

Despre fiabilitatea unui element din cadrul reţelei NGN

Dinu ȚURCANU, Anatol ALEXEI, Nicolae BEJAN, Sergiu FINCIUC, Dumitru SMOCHIN,
Ion NISTIRIUC, Eugeniu BEREGOI, Pavel NISTIRIUC, Serghei ANDRONIC

Universitatea Tehnică a Moldovei

dinu.tsurcanu@gmail.com

Abstract – În prezenta lucrare se analizează utilizarea aparatului proceselor semi-Marcov și grupării de fază la descrierea reţelelor moderne de comunicații, datorită faptului, că nu conțin limitări privind legile de distribuție a mărimilor aleatoare. Totodată aparatul proceselor semi-Marcov permite să elaborăm o metodă destul de simplă și accesibilă pentru evaluarea fiabilității elementelor reţelelor de comunicații NGN (Next Generation Network) investigate.

I. INTRODUCERE

Sporirea cerințelor către calitatea din partea beneficiarilor, condiționată de pătrunderea activă a telecomunicațiilor în toate sferile de activitate ale omului, de intensificarea concurenței cauzată de liberalizarea pieții, îi impune pe operatorii de telecomunicații tot mai mult să fie preocupați de asigurarea calității de deservire QoS (Quality of Service). Acordul despre nivelul de deservire SLA (Service Level Agreement), încheiat atât cu beneficiarul final, cât și între operatori, devine un atribut important al relațiilor reciproce pe piața actuală. Iar fiabilitatea prezintă unul dintre factorii principali, care influențează asupra QoS și în virtutea acestui fapt cerințele către fiabilitate practic sunt incluse în toate SLA cu prevederea sancțiunilor de penalizare [1, 2].

În prezent se petrec transformări radicale în tehnologiile de telecomunicații. Treptat comutația de canale este înlocuită cu comutația de pachete, activ se implementează noi tehnologii de transport și de acces cu utilizarea a noi protocoale. Astfel de actualizare a domeniului de telecomunicații cu ritmuri rapide întotdeauna este însoțită de pierderi, inclusiv și în fiabilitate. Aceasta este condiționat de faptul, că în rețelele de comunicații treptat încep să fie utilizate produse și soluții noi insuficient aprobate și totodată personalul de exploatare a operatorilor de telecomunicații este în mare măsură nepregătit de deservirea a astfel de rețele de comunicații.

Pentru a pași în pas cu timpul nu este de ajuns ca operatorul să procure echipament modern și software și să inițieze prestarea a noi servicii. Operatorii au nevoie și în actualizarea a business-proceselor. Totodată după cum a fost menționat, important să nu fie scăpate procesele de exploatare și în particular, de asigurare a fiabilității.

Unul din domeniile importante cu trecerea la NGN este fiabilitatea. Există păreri, că asigurarea fiabilității în NGN principal nu se deosebește de soluționarea atarei sarcini în rețelele de comunicații tradiționale [3]. Chiar există unele exprimări despre avantajele NGN față de rețelele de comunicații tradiționale din punctul de vedere a fiabilității [4]. În realitate situația cu asigurarea fiabilității în condițiile de trecere la NGN este cu mult mai complicată.

În fine se poate de menționat, că ingineria fiabilității în NGN se deosebește de cea utilizată în rețelele cu

comutația de canale [5], de aceea acest domeniu necesită efectuarea investigațiilor corespunzătoare. Într-o serie de țări atare de întrebări se soluționează la nivel de guvern. În particular, de asigurarea fiabilității, stabilității și securității rețelelor NGN serios este alarmată comisia Europeană. La comanda comisiei Europene, Alcatel-Lucent Bell Labs a petrecut o investigație specială conform rezultatelor cărora a fost pregătită o dare de seamă intitulată “Disponibilitatea și stabilitatea infrastructurilor de comunicații electronice” [6].

După cum observăm, fiabilitatea NGN este o problemă stringentă și necesită utilizarea a noi metode, care ar permite să obținem evaluarea mai precisă a indiciilor și caracteristicilor de fiabilitate a sistemelor complicate. La atare cerințe în mare măsură corespund procesele semi-Marcov [7, 8]. Aparatul proceselor semi-Marcov permit să elaborăm o metodă destul de simplă și accesibilă pentru obținerea indicilor de bază a fiabilității rețelelor NGN investigate [9].

