

Procena pouzdanosti i raspoloživosti složene komunikacione mreže računarskom simulacijom

Dušan Ostojić, Slavko Pokorni, Dragoljub Brkić

Sadržaj – U radu je prikazana primena razvijenog softverskog paketa, primenom simulacione metode Monte Carlo, za proračun dvo-terminalne pouzdanosti i raspoloživosti jedne složene komunikacione mreže (do 50 čvorova-stanica i 150 spojnih veza-linkova). Softverski paket pisan je u programskom jeziku VISUAL BASIC 6.0 na laptop računaru MSI, sa operativnim sistemom Windows XP Professional. Vreme izvršenja programa sa preko 500000 iteracija je nekoliko sekundi, (ukoliko se ne daje slika grafičkog prikaza proračuna). Za proračun pouzdanosti i raspoloživosti primenjena je Weibull-ova raspodela koja je pogodna za složene mreže sa elektronskim, elektromehaničkim i mehaničkim komponentama sa različitim vrednostima funkcija intenziteta otkaza.

Gljučne reči – Metoda Monte Carlo, proračun pouzdanosti i raspoloživosti, simulacija, složena komunikaciona mreža, softver.

I. UVOD

OBZIROM da je pouzdanost verovatnoća da će sistem obaviti zadatak koji je započet a raspoloživost verovatnoća da će sistem biti spreman za obavljanje zadatka to ovi logistički parametri imaju veliki značaj u vojnim, a i drugim profesionalnim i komercijalnim, komunikacionim mrežama. Zbog njihove namene, složenosti i cene, od ovih sistema se zahteva visok nivo pouzdanosti i raspoloživosti u što dužem vremenu eksploatacije.

Poznavanje pouzdanosti i raspoloživosti komunikacione mreže omogućuje formiranje valjanog normativa rezervnih delova, sistema održavanja, skladištenja i znavljanja optimalnog nivoa rezervnih delova po čitavoj teritoriji koju mreža pokriva.

Složene komunikacione mreže građene su od velikog broja čvorova (stanica) i linkova, i imaju veliki broj mogućih stanja sistema, pa je praktično gotovo nemoguće odrediti analitičke izraze za pouzdanost odnosno raspoloživost mreže. Zbog toga se pribegava primeni metoda simulacije. U prethodnim istraživanjima ova grupa autora već je izvršila proveru tačnosti softvera za proračun pouzdanosti/raspoloživosti na primeru mreže sa elementima povezanim u prsten [1] kao i drugim relativno jednostavnim primerima mreža sa:

- rednom vezom elemenata,
- paralelnom vezom elemenata i
- elementima u mostnoj vezi.

Dušan Ostojić, Dragoljub Brkić, Tehnički opitni centar, Beograd, Vojvode Stepe 445, (telefon: 011/3401-124; e-mail: toc@toc.vs.rs)

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

Za navedene mreže bilo je moguće i analitički odrediti vrednosti parametara pouzdanosti i raspoloživosti.

Uporednim pregledom rezultata proračuna pouzdanosti i raspoloživosti dobijenih primenom softverskog simulacionog paketa i primenom analitičke metode utvrđen je visok stepen podudarnosti dobijenih rezultata. Time su rezultati prethodnih istraživanja dobili potvrdu i preporuku za dalji rad na doradi matematičko-fizičkog modela i razvoju odgovarajućeg softverskog paketa koji podržava navedeni model za određivanje pouzdanosti i raspoloživosti složene komunikacione mreže.

U ovom radu dati su rezultati primene razvijenog softverskog paketa za proračun pouzdanosti i raspoloživosti složene komunikacione mreže baziranog na simulacionoj metodi Monte Carlo.

Iz razmatranja su izuzeti uticaji otkaza softvera i spoljnih smetnji.

II. KONFIGURACIJA SLOŽENE KOMUNIKACIONE MREŽE I REZULTATI PRORAČUNA POUZDANOSTI I RASPOLOŽIVOSTI

Komunikaciona mreža, koja je uzeta kao primer, sl. 1., sastoji se od osam čvorova. Između čvorova 1-2 i 7-8 postoje paralelne veze a većina čvorova povezana je samo jednim linkom. Mnogi od ovih čvorova nemaju direktne (međusobne) veze.

