Концептуален модел на симулация на редки събития в телетрафични системи

Ростислав Раев, Димитър Радев, Елена Иванова

A Conceptual Model for Simulation of Rare Events in Teletraffic Systems: *The paper is devoted on conceptual model for computer simulation of rare event probability, which is a very important for IP based systems, Long Term Evaluation and broadband convergence networks, where with Quality of Service (QoS) need to be guarantee. This means that it is necessary to evaluate probabilities less than* 10^{-9}*, which is unreasonable to be simulated with standard approaches. Simulation results for the queuing systems [X]/M/1/N, M/[X]/1/N and [X]/[X]/1/N are shown.*

Key words: *Modelling and Simulation, Conceptual Model, Rare Event, Teletraffic Systems, Quality of Service, Queuing models.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Гарантираното качеството на обслужване в каквато и да е съвременна телекомуникационна мрежа е една от основните задачи, които трябва да бъдат решени. Приемливата точност на стохастичната симулация на мрежи от ново поколение, заема значителен разход на време и компютърни ресурси, като търсената цел е достигнето на зададената допустима точност на оценката. За решаването на такъв тип проблем е необходимо да бъде извършена симулация на редки събития [3,5]. Едва на следваща стъпка след симулацията на телетрафичната система, може да се премине към следващите стъпки- прилагането на ускорена симулация и обработването на получените данни. Изследването на параметрите на дадена телетрафична система се извършва последователно и с промяната на един параметър в един момент от време, докато се осъществят необходимия брой симулационни опити, с цел крайния резултат да е достоверен. Какъвто и да е типа на ускорената симулация като генериране на значими стохастични образци или разклоняване на траекторията на образците, тя трябва да бъде базирана на надежна класическа симулация, примерно от тип Монте Карло, като е необходимо коректното задаване на връзките в концептуалния модел, както и програмната реализация да бъде извършена достоверно.

Оптимизацията на параметрите на разглежданите алгоритми и телетрафични системи, позволява намаляването на симулационното време за достигането на рядкото събитие. Намираме приложение на симулацията и последващото ускоряване до достигане на редки събития, в мобилни мрежи от ново поколение, отговарящи на телетрафични системи с разпределения от тежък характер.

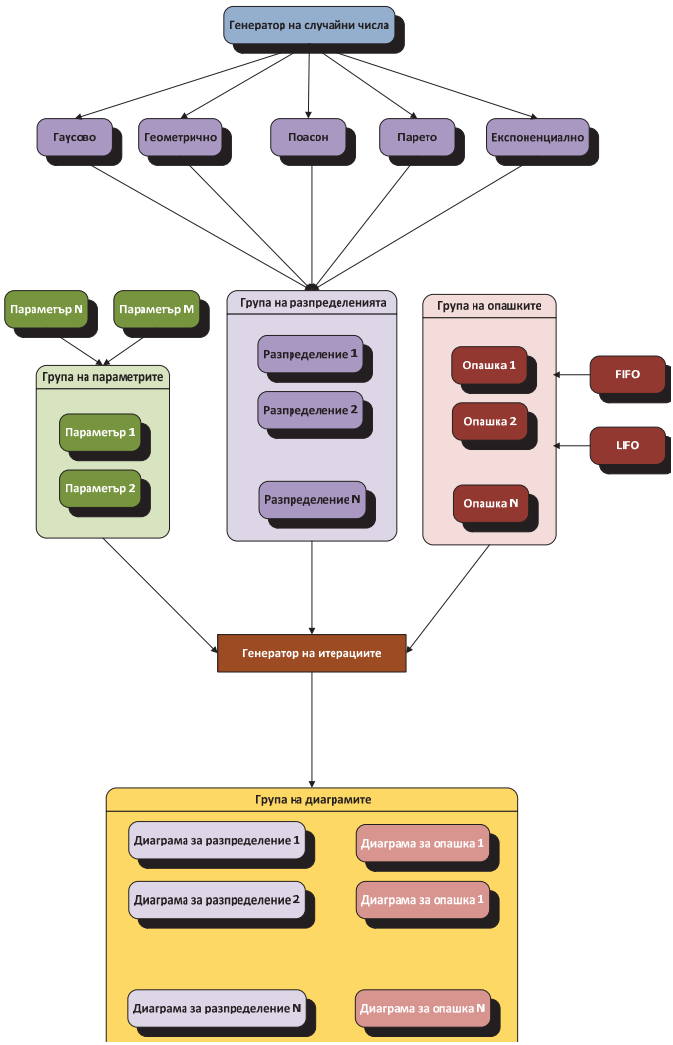
КОНЦЕПТУАЛЕН МОДЕЛ И ПРОГРАМНА РЕАЛИЗАЦИЯ