II. PARTEA DE BAZĂ

Pentru rețelele de generația următoare NGN, care se referă la clasa de sisteme complicate, de rând cu deranjamentele la nivel de echipament, sunt caracteristice existența deranjamentelor cu caracter de pană. Analiza fenomenelor de pană a demonstrat, că timpul de funcționare fără pană a elementelor rețelei NGN posedă distribuție exponențială $G_0(x)$ [10], pe când durata penelor și înlăturarea lor posedă evident un caracter nestaționar și o distribuție aleatoare $G_1(x)$ ce depinde de o serie de factori subiectivi. Analizăm funcționarea unui element (softswitch MPLS, comutator ATM, element SDH, DWDM, etc.) din cadrul rețelei NGN, prin deosebirea numai a două stări posibile: capacitatea de funcționare și ieșirea din funcție. Totodată elementul rețelei NGN poate fi descris prin intermediul a două procese alternante independente de restabilire (fig. 1).

Timpul funcționării elementului din cadrul rețelei NGN fără deranjamente și corespunzător timpul funcționării fără pene sunt determinate de distribuția exponențială a mărimilor aleatoare α_0 și β_0 caracterizate de parametrii a_0 și b_0 .

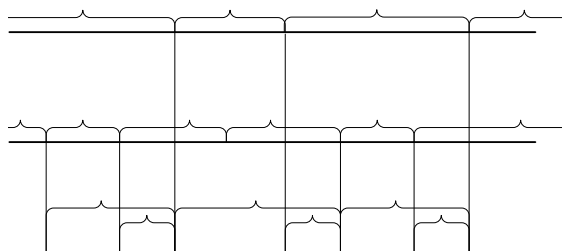


Fig. 1. Modelul procesului de funcționare a elementului rețelei NGN.

În decursul timpului α_1 se înfăptuiește restabilirea elementului NGN după deranjament ($F_1(x) = P\{\alpha_1 \leq x\}$). Restabilirea funcționării elementului NGN după până se efectuează în timpul aleator β_1 ($G_1(x) = P\{\beta_1 \leq x\}$).

Pentru a simplifica descrierea comportării rețelei NGN introducem noțiunea de obiect. Ca obiect se subînțelege un oricare proces autonom, care influențează asupra stării rețelei NGN. În prezentul caz primul obiect reprezintă deranjamentul și restabilirea echipamentului, iar al doilea obiect reprezintă penele și durata lor. În fig. 1 numerele obiectului sunt indicate în partea dreaptă a figurii. Pentru ca intervalele între momentele de modificare a stărilor rețelei NGN să posede proprietăți semi-Marcov, este necesar ca stările să fie codificate în următorul mod: klm , $k = \overline{1,2}$; $l, m = \overline{0,1}$, unde k indică numărul obiectului, care și-a modificat starea; l și m sunt stările corespunzătoare ale primului și al doilea obiect; x fixează timpul din momentul ultimei modificări a stării obiectului k până la acel mai apropiat moment de modificare a stării altui obiect.

Astfel, mulțimea de stări posibile a rețelei NGN este egală cu cinci. Din toată mulțimea de stări evidențiem submulțimea stărilor cu capacitate de funcționare $E_f = \{100, 200\}$ și submulțimea stărilor până $E_p = \{110, 111, 201\}$.

Timpul de aflare în stările semi-Marcov θ_{klm} se determină de minimul mărimilor aleatoare, care influențează asupra stării curente a sistemului:

$$\begin{cases} \theta_{100} = \alpha_0 \wedge X; \\ \theta_{110} = \alpha_1; \\ \theta_{111} = \alpha_1; \\ \theta_{200} = x \wedge \beta_0; \\ \theta_{201} = x \wedge \beta_1. \end{cases} \quad (1)$$

Mărimile aleatoare α_0 și β_0 sunt distribuite conform legii exponențiale, prin urmare, mărimea aleatoare x în primul caz va poseda aceeași distribuție ca și la β_0 , iar în celelalte cazuri – aceeași ca și la α_0 . Relațiile obținute permit să determinăm probabilitățile tranzitorii a procesului semi-Marcov. În fig. 2 este prezentat graful de treceri a rețelei NGN conform componentei discrete. Utilizând acest graf al trecerilor și luând în considerare relațiile (1), alcătuim matricea probabilităților tranzitorii P pentru rețeaua NGN investigată.

