

## DESPRE FIABILITATEA ECHIPAMENTULUI REȚELEI DE COMUNICAȚII NGN

A. Alexei

Universitatea Tehnică a Moldovei

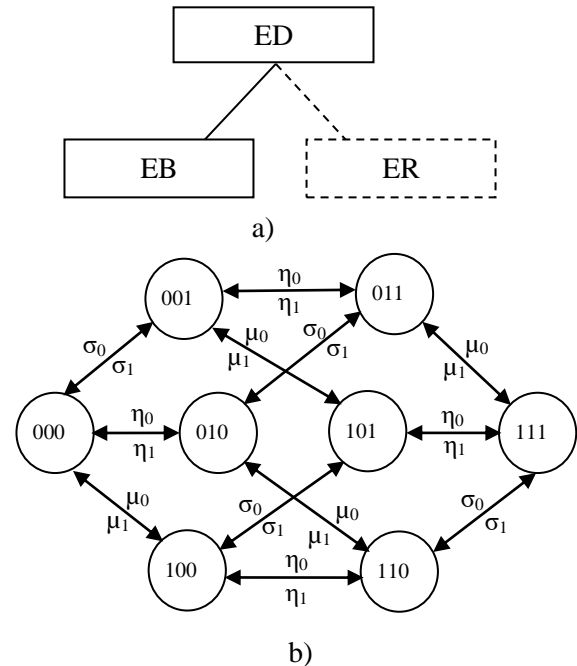
### 1. INTRODUCERE

Analizând rețeaua de generația următoare NGN (Next Generation Network), urmează să menționăm, că capacitatea de funcționare a rețelei este determinată de mulțimea stărilor marșrutizatoarelor de intrare și interacțiunilor dintre ele. Orice marșrutizator al rețelei de comunicații NGN poate să se afle într-un număr finit de diferite stări și modificarea stării marșrutizatorului are loc prin salt peste intervale aleatoare de timp distribuite spontan. Pentru descrierea unei astfel de rețea de comunicații NGN poate fi utilizat aparatul proceselor semi-Markov [1].

Luând în considerare, că marșrutizatoarele rețelei de comunicații NGN se referă la clasa de elemente cu fiabilitate sporită, în astfel de situație este posibilă utilizarea metodei grupării de fază [2,3] a sistemelor semi-Markov, care poate fi utilizată la diferite etape de evaluare a fiabilității. O proprietate importantă a metodei grupării de fază reprezintă acel fapt, că funcționarea rețelei NGN grupate se descrie de lanțul Markov în timp continuu și timpul de aflare a elementelor (marșrutizatoarelor) rețelei NGN în stări separate sunt distribuite conform legii exponențiale [4,5].

### 2. CALCULUL FIABILITĂȚII ECHIPAMENTULUI REȚELEI DE COMUNICAȚIE NGN

Pentru a simplifica analiza rețelei de comunicații NGN de orice complexitate se poate de petrecut gruparea rețelei NGN conform metodei descrise în [2,3] și de reprezentat rețeaua NGN grupată în două nivele (Figura 1). Astfel efectuarea grupării de fază pentru rețeaua NGN ne permite să substituim sistemul ce constă din  $K$  elemente de dirijare cu un singur element de dirijare ED și timpul lui de funcționare  $\mu_0$  posedă distribuție exponențială cu parametrul fluxului deranjamentelor  $m_0$ , iar timpul de restabilire  $\mu_1$  - cu parametrul  $m_1$ . ED se caracterizează prin distribuția timpului de funcționare  $M_0(x)=1-\exp(-m_0x)$  și de restabilire  $M_1(x)=1-\exp(-m_1x)$  și îndeplinește funcțiile de coordonator cu elementul



**Figura 1.** Structura rețelei de comunicații NGN în două nivele (a) și graful ei de treceri (b) după îndeplinirea procedurii de grupare.

de bază EB, care posedă corespunzător funcțiile de distribuire a timpului de funcționare  $N_0(x)=1-\exp(-n_0x)$  și de restabilire  $N_1(x)=1-\exp(-n_1x)$ , unde timpul EB de funcționare  $\eta_0$  posedă distribuție exponențială cu parametrul fluxului deranjamentelor  $n_0$ , iar timpul lui de restabilire  $\eta_1$  - cu parametrul de restabilire  $n_1$ .