Концептуалният модел за симулация на редки събития в телетрафични системи с единични опашки е показан на фигура 1, с приложението на генератор на случайни числа се възпроизвежда различна числова поредица спрямо избраното разпрепределение. Подбрани са няколко разпределения с различен характер, нормално, геометрично, парето, поасоново и експоненциално. Различните разпределения се използват за да може да бъдат симулирани различни типове телетрафични системи, задават се ниво на входния поток, както и ниво на обслужването в единична опашка.

Концептуалният модел за симулация включва дисциплината, по която се извършва обслужването в опашката. Тази възможност е заложена с цел при по-сложни телетрафични системи да се задават различни приоритети и дисцплини на обслужване. В моделът за единична телетрафична система са включени First In First Out (FIFO) и Last In First Out (LIFO). Останалите параметри на телетрафичната система се задават в зависимост от експерименталната симулация.

Програмната реализация на концептуалния модел е извършена на платформата на Microsoft .NET Framework [7,8,9], която оперира с 15 различни програмни езика от най-виско ниво, като C#, VB.NET, C++/CLI и други. Платформата, създадена от Microsoft е програмен модел, библиотека от класове (FCL, Framework Class Library) и среда за изпълнение на написан специално за нея програмен код (CRL, Common Language Runtime) [4,5,6].

С първоначално изградения концептуален модел, е необходимо да бъдат проведени множество тестове, за да се докаже, че няма разлика между симулационните и аналитичните стойности на дадена система, в повече от един порядък.



Фиг. 1 - Концептуален модел

СИМУЛАЦИОННИ РЕЗУЛТАТИ

Симулацията на телетрафични системи с единични опашки е направена на компютърна система с параметри: AMD Athlon(tm) II X2 250 Processor 3.00 GHz и 3 GB RAM. Използваната операционната система е 32-bits Windows 7 Professional.

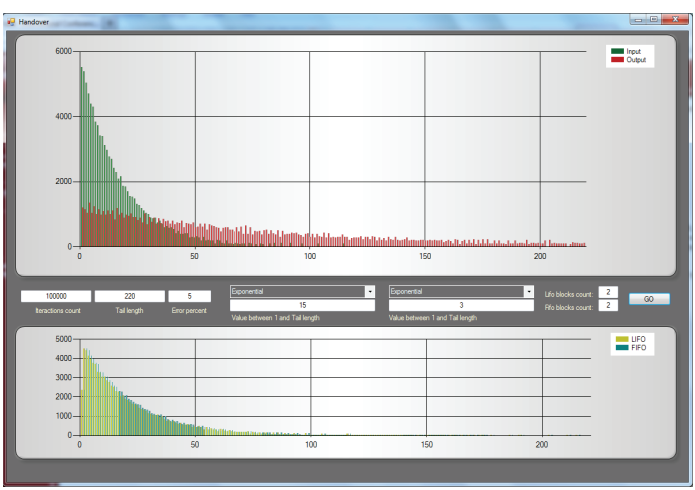
Изследваните телетрафични системи варират спрямо промяната на само един параметър за едно изследване, променят се разпределенията на входящия и обслужващия поток: Pareto, Geo, Poisson, Erlang. Основните използвани модели на телетрафичните системи са с една опашка и имат вида M/M/1/N, Geo/M/1/N и Geo/Geo/1/N, FIFO или LIFO с ограничен капацитет за обслужване на заявките N от 40 до 220 места за обслужване [1,2].

