

Određivanje pouzdanosti složene komunikacione mreže simulacionom metodom

Dušan Ostojić, Slavko Pokorni, Dragoljub Brkić

Sadržaj – U radu je prikazana primena razvijenog softverskog paketa, primenom simulacione metode Monte Carlo, i Weibull-ove raspodele, za proračun dvo-terminalne pouzdanosti složene komunikacione mreže.

Ključne reči – Metoda Monte Carlo, proračun pouzdanosti, simulacija, složena komunikaciona mreža.

I. Uvod

U radovima [1], [2], [3], [4] i [5], primenom simulacione metode Monte Carlo, izvršen je proračun pouzdanosti na primerima relativno jednostavnijih komunikacionih mreža:

- mreže sa rednom vezom elemenata,
- mreže sa paralelnom vezom elemenata,
- mreže sa elementima u mostnoj vezi i
- mreže sa centralama povezanim u prsten.

Obzirom da se radi o primerima relativno jednostavnijih mreža, bilo je moguće izvršiti proračun pouzdanosti analitičkim putem i primenom aproksimativne simulacione metode Monte Carlo.

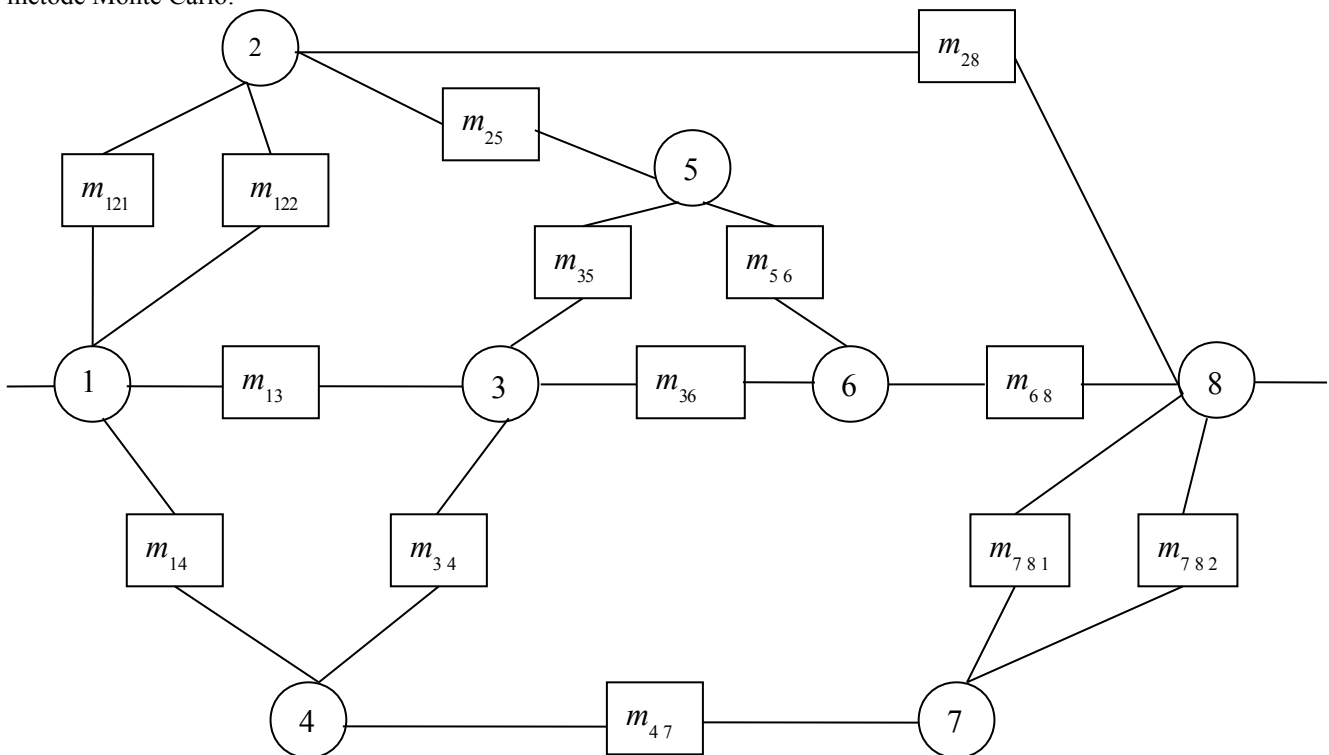
Uporednim pregledom rezultata proračuna pouzdanosti po obe metode, utvrđen je visok stepen podudarnosti dobijenih rezultata. Time su rezultati prethodnih istraživanja dobili potvrdu i preporuku za dalji rad na primeni simulacione metode Monte Carlo za određivanje pouzdanosti složene komunikacione mreže.