În caz de necesitate se conectează elementul de rezervă ER, care se caracterizează de distribuția timpului de funcționare  $D_0(x)=1-\exp(-d_0x)$  și de restabilire  $D_1(x)=1-\exp(-d_1x)$ , unde timpul ER de funcționare  $\sigma_0$  posedă distribuție exponențială cu parametrul fluxului deranjamentelor  $d_0$ , iar timpul lui de restabilire  $\sigma_1$  - cu parametrul  $d_1$ . Dacă ER iese din funcție, atunci iese din funcție rețeaua NGN în întregime. La ieșirea din funcție a ED rețeaua NGN continuă să funcționeze în regim autonom, însă dacă în cazul dat iese din funcție EB, atunci ER nu se conectează și rețeaua NGN trece în stare de pană. În această situație nu se îndeplinesc funcțiile controlului diagnostic a EB și ER și ca urmare ele nu se restabilesc.

Deoarece toate mărimile aleatoare, care figurează la descrierea rețelei de comunicații NGN, posedă distribuție exponențială, vom utiliza modelele Markov pentru a calcula astfel de rețea. Stările rețelei NGN se propune de a fi notate prin  $i,j,k$  ( $i,j,k$  sunt egale cu 0 și 1) și totodată  $i,j,k$  caracterizează corespunzător stările ED, EB și ER. Numărul sumar al stărilor posibile a rețelei NGN este egală cu opt. Din toată mulțimea stărilor rețelei NGN analizată vom evidenția submulțimea stărilor cu capacitate de funcționare  $E_f = \{000, 001, 010, 100, 101\}$  și stărilor până  $E_p = \{011, 110, 111\}$ . Atunci timpul de aflare a elementelor rețelei NGN în stările indicate se determină de relațiile:

$$\begin{aligned} \theta_{000} &= \mu_0 \wedge \eta_0 \wedge \sigma_0; & \theta_{101} &= \mu_1 \wedge \eta_0 \wedge \sigma_1; \\ \theta_{001} &= \mu_0 \wedge \eta_0 \wedge \sigma_1; & \theta_{011} &= \mu_0 \wedge \eta_1 \wedge \sigma_1; \\ \theta_{010} &= \mu_0 \wedge \eta_1 \wedge \sigma_0; & \theta_{110} &= \mu_1 \wedge \eta_1 \wedge \sigma_0; \\ \theta_{100} &= \mu_1 \wedge \eta_0 \wedge \sigma_0; & \theta_{111} &= \mu_1 \wedge \eta_1 \wedge \sigma_1; \end{aligned} \quad (1)$$

Reprezentarea timpului de aflare a elementelor rețelei NGN în orice stare pe deplin determină procesul Markov cu un număr finit de treceri. Graful trecerilor a astfel de rețea este reprezentat în figura 1,b. Informația obținută ne permite să trecem la construirea matricei de realizare a procesului Markov:

$$\Lambda_0 = \begin{array}{c|cccccccc} & 000 & 001 & 010 & 011 & 100 & 101 & 110 & 111 \\ \hline 0 & d_0 & n_0 & 0 & m_0 & 0 & 0 & 0 & 000 \\ d_1 & 0 & 0 & n_0 & 0 & m_0 & 0 & 0 & 001 \\ n_1 & 0 & 0 & d_0 & 0 & 0 & m_0 & 0 & 010 \\ 0 & n_1 & d_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & m_0 & 011 \\ m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & d_0 & n_0 & 0 & 100 \\ 0 & m_1 & 0 & 0 & d_1 & 0 & 0 & n_0 & 101 \\ 0 & 0 & m_1 & 0 & n_1 & 0 & 0 & d_0 & 110 \\ 0 & 0 & 0 & m_1 & 0 & n_1 & d_1 & 0 & 111 \end{array} \quad (2)$$

și corespunzător, determinării parametrilor timpului de aflare în stările:

$$\begin{aligned} \Lambda_{000} &= m_0 + n_0 + d_0; & \Lambda_{100} &= m_1 + n_0 + d_0; \\ \Lambda_{001} &= m_0 + n_0 + d_1; & \Lambda_{101} &= m_1 + n_0 + d_1; \\ \Lambda_{010} &= m_0 + n_1 + d_0; & \Lambda_{110} &= m_1 + n_1 + d_0; \\ \Lambda_{011} &= m_0 + n_1 + d_1; & \Lambda_{111} &= m_1 + n_1 + d_1; \end{aligned} \quad (3)$$