Първоначално изследваната система е с марковски закон на разпределението на пристигането и обслужването на заявките, от тип M/M/1/220 с цел да се осигури валидизация на програмната реализация, да бъдат сравнени аналитичните със симулационните резултати. Така направените аналитични изследвания варират в много широк диапазон от стойности от 10^{-13} до 10^{-38}, като симулационните резултати следват аналитичните с разлика най-много от един порядък [5]. Част от аналитичните резултати са показани в таблица 1. Относителната грешка за получаването на аналитичните и симулационните резултати е RE=5%.

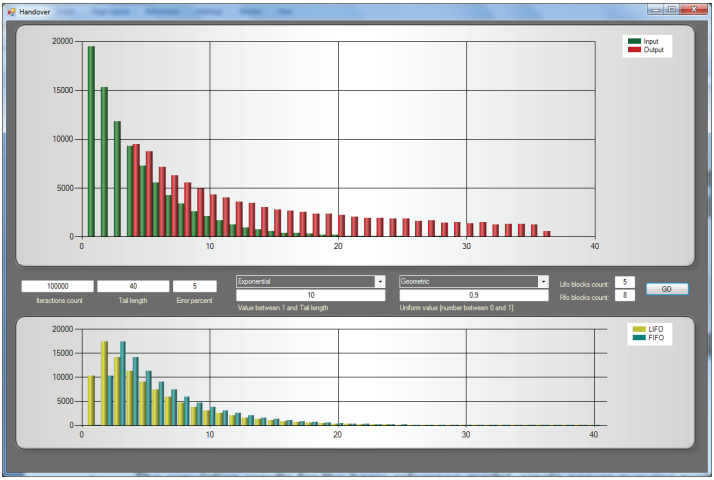
Табл. 1 - Аналитични стойности за вероятност за блокировка за система M/M/1/220 телетрафична система, с относителна грешка RE=5%

Експоненциален входен поток	Експоненциален поток на обслужване	*N*	Аналитични стойонсти за вероятността за блокировка P_B
0.6	0.9	220	3.756785×10^{-36}
0.6	0.9		6.464279×10^{-38}
0.7	0.8		1.553475×10^{-13}

Фигури 2 и 3 илюстрират възможната промяна на параметри на изследваните системи, както и предложения дизайн на интерфейса. Изследваните системи могат да бъдат много и разнообразни спрямо параметъра, който ще се изследва, за да може да се наблюдава различна симулационна вероятност за блокировка.



Фиг. 2 - Програмна реализация за телетрафична система M/M/1/220, с RE=5%



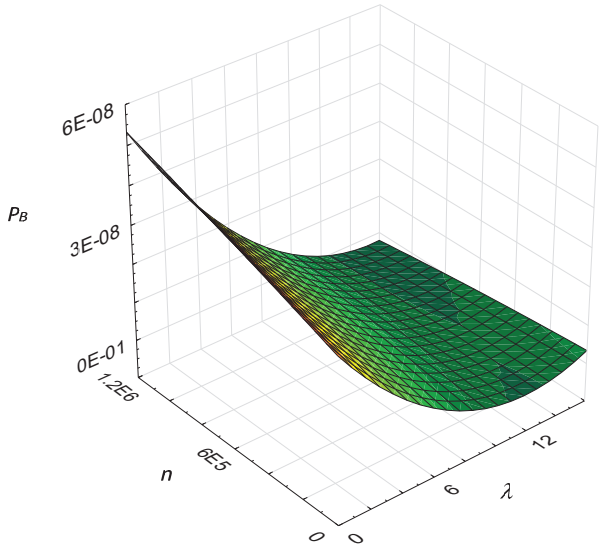
Фиг. 3 - Програмна реализация за M/Geo/1/40, с RE=5%, n=100 000

Разпределение с тежки опашки и дълговремеви зависимости е приложимо при изследването на високоскоростни мрежи и при предаване на голямо количество информация. Въз основа на това се прави допускането, че заявките се обслужват с геометрично разпределението, а входящият поток е с експоненциално разпределение. Опашката е с максимална дължина *N*. Разглежда се дисциплина на обслужване FIFO и LIFO.