U ovom radu, je primenjena ista simulaciona metoda Monte Carlo na proračun dvo-terminalne pouzdanosti složene komunikacione mreže.

Iz razmatranja su izuzeti uticaji otkaza softvera i spoljnih smetnji.

II. KONFIGURACIJA HARDVERA SLOŽENE KOMUNIKACIONE MREŽE I REZULTATI PRORAČUNA POUZDANOSTI

Komunikaciona mreža, sl. 1., sastoji se od osam čvorova. Između čvorova 1-2 i 7-8 postoje paralelne veze (linkovi) a većina čvorova povezana je samo po jednom linku. Mnogi od ovih čvorova nemaju nikakve direktne (medusobne) veze.



Sl. 1. Komunikaciona mreža

Dušan Ostojić, Dragoljub Brkić, Tehnički opitni centar, Beograd (telefon: 011/3401-124)

Slavko Pokorni, Visoka škola strukovnih studija za informacione tehnologije, 11080 Zemun, Cara Dušana 34, (telefon: 011/3168929; e-mail: slavko.pokorni@its.edu.rs).

Dvo-terminalna pouzdanost [6] R_{1-8} predstavlja verovatnoću da će svi čvorovi na putanji od polaznog-prvog do dolaznog-osmog čvora, kao i svi linkovi između tih čvorova, u hardverskom smislu ispravno funkcionisati

u toku zadatog vremena t i pod zadatim radnim uslovima i uslovima okoline.

Osnovni ulazni podaci za proračun pouzdanosti složene komunikacione mreže [8] definisani su parametrima pouzdanosti: srednje vreme rada između otkaza ($m = MTBF$) za čvorove (centrale) i linkove. Srednje vreme između otkaza, kao ulazni podatak odabran je zbog toga što su, na zahtev kupca, proizvođači opreme za komunikacionu mrežu dužni da obezbede podatke o navedenom parametru pouzdanosti m za elemente mreže, i mogu se odrediti na više načina, a jedan od njih je i na osnovu standardizovanih priručnika za pouzdanost, kao što je, na primer, vojni priručnik *MIL – HDBK - 217 F* [7].

Srednja vremena rada između otkaza za čvorove, za mrežu na sl. 1., data su u tabeli 1., a srednja vremena rada između otkaza za linkove u tabeli 2.

TABELA 1: NUMERIČKE VREDNOSTI m_i I-TOG ČVORA KOMUNIKACIONE MREŽE

i	Srednje vreme rada između otkaza za čvorove $m_i [h]$
1	3011
2	2958
3	3147
4	3084
5	3204
6	2890
7	2905
8	3137

TABELA 2: NUMERIČKE VREDNOSTI m_{ij} LINKOVA IZMEĐU i – TOG I j – TOG ČVORA KOMUNIKACIONE MREŽE

i	j	Srednja vremena rada između otkaza za linkove $m_{ij} [h]$
1	2	2983 2983
1	3	4018
1	4	3798
2	5	4205
2	8	3815
3	4	4327
3	5	4029
3	6	3512
4	7	3745
5	6	4623
6	8	3948
7	8	2731 2731

Za primenu simulacione metode Monte Carlo urađen je softverski paket, a osnove njegove realizacije opisane su u prethodnim radovima, citiranim u uvodu ovog rada.

