

## Симулация на редки събития в широколентови конвергентни мрежи

Елена Иванова, Димитър Радев

**Simulation of rare events in BcN:** *Over recent years, a considerable amount of effort has been devoted, both in industry and academia, towards the design and development of multi-service network architectures of diverse technologies, such as IP, BcN, NGN, Gigabit Ethernet, 3G UMTS mobile systems and all-optical networks with quality of service (QoS) guarantees. Many performance modelling issues need to be addressed and resolved before a global broadband infrastructure of Broadband Convergent Networks (BcN) can be established towards the next generation Internet and the efficient support of multimedia applications. Some of the QoS parameters in teletraffic queuing systems are modeled as rare events. The major problem in analysis and research of the rare events are the necessary time and computer resources. The decision is an accelerated simulation method with optimized parameters, which belongs to the so-called importance splitting methods, which is used to the speed-up the rare event simulation.*

**Key words:** Rare Event Simulation, QoS, Importance Splitting, RESTART, LRE.

### ВЪВЕДЕНИЕ

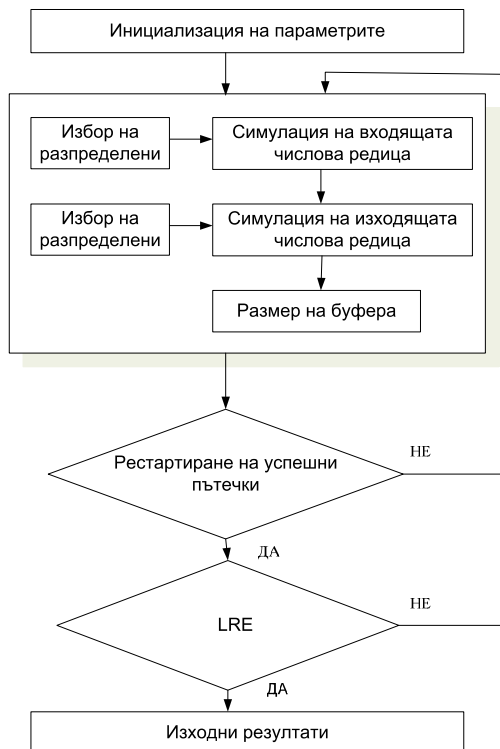
Приемливата точност на стохастичната симулация на многофункционални мрежови архитектури, базирани на IP основа [5,6], като BcN, NGN, Gigabit Ethernet, 3G UMTS мобилни системи и оптични мрежи с гарантирано качество на обслужване (QoS) заема значителен разход на време и компютърни ресурси, за да може да бъде достигната зададената минимално допустима точност на оценката [4]. За решаването на такъв тип проблем се въвеждат ускорени методи за симулация, базирани на класическата Монте Карло симулация, като генериране на значими стохастични образци и разклоняване на траекторията на образците[1].

Моделирането чрез разклоняване на траекторията на образците е вид симулационна техника, чиято цел е да намали вариацията (или друга оценъчна функция) на даден симулационен оценител. При разклоняването на траекторията на образците (Importance Splitting) се извършва директно преразпределяне на вероятностите в отделни некорелирани подмножества, поради което тяхната еднородност не е задължителна [2,3]. Условието за разделяне на пространството на състояния се свързва със събитието напускане на дадено подмножество и влизане в друго подмножество, като е разрешено преминаването между всеки две подмножества. Основният алгоритъм, който използва концепцията на техниката за разклоняване на траекторията на образците, е алгоритъм за рестартиране на успешни пътечки, комбиниран с подхода на ограничената относителна грешка LRE. Обобщеният алгоритъм позволява симулационна оценка на изключително ниски вероятности от порядъка над  $10^{-25}$ . Оптимизацията на параметрите на разглеждания алгоритъм, позволява намаляването на симулационното време за достигането на рядкото събитие. Намираме приложение на метода със симулация на широколентови конвергентни мрежи, отговарщи на телетрафични системи с разпределения от тежък характер, като входящият поток е с парето, ерланг, логаритмично, логаритмично нормално, геометрично или вейбъл разпределение.