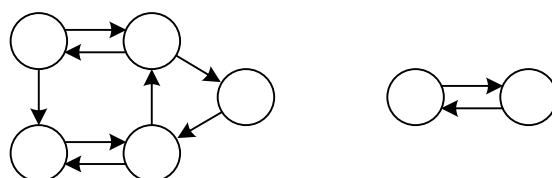


Fig. 2. Grafele trecerilor elementelor rețelei NGN conform componentei discrete – corespunzător totală (a) și grupată (b).

După cum este cunoscut [1], trecerile probabilității ne egale cu zero a matricei P se determină conform formulei:

$$P\{\eta_i < \eta_j\} = \int_0^{\infty} \overline{H_j(x)} dH_i(x), \quad (2)$$

unde η_i și η_j sunt mărimi aleatoare arbitrare cu funcțiile de distribuție H_i și H_j corespunzător; simbolul $\overline{H}(x)$ substituie expresia $1 - H(x)$.

Atunci matricea probabilităților tranzitorii P se determină în următorul mod:

100 110 111 200 201

$$P = \begin{pmatrix} 0 & \frac{a_0}{a_0 + b_0} & 0 & 0 & \frac{b_0}{a_0 + b_0} \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \frac{a_0}{a_0 + b_0} & 0 & 0 & \frac{b_0}{a_0 + b_0} \\ 0 & 0 & r & 1-r & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

$$P_{ij} = P\{\alpha_0 < \beta_1\} = \int_0^{\infty} G_1(x) dF_0(x) = \int_0^{\infty} a_0 \exp(-a_0 x) G_1(x) dx$$

Toate acestea permit să trecem la determinarea distribuției staționare depusă în lanțul Marcov. Pentru aceasta alcătuim sistemul de ecuații:

$$\begin{cases} -\rho_{100} + \rho_{110} + \rho_{111} = 0; \\ -\rho_{110} + \frac{a_0}{a_0 + b_0}(\rho_{100} + \rho_{200}) = 0; \\ -\rho_{111} + r\rho_{201} = 0; \\ -\rho_{200} + (1-r)\rho_{201} = 0; \\ \rho_{100} + \rho_{110} + \rho_{111} + \rho_{200} + \rho_{201} = 1, \end{cases} \quad (4)$$

soluționarea căruia reprezintă probabilitățile staționare de aflare a procesului semi-Marcov în diferite stări:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_{100} = \frac{a_0 + rb_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}; \\ \rho_{110} = \frac{a_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}; \\ \rho_{111} = \frac{rb_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}; \\ \rho_{200} = \frac{b_0 - rb_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}; \\ \rho_{201} = \frac{b_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}. \end{array} \right. \quad (5)$$

Timpul mediu de aflare a reţelei NGN în stările analizate se determină din relaţia:

$$m_{klm} = M\theta_{klm} = \int_0^{\infty} P\{\theta_{klm} > t\} dt. \quad (6)$$

Aşteptarea matematică a mărimii aleatoare distribuită conform legii exponenţiale, după cum este cunoscut, este egală cu mărimea inversă a parametrului de distribuţie. Astfel obţinem:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_{100} = M\theta_{100} = \frac{1}{a_0 + b_0}; \\ m_{200} = M\theta_{200} = \frac{1}{a_0 + b_0}; \\ m_{110} = m_{111} = \int_0^{\infty} \overline{F_1(x)} dx = f; \\ m_{201} = \int_0^{\infty} \overline{G_1(x)} \overline{F_0(x)} dx = \int_0^{\infty} \exp(-a_0 x) \overline{G_1(x)} dx = \frac{r}{a_0}. \end{array} \right. \quad (7)$$

Pentru a simplifica soluţionarea problemei în cauză reducem reţeaua NGN analizată (fig. 2, a) către o reţea NGN mai simplă (fig. 2, b), care posedă două stări posibile: cu capacitate de funcţionare „0” şi cu refuz de funcţionare „1”. Caracteristicile de bază la atare reţea NGN sunt aproape conform valorilor de caracteristicile reţelei NGN investigate. Atunci parametrul fluxului de deranjamente l_0 a reţelei NGN cu grupare de fază se determină de raportul probabilităţii deranjamentului reţelei NGN investigate q_0 la timpul de funcţionare a reţelei NGN până la deranjamentul m_0 :

$$\left\{ \begin{array}{l} q_0 = \rho_{100} \cdot l + \rho_{200} \cdot l = \frac{a_0 + b_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}; \\ m_0 = \rho_{100} \cdot m_{100} + \rho_{200} \cdot m_{200} = \frac{1}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}. \end{array} \right. \quad (8)$$

Prin urmare, $l_0 = a_0 + b_0$.