Softverski paket realizovan je tako da se podaci o srednjim vremenima između otkaza elemenata komunikacione mreže unose u matricu ulaznih podataka.

Radi lakšeg praćenja daljih objašnjenja, treba uočiti da su čvorovi (1, 2) i (7, 8) mreže na sl. 1., spojeni paralelnim vezama (redundovane veze).

Matrica ulaznih podataka međusobnih veza elemenata posmatrane komunikacione mreže prikazana je na sl. 2. U polje 1,1 (čvor 1, čvor 1) unosi se podatak m za čvor 1, u polje 2,2 (čvor 2, čvor 2) podatak za čvor 2 i tako dalje, pa se u dijagonali matrice nalaze vrednosti za svih m čvorova komunikacione mreže sa sl. 1.

	čvor 1	čvor 2	čvor 3	čvor 4	čvor 5	č
čvor 1	3011	2983/2983	4018	3798		
čvor 2	2983/2983	2958			4205	
čvor 3	4018		3147	4327	4029	
čvor 4	3798		4327	3084		
čvor 5		4205	4029		3204	
čvor 6			3512		4623	
čvor 7				3745		
čvor 8		3815				

Sl. 2. Matrica ulaznih podataka ($m = MIBF$) elemenata komunikacione mreže

Na isti način unose se i ostale vrednosti srednjih vremena između otkaza za linkove. Ako između čvorova komunikacione mreže nema direktne veze, što je, na primer, situacija između čvorova 2-3 mreže sa sl. 1., onda se u ta polja, u ovo primeru, polje 2,3 (čvor 2, čvor 3) matrice ulaznih podataka (sl. 2.), ne unose nikakve vrednosti za m odnosno srednje vreme između otkaza.

Pošto je $m_{i,j} = m_{j,i}$ programski je urađeno tako da se po unosu gornjih vrednosti u odnosu na dijagonalu matrice, iste vrednosti preslikavaju i u donji deo matrice. U polje 1,2 (čvor 1, čvor 2) unesene su vrednosti za $m_{12} = m_{21} = 2983 / 2983 h$ što ukazuje da se radi o paralelnim linkovima između čvorova 1-2.

Za proračun pouzdanosti date mreže primenjena je Weibull-ova raspodela, kod koje je za parametar oblika za sve elemente mreže uzeta vrednost 1, a što je prikazano matricom na sl. 3.

	čvor 1	čvor 2	čvor 3	čvor 4	čvor 5	č
čvor 1	1	1/1	1	1		
čvor 2	1/1	1				1
čvor 3	1		1	1	1	
čvor 4	1		1	1		
čvor 5		1	1			1
čvor 6			1			1
čvor 7				1		
čvor 8		1				

Sl. 3. Ulazni podaci parametra oblika za elemente komunikacione mreže

Kako su parametri oblika za sve elemente mreže jednaki 1 to Weibull-ova raspodela, u stvari, prelazi u ekspancijalnu raspodelu.

Ostali ulazni parametri su:

- zahtevano bezotkazno vreme rada mreže je $T_0 = 100 h$,

- broj iteracija $N = 103$.

Pomoću već pomenutog softverskog paketa određuju se i granice poverenja R_1 i R_2 , a usvojeno je da su rizici jednaki: $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,025$.

Pouzdanost R izražava se kao verovatnoća, te se za date rizike α_1 – donji rizik i α_2 – gornji rizik mogu odrediti i granice poverenja za $R = R(t) = R(T_0)$ pomoću sledećih izraza:

$$R_1 = 1 - X_{N-M; M+1; \alpha_1}$$

$$R_2 = X_{M+1; N-M; \alpha_2}$$

gde je $X_{a; b; \gamma}$ gornji kvantil beta raspodele sa parametrima a i b i gornjim kvantom (rizikom ili verovatnoćom greške) γ . Kvantili beta raspodele mogu se naći u statističkim tablicama.

U računarskom programu, urađenom za primenu ove metode, postoji poseban podprogram pomoću koga se određuje gornji kvantil beta raspodele.