### СИМУЛАЦИЯ НА РЕДКИ СЪБИТИЯ ЗА ШИРОКОЛЕНТОВИ КОНВЕРГЕНТНИ МРЕЖИ

Прилагането на алгоритъм за рестартиране на успешни пътечки, комбиниран с подхода на ограничената относителна грешка LRE (фиг.1), означава да се разделят възможните стойности на интензивността на пристигащите заявки  $\lambda$  в региони с различна важност [3]. Задават се различни стойности на нивата  $L_i$ ,  $i=0,1,2,\dots,m$ . Системата достига състоянието  $L_0$ , като започва от първия интервал  $[0, L_0]$ , като състоянията на системата се запазват. Първоначално стойностите за първия интервал са установени за време  $t_0$ , а симулацията се рестартира от едно от

предходните запазени състояния за нивото  $L_0$ . Всеки път когато нивото  $L_0$  е пресечено за рестартиране, то рестартирането започва от едно от запазените състояния, което е избрано произволно. Ако условията зададени и при ограничената относителна грешка са удовлетворени то алгоритъмът дава валидни обобщени резултати.



Фиг. 1. Алгоритъм на рестартиране на успешни пътечки, комбиниран с подхода на ограничената относителна грешка LRE

Параметрите на използваният алгоритъм за достигане на редките събития по-бързо са следните:

- Брой нива на значимост;
- Общ брой на пътечките;
- Големина на числовата редица.

Целта на задаването на параметрите на алгоритъма е да се достигне рядкото събитие по-бързо в различни системи с дълговремени зависимости на входящото разпределение. При различни входни разпределения и натоварвания, нужният брой нива на значимост, общ брой на пътечките и големината на числовата редица рязко се изменят. параметрите на системата рязко се изменят. В зависимост от входното разпределение преобразуваме необходимите параметри:

- Стационарна комплиментарна функция на разпределение:

$$G(x)=1- F(x)$$

- Вероятност за загуби  $P_B$
- Локален корелационен коефициент

Независимо от променяните параметри, наложените условия за ограничена

относителна грешка остават същите, както и при експоненциално входно разпределение [2]:

- Условие за големина на числовата редица (1):

$$\begin{aligned} n &\geq 10^3, \\ (l_i, d_i) &\geq 10^2, \\ (a_i, d_i - c_i, l_i - a_i) &\geq 1 \end{aligned} \quad (1)$$

- Условие за относителна грешка (2), като локалният коефициент на корелация се мени спрямо закона на входящото разпределение.

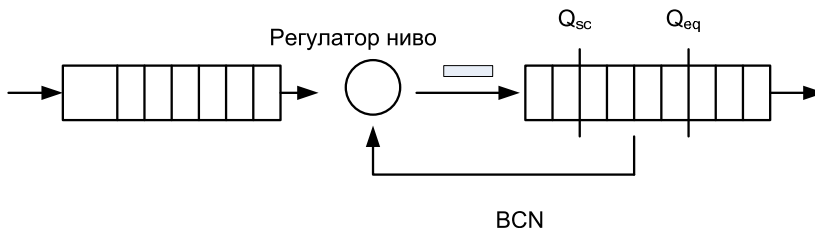
$$RE_{\max i} = \frac{1 - d_i/n}{d_i} \cdot \text{Cor}_i \quad (2)$$

Алгоритъм за рестартиране на успешните пътечки, комбиниран с подхода на ограничената относителна грешка е изследван за експоненциално разпределение и съответните параметри изведени с него в [9], тук основната цел е да приложим алгоритъма към разпределения с тежък характер, отговарящи на телетрафичната система на широколентова конвергентна мрежа.

### ОЦЕНКА НА ПРИЛОЖИМОСТТА НА МЕТОДА ПРИ ШИРОКОЛЕНТОВИ КОНВЕРГЕНТНИ МРЕЖИ

- **Модел на изследване**

Бързото развитие на телекомуникационните и широколентови технологии, налагат изследването на редките събития при високоскоростното предаване на информация. Широколентовите конвергентни мрежи са обект на изследване спрямо параметрите: претоварване, разпознаване - разглежда се натоварването на буфера във възможна точка на натоварване [1,7]. Основните параметри в телетрафична система, описваща широколентовите конвергентни мрежи са показани на фигура 2. Параметрите, които се задват при симулация са праговете за буфери:  $Q_{eq}$  (Equilibrium),  $Q_{sc}$  (Severe Congestion), опашката е със случайни образци с вероятност  $P_m$ ,  $Q_{len}$  (дължина), като входящото разпределение парето, ерланг, логаритмично, логаритмично нормално или вейбъл разпределение.



