Guo, *Quality of Service Control in High-Speed Networks*, John Wiley & Sons, 2002.

ABSTRACT

This paper presents a design principle of the integrated service networks for power utilities. It especially points the importance of using simulation in general and the specific example of the telecommunication network which includes a company with four hydroelectric plants, two sectors and the administrative building in geographically remote locations. The simulation is performed using software OPNET IT Guru Academic Edition.

DESIGN OF INTEGRATED SERVICE NETWORKS FOR POWER UTILITIES

Jasna Marković-Petrović, Mirjana Stojanović