Astfel, matricea probabilităților tranzitorii a rețelei de comunicații NGN ce se cercetează se determină în modul următor:

$$P = \begin{array}{c|cccccccc} & 000 & 001 & 010 & 011 & 100 & 101 & 110 & 111 \\ \hline 0 & \frac{d_0}{\Lambda_{000}} & \frac{n_0}{\Lambda_{000}} & 0 & \frac{m_0}{\Lambda_{000}} & 0 & 0 & 0 & 000 \\ d_1 & 0 & 0 & \frac{n_0}{\Lambda_{001}} & 0 & \frac{m_0}{\Lambda_{001}} & 0 & 0 & 001 \\ n_1 & 0 & 0 & \frac{d_0}{\Lambda_{010}} & 0 & 0 & \frac{m_0}{\Lambda_{010}} & 0 & 010 \\ 0 & \frac{n_1}{\Lambda_{011}} & \frac{d_1}{\Lambda_{011}} & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{m_0}{\Lambda_{011}} & 011 \\ m_1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{d_0}{\Lambda_{100}} & \frac{n_0}{\Lambda_{100}} & 0 & 100 \\ 0 & \frac{m_1}{\Lambda_{101}} & 0 & 0 & \frac{d_1}{\Lambda_{101}} & 0 & 0 & \frac{n_0}{\Lambda_{101}} & 101 \\ 0 & 0 & \frac{m_1}{\Lambda_{110}} & 0 & \frac{n_1}{\Lambda_{110}} & 0 & 0 & \frac{d_0}{\Lambda_{110}} & 110 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{m_1}{\Lambda_{111}} & 0 & \frac{n_1}{\Lambda_{111}} & \frac{d_1}{\Lambda_{111}} & 0 & 111 \end{array} \quad (4)$$

Pentru determinarea distribuției staționare  $\rho_{ijk}$  a procesului Markov este necesar de a soluționa sistemul de ecuații  $\vec{\rho}(P - I) = \mathbf{0}$  completând-o cu ecuația de normare. Cunoscând probabilitățile de aflare a elementelor rețelei NGN în fiecare stare, determinăm prin intermediul metodei standarde parametrii fluxului deranjamentelor  $c_0$  și de restabilire  $c_1$  a elementelor rețelei NGN investigate:

$$c_0 = \frac{\rho_{001} \frac{n_0}{\Lambda_{001}} + \rho_{010} \frac{d_0 + m_0}{\Lambda_{010}} + \rho_{100} \frac{n_0}{\Lambda_{100}} + \rho_{101} \frac{n_0}{\Lambda_{101}}}{\rho_{000} \frac{1}{\Lambda_{000}} + \rho_{001} \frac{1}{\Lambda_{001}} + \rho_{010} \frac{1}{\Lambda_{010}} + \rho_{100} \frac{1}{\Lambda_{100}} + \rho_{101} \frac{1}{\Lambda_{101}}} \quad (5)$$

$$c_1 = \frac{\rho_{011} \frac{n_1 + d_1}{\Lambda_{011}} + \rho_{110} \frac{m_1 + n_1}{\Lambda_{110}} + \rho_{111} \frac{n_1}{\Lambda_{111}}}{\rho_{011} \frac{1}{\Lambda_{011}} + \rho_{110} \frac{1}{\Lambda_{110}} + \rho_{111} \frac{1}{\Lambda_{111}}} \quad (6)$$

Caracteristicile obținute ne permit să trecem la determinarea indicilor de bază a fiabilității echipamentului rețelei de comunicații NGN investigate în două nivele:

- parametrul fluxului deranjamentelor

$$\Lambda = c_0; \quad (7)$$

- probabilitatea funcționării rețelei NGN fără deranjamente în decursul timpului  $t$ .

$$P_{f.d.}(t) = \exp(-c_0 t); \quad (8)$$

- durata de funcționare a rețelei NGN fără deranjamente:

$$T_{d.f.d.} = 1/c_0; \quad (9)$$

- coeficientul staționar de disponibilitate:

$$K_{s.d.} = c_1/(c_0 + c_1); \quad (10)$$

- coeficientul de disponibilitate operativă în decursul timpului  $t$ :

$$K_{d.o.} = [c_1/(c_0 + c_1)] \exp(-c_0 t); \quad (11)$$

Totodată reieșind din teoria fiabilității rețelelor de comunicații [6], parametrul fluxului deranjamentelor  $\Lambda$  se determină conform formulei:

$$\Lambda = N / (KT_a), \quad (12)$$

unde  $N$  este numărul deranjamentelor în rețeaua NGN analizată în decursul intervalului de timp  $K$ ;  $T_a$  - numărul de ore în decursul unui an ( $T_a = 8760$  ore).