Фиг.2. Телетрафичен модел на широколентова конвергентна мрежа

Комплементарната функция е търсената за провеждането на симулацията.

- **Разпределения на трафичните източници използвани при широколентови конвергентни мрежи**

Разглежда се система, чието разпределение отговаря на телетрафичния модел на BCN мрежа, като разпределението ни за входящият поток приемаме, че могат да бъдат разпределения с дълговремени зависимости като Парето, Ерланг, Вейбъл, логаритмично, геометрично, логаритмично нормално.

○ **Разпределението на Ерланг**

Разпределението на Ерланг е с коефициент на вариация по-малък от единица, където случайната променлива  $X$  е разпределение на два параметъра. Параметърът на формата  $\beta$  е цяло положително число  $\beta=t$ , поради което разпределението се обозначава като  $ERL(\alpha, \beta)$ .

Като пример за разпределение на Ерланг може да се разгледа моделът на времената на обслужване в единична опашка. Една времева последователност с  $ERL(\mu, t)$  разпределение, съдържа  $k$  последователни идентични фази, всяка от които има експоненциално разпределение.

Ако времеинтервалите между постъпване на повикванията на даден стохастичен процес са идентично и експоненциално разпределени, то времената между първата и  $(t+1)$ -та заявка за  $x \geq 0$  и  $k=1, 2, \dots$  имат разпределение на Ерланг със следния интегрален и диференциален закон

$$F(t) = 1 - e^{-k\mu t} \sum_{i=0}^{k-1} \frac{(k\mu t)^i}{i!} \quad (3)$$

Комплементарната функция (4) или диференциалния закон се получава от интегралния закон (3) [1]

$$G(t) = \frac{k\mu(e^{-k\mu t})^{k-1}}{(k-1)!} e^{-k\mu t} \quad (4)$$

Параметрите  $\mu$  и  $t$  при зададени средна стойност  $\bar{X}$  и коефициент на вариация  $Cor_V$  се получават от (5).

$$\mu = \frac{1}{Cor_V^2 k \bar{X}} e^{-k\mu t}, k = \frac{1}{Cor_V^2} \quad (5)$$

○ **Разпределението на Вейбъл**

Разпределението на Вейбъл,  $W(\alpha, \beta)$  най-често се прилага, когато се разглеждат трафикните процеси, при които отсъстват заявки за повиквания или има прекъсвания на потока. Неговите закони за разпределение зависят от параметрите  $\alpha$  и  $\beta$ , като се изразяват чрез (6) и (7).

$$F(t) = 1 - \exp(-(at)^\beta) \quad (6)$$

$$G(t) = \alpha\beta(at)^{\beta-1} \exp(-(at)^\beta) \quad (7)$$

○ **Логаритмично нормално разпределение**

Логаритмично нормално разпределение се използва често при решаването на телетрафикни проблеми, като нормалното разпределение се разширява чрез логаритмична функция. Интегрален и диференциален закон (8).

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^x \frac{\exp\left[-\frac{(\ln u - \bar{X})^2}{2\sigma^2}\right]}{u} du, \quad x > 0 \quad (8)$$

$$G(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{(\ln x - \bar{X})^2}{2\sigma^2}\right],$$

При непрекъснатото логнормално разпределение логаритъма на вероятността има нормално разпределение.

○ **Разпределението на Парето**

Разпределението на Парето е разпределение с вероятната функция на плътност и функция на разпределение, зададени посредством (9).