În mod analogic se determină parametrul fluxului de restabilire l_1 prin intermediul probabilităţilor de restabilire a reţelei NGN investigate q_1 şi timpul sumar de restabiliri m_1 :

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 = \rho_{110} \cdot l + \rho_{111} \cdot l + \rho_{201} \cdot (1-r) = \frac{a_0 + b_0}{2a_0 + 2b_0 + rb_0}; \\ m_1 = \rho_{110} \cdot m_{110} + \rho_{111} \cdot m_{111} + \rho_{201} \cdot m_{201} = \frac{[fa_0(a_0 + rb_0) + rb_0]}{[a_0(2a_0 + 2b_0 + rb_0)]} \end{array} \right. \quad (9)$$

În cazul dat parametrul fluxului de restabiliri a reţelei NGN grupate va fi egal:

$$l_1 = (a_0^2 + a_0 b_0) / [fa_0(a_0 + rb_0) + rb_0]. \quad (10)$$

Astfel, se poate de considerat că, timpul funcţionării impecabile şi fără pene λ_0 a fiecărui element NGN este distribuită conform legii exponenţiale cu parametrul l_0 , iar timpul de restabilire λ_1 - cu parametrul l_1 .

III. CONCLUZIE

Tendenţa de a spori precizia de descriere a funcţionării reţelelor NGN conduce la complicarea modelelor matematice şi ca urmare, conduce la complicarea esenţială a aparatului de analiză pentru astfel de reţele.

În atare situaţii este bine venită ideea utilizării grupării de fază a sistemului (reţelei NGN) semi-Marcov. Proprietate importantă a grupării de fază reprezintă acel fapt, că funcţionarea sistemului (reţelei NGN) grupat(ă) se descrie prin intermediul lanţului Marcov în timp continuu, pe când funcţionarea sistemului (reţelei NGN) iniţial(e) se descrie prin intermediul proceselor semi-Marcov. Prin utilizarea metodei grupării de fază a sistemelor (reţelelor NGN) semi-Marcov, se poate de obţinut rezultate obiective şi autentice despre funcţionarea reţelelor de comunicaţii NGN reale de orice complexitate.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Нетес В.А. Соглашения об уровне обслуживания: стандарты и реалии. // Вестник связи. 2003. № 8.
- [2] Нетес В.А. Задание требований по надежности в соглашениях об уровне обслуживания. // Электросвязь. 2004. № 4.
- [3] Витченко А., Соколов Н., Стрижков В. Построение сети NGN в Ленинградской области. // Connect. Мир связи. 2007. № 4.
- [4] Гольдштейн Б.С. 10 лет эволюции коммутационной техники. // Вестник связи. 2007. № 5.
- [5] Tortorella M. Reliability engineering challenges of converged networks and packet-based services: Rutgers' Industrial Engineering Working Paper. February 5, 2003.
- [6] Availability and Robustness of Electronic Communications Infrastructures. „The ARECI Study”: Final Report // European Commission. March 2007.
- [7] Королюк В.С., Турбин А.Ф. Процессы марковского восстановления в задачах надежности систем. – Киев: Наук. думка, 1982. – 236 с.
- [8] Кузнецов В.Н., Турбин А.Ф., Цатурян Г.Ж. Полумарковские модели восстанавливаемых систем. – Киев, 1981. – 44 с. //АН УССР. Институт математики; № 81.11.
- [9] Креденцер Б.П. Оценка надежности систем с аппаратурной и временной избыточностями и мгновенным обнаружением отказов. // Изв. АН СССР. Техн. Кибернетика. – 1971. – № 4. с. 47-54.
- [10] Шубинский И.Б., Пивень Е.Н. Расчет надежности ЭВМ. – Киев: Техника, 1979. – 232 с.
- [11] Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – Москва: Наука, 1973. – 364 с.