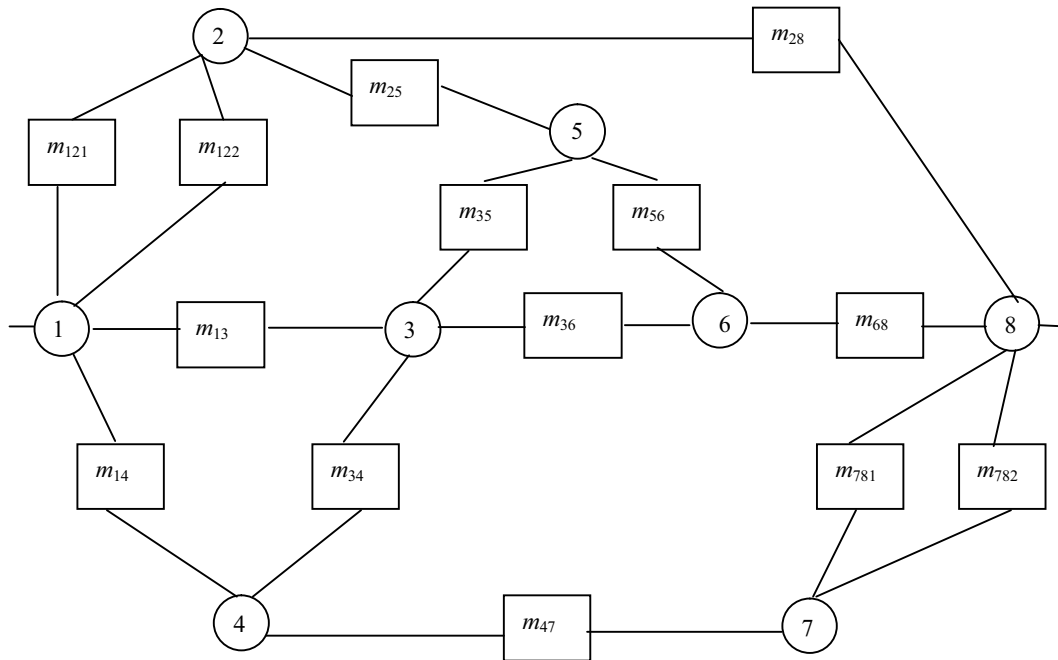
Linkovi se ne presecaju i ne radi se o mreži u prostoru. U pitanju je jednoslojna mreža sa linkovima i centralama u jednoj ravni.

Ovim softverskim paketom se proračunava dvo-terminalna pouzdanost i raspoloživost.

Dvo-terminalna pouzdanost [2] 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.

Dvo-terminalna raspoloživost A_{1-8} predstavlja verovatnoću da će svi čvorovi, u našem primeru, na putanji od polaznog-prvog do dolaznog-osmog čvora, kao i svi linkovi između tih čvorova, u hardverskom smislu biti raspoloživi da obave datu funkciju u trenutku vremena t pod zadatim radnim uslovima i uslovima okoline što podrazumeva mogućnost brze popravke odnosno dobru logističku podršku (raspoloživ alat, oprema, rezervni delovi i obučeno osoblje).

Po istom principu moguće je definisati, grafički prikazati i proračunati tražene parametre između bilo koja dva druga čvora mreže.



Sl. 1. Komunikaciona mreža

Pouzdanost $R(t)$ i raspoloživost $A(t)$ definisani su izrazima:

$$R(t) = e^{-\lambda t},$$

$$A(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

gde su:

- λ – intenzitet otkaza elementa mreže,
- μ – intenzitet opravke elementa mreže

($\mu = \frac{1}{\tau}$, τ – srednje vreme aktivne opravke elementa mreže).

Osnovni ulazni podaci za proračun pouzdanosti i raspoloživosti složene komunikacione mreže je srednje vreme rada između otkaza (mean time between failure)

$$MTBF = m = \frac{1}{\lambda} \text{ za čvorove i linkove.}$$

Srednje vreme rada između otkaza, kao ulazni podatak odabran je zbog toga što se do ovog parametra za element (čvor, link) može doći na više načina. Jedan, dosta čest, je proračun na osnovu standardizovanih priručnika za pouzdanost, kao što je, na primer, vojni priručnik MIL – HDBK – 217 F [3]. Osim toga, na zahtev kupca, proizvođači opreme za komunikacionu mrežu specijalne namene dužni su da obezbede podatke o srednjem vremenu između otkaza za elemente mreže.