Ako je potrebno odrediti dvo-terminalnu pouzdanost između čvorova 1-8, sl. 4., prvo se, softverski, definiše polazni čvor 1 i dolazni čvor 8.

Na isti način, mogu se definisati, grafički prikazati i proračunati sve preostale moguće kombinacije dvo-terminalne pouzdanosti između bilo koja dva čvora komunikacione mreže.

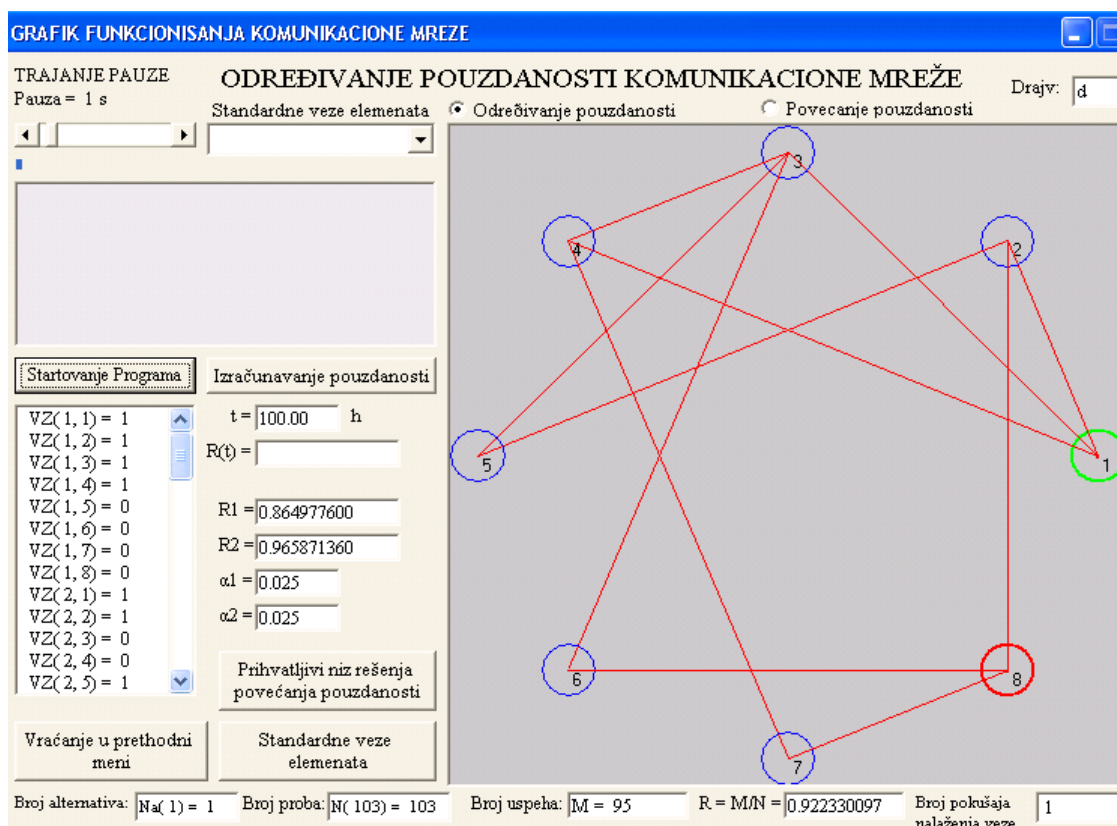
Posle izvršenih, u našem slučaju, $N = 103$ proba primenom aproksimativne simulacione metode Monte Carlo dobijeni su rezultati ocenjene tačkaste i intervalne pouzdanosti komunikacione mreže, koji se mogu videti na sl. 4.