Timpul de restabilire  $t_r$  a comunicațiilor reprezintă timpul mediu de staționare a comunicațiilor, exprimat în ore:

$$t_r = \frac{(\sum_{i=1}^N t_{ri})}{N}, \quad (13)$$

unde  $t_{ri}$  este timpul de restabilire a comunicațiilor pentru deranjamentul  $i$ , ore.

Timpul mediu între deranjamente  $T_0$  sau durata de funcționare fără deranjamente se calculează conform formulei:

$$T_0 = (KT_a - t_r N) / N = (1 - \Lambda t_r) / \Lambda \quad (14)$$

Coeficientul de disponibilitate  $C_d$  reprezintă probabilitatea ca rețeaua de comunicații NGN într-un moment de timp ales arbitrar va fi în stare de funcționare.  $C_d$  se determină ca raportul timpului de funcționare fără deranjamente către timpul sumar de utilizare a rețelei, inclusiv timpul de restabilire  $t_r$ , pentru una și aceeași perioadă de exploatare:

$$C_d = T_0 / (T_0 + t_r). \quad (15)$$

Probabilitatea funcționării fără deranjamente  $P(t)$  reprezintă probabilitatea, că în decursul intervalului de timp  $t$  în rețeaua NGN nu va apărea deranjament:

$$P(t) = \exp(-\Lambda t). \quad (18)$$

Trebuie de menționat, că în unele cazuri rețeaua NGN se va utiliza mai eficient, iar în altele – mai puțin eficient. De aceea, pentru evaluarea probabilității, că în momentul necesar de timp, când beneficiarului îi va fi necesar să stabilească legătura rețeaua va fi în stare de funcționare, se poate de introdus așa numitul coeficient de disponibilitate operativă  $C_{d.o.}$ . Coeficient de disponibilitate operativă poate servi ca evaluarea cantitativă a valorii fiabilității  $H$  a rețelei NGN:

$$H = C_{d.o.} = C_d P(t) = C_d \exp(-\Lambda t). \quad (17)$$

### 3. CONCLUZII

Utilizând metoda grupării de fază a sistemelor semi-Markov și determinând valorile probabilităților trecerilor între stările elementelor (marșrutizatoarelor) rețelei de comunicații NGN și la fel valorile medii a timpului de aflare a elementelor rețelei NGN în fiecare stare, se poate de obținut rezultate obiective și autentice despre funcționarea rețelei de comunicații NGN reală de orice complexitate

#### Bibliografie

1. Karoliuk, V.S., Turbin, A.F. *Polumarkovskie prozessy i ih prilozheniya*. Kiev, Naukova dumka, pag. 23...57, 1976.
2. Karoliuk, V.S., Turbin, A.F. *Fazovoe ukрупnenie slozhnyh sistem*. Kiev, Vysshaya shkola, pag. 31...48 1978.
3. Turcanu, D.N. *O nadezhnosti prikladnogo urovnea s uchyotom vozmozhnosti rekonfiguraczii seti MPLS*. Materialy 16-i Mezhdunarodnoj Krymskoj konferenczii „SVCh-tehnika i telekommunikacionnye tehnologii. Sevastopol, Ucraina, pag. 285...287, 2006.
4. Tihonov, V.I. *Statisticheskaya radiotekhnika*. Moscova, Radio i svyaz', pag. 62...94 1982.
5. Tihonov, V.I., Harisov, V.N. *Statisticheskij analiz i sintez radiotekhnicheskikh ustrojstv i sistem*. Moscova, Radio i svyaz', pag. 124...172, 1991.
6. Smal'ko, A.V. *Czifrovye seti svyazi*. Moscova, Eco-Trendz, pag. 61...69, 2001.