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

Za primenu simulacione metode Monte Carlo [4] za određivanje (procenu) pouzdanosti i raspoloživosti urađen je softverski paket, a osnove njegove realizacije opisane su u [5].

TABELA 1: NUMERIČKE VREDNOSTI m_i ČVOROVA 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 MREŽE

i	j	Srednje vreme 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 proračun pouzdanosti i raspoloživosti date mreže primenjena je Weibull-ova raspodela.

U teoriji pouzdanosti poznato je da se za elektronske elemente, često, može smatrati da imaju konstantan intenzitet otkaza u vremenu (što olakšava proračun), što odgovara eksponencijalnoj raspodeli vremena rada do otkaza (a to je specijalan slučaj Weibull-ove raspodele sa parametrom oblika = 1), pa Weibull-ova raspodela obuhvata i eksponencijalnu.

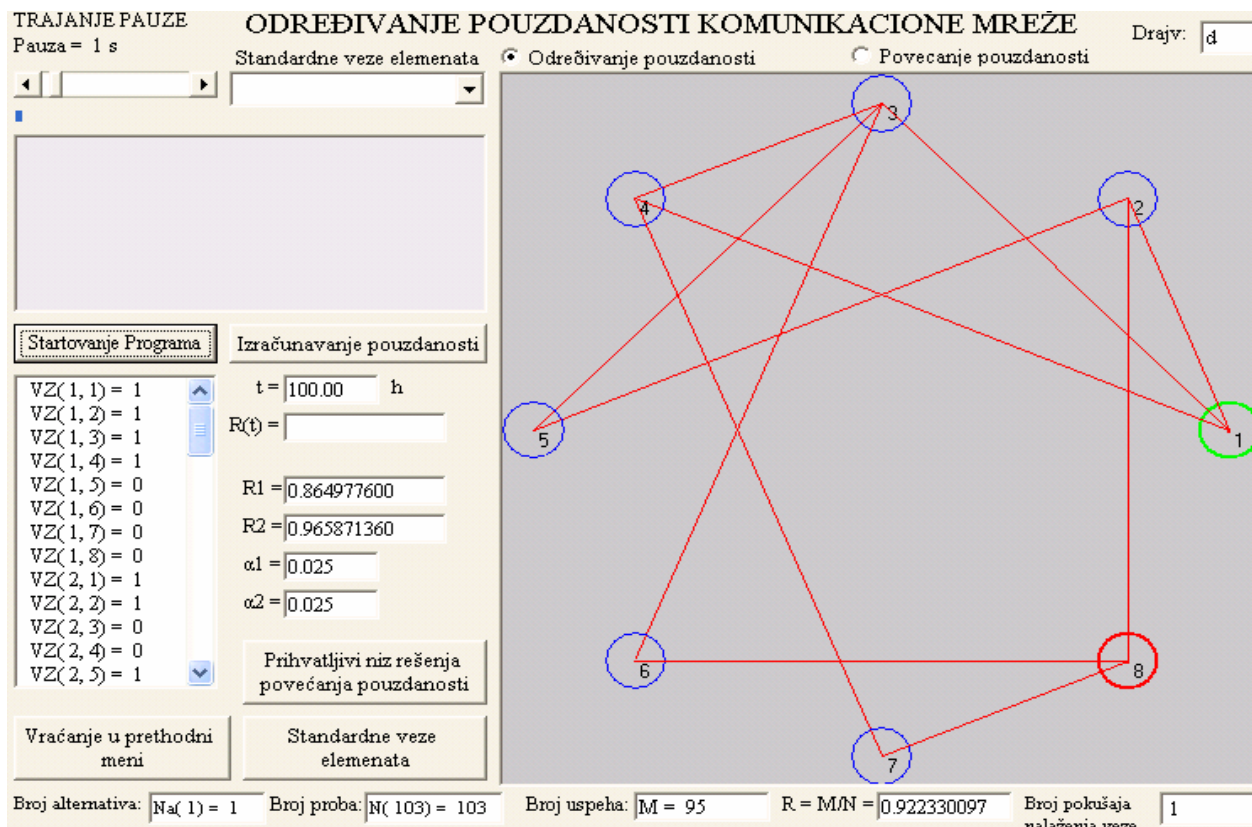
Mehanički i elektromehanički elementi, zbog neprestanog habanja u toku rada, imaju rastuće funkcije intenziteta otkaza u vremenu eksploatacije. Njihova vremena između otkaza imaju Weibull-ovu raspodelu sa parametrom oblika > 1 .