Uz ulazne podatke pretpostavljene u ovom primeru, za dvo-terminalnu pouzdanost između čvorova 1-8 komunikacione mreže sa sl. 1., dobijeno je:

$$R_{1-8} = \frac{M}{N} = 0,9223, \text{ odnosno } R_{1-8} = 92,23 \%$$

Imajući u vidu usvojene pretpostavke, vrednost za pouzdanost koja se dobija u postupku simulacije predstavlja verovatnoću da će konfiguracija hardvera, koja predstavlja putanje između čvorova 1 i 8, biti ispravna u toku zadatog vremenskog intervala, ovde $t = 100 h$. S obzirom da pouzdanost važi za određene radne uslove i uslove okoline, ovde se podrazumeva da su to uslovi za koje važe ulazni podaci za srednje vreme između otkaza m , za elemente mreže. Ovu verovatnoću ne treba poistovećivati sa verovatnoćom uspostavljanja veze između navedenih čvorova.

Za granice poverenja, za tačkastu ocenu dvo-terminalne pouzdanosti između čvorova 1-8 ove komunikacione mreže (vrednost $R_{1-8} = 92,23 \%$), i usvojene rizike $\alpha_1 = \alpha_2 = 0,025$, dobijene su vrednosti $R_1 = 86,50 \%$ i $R_2 = 96,60 \%$



Sl. 4. Rezultati proračuna pouzdanosti komunikacione mreže između čvorova 1-8

Nivo verodostojnosti dobijenog rezultata proračuna pouzdanosti iznosi:

$$P = 1 - (\alpha_1 + \alpha_2) = 1 - (0,025 + 0,025) = 0,95.$$

To znači da se sa nivoom verodostojnosti od 95 % može tvrditi da interval poverenja $[R_1, R_2]$ prekriva nepoznatu vrednost $R(t)$ gde je $T_0 = 100 h$ zahtevano vreme bezotkaznog rada mreže.

III. ZAKLJUČAK

Razvijeni softverski paket obezbeđuje jednostavnu primenu za proračun dvo-terminalne pouzdanosti između bilo koje dve tačke složene komunikacione mreže, za koju je teško ili praktično nemoguće odrediti analitičku relaciju za pouzdanost. Ova simulaciona metoda je zasnovana na Weibull-ovoj raspodeli što omogućava primenu ovog softvera na složene komunikacione mreže sa elektronskim, elektromehaničkim i mehaničkim komponentama.

LITERATURA

- [1] D. Ostojić, D. Brkić: „Određivanje pouzdanosti i raspoloživosti jednog telekomunikacionog sistema metodom Monte Carlo“, *Vojnotehnički glasnik* br. 3, Beograd, 2006.
- [2] D. Ostojić, D. Brkić, S. Pokorni, „Određivanje raspoloživosti jednog telekomunikacionog sistema metodom Monte Carlo“, zbornik radova 9. međunarodne konferencije *Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM-2006*, Beograd, 2006.

- [3] D. Ostojić, D. Brkić, S. Pokorni, „Alokacija pouzdanosti komunikacione mreže metodom simulacije“, 2. naučni skup *Odbrambene tehnologije OTEH 2007*, Vojnotehnički institut, Beograd, 2007.
- [4] D. Ostojić, D. Brkić, S. Pokorni, „Obezbeđenje zahtevanog nivoa raspoloživosti telekomunikacione mreže metodom simulacije“, *TELFOR*, Beograd, 2007.
- [5] D. Ostojić, D. Brkić, S. Pokorni, „Primena Weibullove raspodele u određivanju pouzdanosti komunikacione mreže metodom simulacije“, zbornik radova 11. međunarodne konferencije *Upravljanje kvalitetom i pouzdanošću DQM-2008*, Beograd, 2008.
- [6] M. Luby, *Monte-Carlo Methods for Estimating System Reliability*, University of California at Berkeley, 1984.
- [7] *MIL-HDBK-217 A, B, C, D, E, F*
- [8] H. K. Ping, *Network Reliability Estimation*, PhD thesis, The University of Adelaide, 2005.

ABSTRACT

Estimation of two terminal reliability for a complex communication network by software developed by the authors, based on Monte Carlo simulation method and Weibull distribution is presented in this paper.

RELIABILITY ESTIMATION OF A COMPLEX COMMUNICATION NETWORK BY SIMULATION METHOD

Dušan Ostojić, Slavko Pokorni, Dragoljub Brkić