$$F(x) = 1 - \left(\frac{b}{x}\right)^a \tag{9}$$

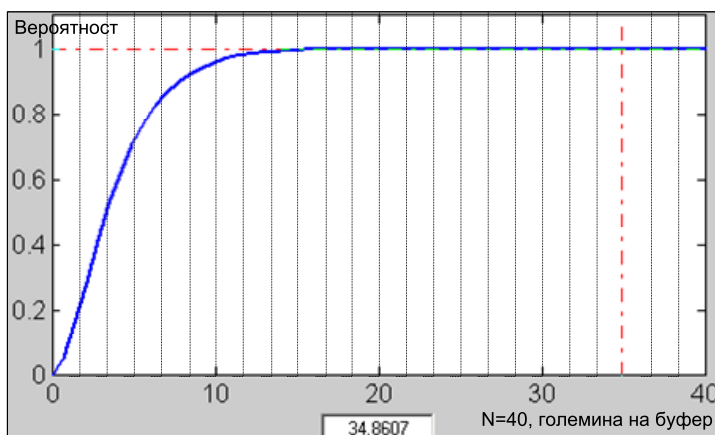
$$G(x) = \frac{ab^a}{x^{a+1}}$$

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ**

Ефективността на предложеният алгоритъм е доказана за системи с експоненциални входни и изходни разпределения, като с направени изследвания и за две последователни опашки с експоненциално входно и изходно разпределение [9]. Симулационните стойности са сравнение с аналитичните изчисления, като е доказано, че алгоритъмът работи [8].

Разглеждаме модел на широколентова конвергентна мрежа описан на фигура 2, като ще се спрем на парето и ерланг разпределения.

Изследваме описаната телетрафична система, като задаваме входно разпределение парето, разпределението за обслужване отново е парето и на изхода изследваме остатъка от съдържанието на буфера  $\lambda= 0.8$  и  $\mu=0.9$ , за големина на буфера  $N=40$ . Задаваме при  $Q_{sc}=N=34$ , появата на рядкото събитие, препълването на буфера, като относителната грешка е 15%, получената вероятност е  $3,4723 \cdot 10^{-12}$ . Кумулативната функция е показана на фигура 3.



Фиг.3. Комплементарна функция на телетрафичен модел на широколентова конвергентна мрежа, с симулирани разпределение Ерланг, като числовата редица е  $n=10\ 000$ .

Избираме натоварването на системата и при двете разпределения да е еднакво определено, но с помощта на оптимизирането на параметрите се достигат по-добри резултати.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ефективността на предложеният алгоритъм е ясно определена за системи с експоненциално разпеделение, за системи с последователни опашки и АТМ системи, но при разпеделенията с тежък характер отговарящи на телетрафичния модел на ВсН мрежа, като Парето, Ерланг, Вейбъл, логаритмично, геометрично, логаритмично нормално са въпрос на изследване в тази и бъдещи статии. Като резултатите от ерланг са показани, като се достигат добри резултати.

*Публикуваните резултати са получени при работата по договор № ВУ-ТН-105/2005 г. на МОН на тема „Планиране на мултимедийни телекомуникационни мрежи с управление на трафика и качеството на обслужване“.*

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Радев, Д., Моделиране на редки събития в широколентовите цифрови мрежи, София 2006.
- [2] Радев, Д., Рашкова, Е. Моделиране и симулация на телетрафични системи, Научни трудове на Русенски университет, том 46, с. 3.2. Комуникационна и компютърна техника и технологии, Русе, стр. 200 - 205
- [3] Görg, C. Schreiber, F. The RESTART/LRE method for rare event simulation. Winter Simulation Conference, Coronado, California, USA, 1999, pp. 390-397,
- [4] Hristov G., Iliev, T. An approach to flow control based on combined adaptive algorithm in communication networks, In: Proceeding of Papers ICEST 2008, Nis, Serbia, pp. 56 – 59
- [5] ITU-T Recommendation Y.1540 : Internet protocol data communication service - IP packet transfer and availability performance parameters
- [6] ITU-T Recommendation, Y.1541 : Network performance objectives for IP-based services
- [7] Radev, D. Rare Event Simulation of Stochastic Markov Processes. Journal of Union of Scientists Rousse, 2007, vol. 6, book 1, 9-15.
- [8] Radev, D., E. Rashkova, Computer Simulation of Rare Event for M/M/1/N Queuing System, CompSysTech 2007, Rousse
- [9] Radev D., E. Rashkova and D. Stankovski, Simulation Modelling of Overflow Probabilities in Tandem Queueing System, In: Proceeding of Papers ICEST 2007, Ohrid, Macedonia, pp. 147 – 151

## За контакти:

ас. инж. Елена Иванова, Катедра “Комуникационна техника и технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 663, e-mail: [elena\\_pl@gbg.bg](mailto:elena_pl@gbg.bg).  
Проф. дтн. Димитър Радев, “Комуникационна техника и технологии”, Русенски университет “Ангел Кънчев”, тел.: 082/888 673, e-mail: [dradev@abv.bg](mailto:dradev@abv.bg).

**Докладът е рецензиран.**