U primeru sa slike 1, radi se o mreži građenoj od elektronskih elemenata, kao ulazni podatak parametar oblika jednak je 1.

Ostali ulazni parametri su:

- zahtevano bezotkazno vreme rada mreže je $T_0 = 100 h$,
- broj iteracija $N = 103$,
- srednja vremena aktivne popravke za čvorove iznose $\tau = 5 h$,
- srednja vremena aktivne popravke za linkove iznose $\tau = 3 h$.

III. REZULTATI PRORAČUNA POUZDANOSTI I RASPOLOŽIVOSTI MREŽE



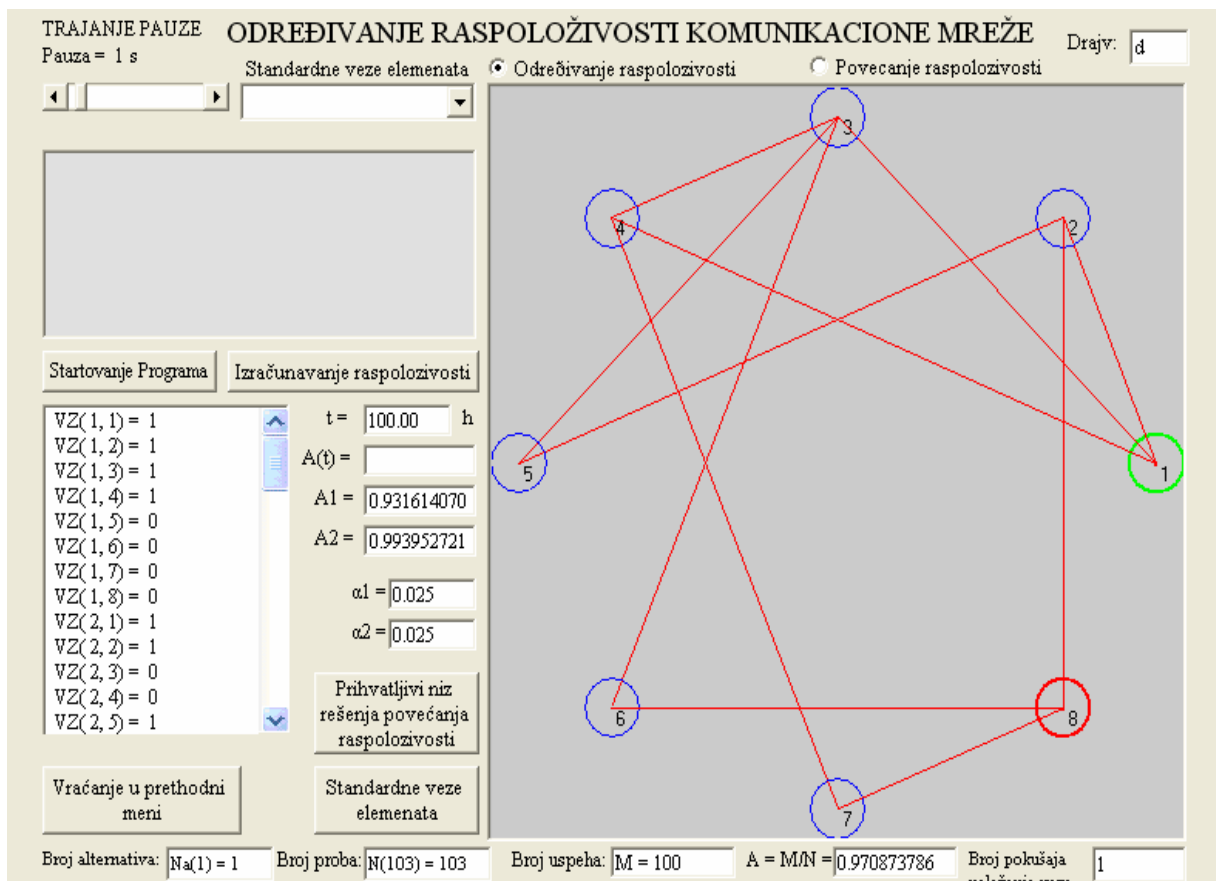
Sl. 2. Rezultati proračuna pouzdanosti komunikacione mreže između čvorova 1-8