Извърчислените корелационни зависимости между изследваните параметри и симулационната вероятност за блокировка са по-ниски от 0.7, което означава че няма линейна зависимост между изследваните параметри. Установява се, че натоварването на системата влияе в най-голяма степен с коефициент 2.09. Тук може да се направи аналог и със системата Geo/M/1/N, където този параметър беше от съществено значение при определяне на областта с най-добри резултати.

Геометричното разпределение се задава със стойност на параметъра на влияние от 0.1 до 0.9, докато експоненциалното разпределение на входящия поток приема степенен параметър с максимална стойност 13.

Графичната зависимост на симулационната вероятност за блокировка от експоненциалното разпределение на входящия поток и големината на статистичеката извадка n е преставена на фиг. 4. Порядъкът на получените резултати варира от 10^{-9} до 10^{-12}. Натоварването в телетрафична система от тип M/Geo/1/N, оказва съществено значение, като в този тип система резултатите от симулацията зависят с първостепенно значение от самите параметри на телетрафичната система. Поради тази причина стойностите на параметрите на симулация могат да бъдат подходящо подбрани, с цел намаляване на времето за експериментиране.



Фиг. 4 - Графична зависимост на симулационната вероятност за блокировка от нивото на експоненциалното разпределение на входящия поток и големината на статистическата извадка

Табл. 2 - Симулационна вероятност за сиситема с N=60 и 90, 120 и 150 места за обслужване, с n=10 000

Експоненциален входящ поток	Геометричен поток на обслужване	N	P_B
11	0.9	60	8.00E-12
10		90	1.00E-12
10		120	8.00E-12
13	0.1		1.00E-09
13	0.9		1.00E-12
13		150	1.00E-12
12	0.2		1.00E-12
11			2.70E-11

Стойностите на параметрите на алгоритъма в същото време поради малката си степен на влияние могат да се избират с удобни стойности, за да бъде по-бърза симулацията, което води до намаляване на времеви и финансов ресурс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ефективността на предложеният концептуален модел и програмната реализация, е ясно определена за телетрафични системи с единични опашки, с експоненциално и геометрично разпределение. Разпределенията с тежък характер

отговарящи на телетрафични модели на високоскоростни мрежи са въпрос на изследване в тази и бъдещи статии.

БЛАГОДАРНОСТИ

Настоящата статия е изготвена с финансовата помощ на Европейския социален фонд. Русенският университет „Ангел Кънчев" носи цялата отговорност за съдържанието на настоящия документ, и при никакви обстоятелства не може да се приеме като официална позиция на Европейския съюз или Министерството на образованието и науката."

Проект:№ BG051PO001-3.3.06-0008 „Подпомагане израстването на научните кадри в инженерните науки и информационните технологии".

ЛИТЕРАТУРА

[1] Asmussen, S., Applied Probability and Queues. Springer, New York, 2003

[2] Asmussen, S., K. Binswanger, and B. Hojgaard, Rare event simulation for heavy-tailed distributions.Bernoulli, 6:303–322, 2000

[3] L'Ecuyer P., Demers V., Tuffin B., Rare events, splitting, and quasi-Monte Carlo, ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS), vol. 17, No 2, 2007, pp. 9-18.

[4] Mackey, Al., Introducing .NET 4.0: With Visual Studio 2010, 2010

[5] Radev, D. Rare Event Simulation in Broadband Digital Networks. Colbis, Sofia, 2006, 374 p.

[6] Randolph, N., D. Gardner, C. Anderson, M. Minutillo, Professional Visual Studio 2010

[7] Robinson, S., Advanced .NET Programming, 2002

[8] Sells, C., Windows Forms Programming in C#, 2003

[9] http://msdn.microsoft.com/en-us/library/

За контакти:

докт. инж. Ростислав Раев, катедра Телекомуникации, Русенски университет „Ангел Кънчев", тел.: 082/888 831, e-mail: rraev@uni-ruse.bg

проф. дтн. инж. Димитър Радев, катедра Телекомуникации, Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082/888 663, e-mail: dradev@uni-ruse.bg

гл. ас. д-р Елена Иванова, Катедра Телекомуникации", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082/888 831, e-mail: epivanova@uni-ruse.bg

Докладът е рецензиран.