Posle izvršenih, u našem slučaju, $N=103$ proba primenom aproksimativne simulacione metode Monte Carlo uz navedene ulazne podatke za dvo-terminalnu pouzdanost i raspoloživost između čvorova 1-8 komunikacione mreže sa sl. 1., prema slikama 2 i 3 dobijeni su rezultati:

$$R_{1-8} = 92,23\% \text{ i } A_{1-8} = 97\%.$$

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.

Zbog kompleksnosti mreže nije bilo moguće odrediti analitička rešenja i za određivanje pouzdanosti i raspoloživosti korištena je simulaciona metoda. U uvodnom delu je naglašeno da su u prethodnim radovima istih autora, na primerima jednostavnijih mreža, dobijeni rezultati simulacije bili vrlo bliski analitičkim rešenjima.



Sl. 3. Rezultati proračuna raspoloživosti komunikacione mreže između čvorova 1-8

IV. ZAKLJUČAK

Prikazanim softverskim paketom, koji su razvili autori, se relativno jednostavno, simulacijom, procenjuje (proračunava) dvo-terminalna pouzdanost i raspoloživost između bilo koje dve tačke složene komunikacione mreže, za koju je teško ili praktično nemoguće odrediti analitičke relacije za pouzdanost i raspoloživost.

Obzirom da je zasnovana na Weibull-ovoj raspodeli, simulaciona metoda je široko upotrebljiva, jer omogućava primenu ovog softvera za proračun pouzdanosti i raspoloživosti složene komunikacione mreže građene od elektronskih, elektromehaničkih ili mehaničkih komponenti.

Prikazani softverski paket omogućuje i alokaciju (raspodelu) srednjeg vremena između otkaza po elementima mreže i optimizaciju pouzdanosti i raspoloživosti, za zahtevanu pouzdanost i raspoloživost, što je veoma važno u postupku projektovanja, dogradnje i obezbeđivanja isplativosti komunikacione mreže.

LITERATURA

- [1] S. Pokorni, R. Ramović: Reliability and availability of telecommunication system of four ring connected stations, *Communications in Dependability and Quality Management, An International Journal*, Vol. 6, No. 1, 2003.
- [2] H. K. Ping, *Network Reliability Estimation*, PhD thesis, The University of Adelaide, 2005.
- [3] MIL-HDBK-217 A, B, C, D, E, F.

- [4] M. Luby, *Monte-Carlo Methods for Estimating System Reliability*, University of California at Berkeley, 1984.
- [5] D. Ostojić, *Određivanje pouzdanosti komunikacione mreže metodom simulacije i izbor optimalne putanje*, doktorska disertacija, Vojna akademija, Beograd, 2010.

ABSTRACT

Estimation of two-terminal reliability and availability for a complex communication network (up to 50 nodes and 150 links) by software developed by the authors, based on Monte Carlo simulation method and Weibull distribution is presented in this paper. Software packet is written in VISUAL BASIC 6.0 programming language on laptop MSI with operation system Windows XP Professional. Programm's execute time with over 500,000 iteration in a few seconds (if the picture of the graphical display isn't involved). For reliability and availability estimation Weibull distribution function is used, which is usable for electronic, electromechanical and mechanical components and with different failure rates.

RELIABILITY AND AVAILABILITY ESTIMATION OF A COMPLEX COMMUNICATION NETWORK BY COMPUTER SIMULATION

Dušan Ostojić, Slavko Pokorni, Dragoljub Brkić