

УДК 681.3

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ОЦІНКИ ЖИВУЧОСТІ КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ

Петров О.С., Мінін А.В.

USING SIMULATION MODELING FOR ASSESSMENT SURVIVABILITY OF COMPUTER NETWORKS

Petrov O., Minin A.

У статті розглянуто теоретико-прикладні аспекти застосування імітаційного моделювання для оцінки живучості комп'ютерної мережі.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, живучість, оцінка живучості.

Технічна забезпеченість значного числа сучасних установ росте рік від року, тому стає актуальною автоматизація різного роду задач, пов'язаних з роботою в різних сферах діяльності людини.

Автоматизація досягається завдяки використанню комп'ютерних мереж (КМ), які функціонують у відкритих мережевих середовищах. Такі мережі вже впроваджені в урядовій, фінансовій, банківській сфері, енергетиці, важкій промисловості і т.і. Саме тому навіть короточасне порушення функціонування КМ, втрата або спотворення інформації яка передається в них, може мати катастрофічні наслідки не лише на рівні користувача, але і на рівні підприємства, галузі або навіть держави в цілому.

Живучість – це фундаментальна властивість складних систем. Біологічні, соціальні і багато інших систем с самого початку володіють властивістю живучості, що дозволяє їм зберігати цілісність, виконувати свої функції і розвиватися в несприятливому навколишньому середовищі. Моделювання розрахунків живучості успішно застосовується при створенні складних технічних систем, таких наприклад, як електроенергетичні системи.

Математична модель живучості мережі з урахуванням її особливостей може бути побудована на основі різних систем моделювання, наприклад: біноміальні моделі [7], моделі спільної щільності розподілу ймовірностей [6]. У цьому дослідженні ми будемо використовувати імітаційне моделювання.

Для отримання ймовірнісних оцінок живучості розподілених інформаційних комп'ютерних мереж (КМ) при імітаційному моделюванні їх функціонування необхідне проведення статистичних випробувань.

Необхідність в методі статистичних випробувань виникає тому, що чисто теоретичні методи дають точне рішення, як правило, лише у

випадкових випадках. Або тоді, коли початкові випадкові величини мають цілком певні функції розподілу, наприклад, нормальні, чого, як правило, не буває. Або коли об'єми вибірок дуже великі (з практичної точки зору - нескінченні). Суть цього методу полягає у вирішенні різних завдань шляхом побудови для кожного завдання випадкового процесу з параметрами, рівними шуканим величинам цього завдання [1]. При цьому наближене визначення цих величин відбувається шляхом спостереження за випадковим процесом і обчислення його статистичних характеристик, приблизно рівних шуканим параметрам. При визначенні ймовірнісних оцінок кожне випробування полягає в загальному випадку в моделюванні функціонування мережі і випадкових чинників (відмов, умов функціонування), що впливають на нього, протягом того часу, для якого оцінюється живучість КМ. Результатом випробування є факт отримання контрольованих даних і тим самим визначення стану n , в якому опиняється КМ, тобто фактично моделюється подія n , що має шукану вірогідність S^n . Окремі випробування незалежні, і на початку кожного випробування КМ знаходиться в одному і тому ж стані. Для кожного стану n

$$M^n = \sum_{i=1}^N \eta_i^n, \quad (1)$$

де M^n - кількість випробувань, в результаті яких КМ опинилася в стані n ;

N - кількість випробувань всього;

η_i^n - випадкова величина, що визначає, опинилася КМ в стані n у випробуванні i ($\eta_i^n = 1$) чи ні ($\eta_i^n = 0$).

Частота появи події n рівна M^n / N і є випадковою величиною, математичне очікування якої визначається таким чином (величини η_i^n незалежні і $W(\eta_i^n) = S^n$ [1]):

$$W(M^n/N) = S^n. \quad (2)$$

Згідно закону великих чисел (теорема Бернуллі, [1]),

$$S^n \approx M^n / N. \quad (3)$$

Точність набутого значення S^n (помилка методу) залежить від кількості випробувань N . Відома оцінка для помилки методу статистичних випробувань за умови, що шукана величина розподілена по нормальному закону (закону Гауса) [1, 2]:

$$\delta = |M^n / N - S^n| \leq 3\sigma^n / \sqrt{N}, \quad (4)$$

де σ^n – середнє квадратичне відхилення величини M^n / N .

Оцінити дисперсію $(\sigma^n)^2$ заздалегідь досить важко, тому за наближене значення для $(\sigma^n)^2$ можна прийняти статистичну оцінку

$$(\sigma^n)^2 \approx ((\eta_1^n - M^n / N)^2 + (\eta_2^n - M^n / N)^2 + \dots + (\eta_N^n - M^n / N)^2) / (N - 1), \quad (5)$$

отриману в процесі моделювання [1, 2]. Оскільки випробування незалежні M^n / N є сума незалежних випадкових додатків.

Доведено, що сума багатьох незалежних випадкових доданків розподілена по нормальному закону, незалежно від того, як були розподілені доданки, тобто використання такої оцінки δ представляється правомірним. Але при цьому є ряд виключень, зокрема моделювання подій, що виникають з малою вірогідністю.

В цьому випадку для цілочисельної величини M^n часто з'являється розподіл Пуассона. Умовою появи у якості граничного закону для M^n розподілу Пуассона є співвідношення [1]

$$S^n \approx 1 / N. \quad (6)$$

У [1] указується, що в таких випадках необхідно вимагати виконання умови

$$S^n \cdot N \gg 1, \quad (7)$$

що вже приведе до закону розподілу частоти M^n / N , близькому до нормального.

Таким чином, повинно бути проведено така мінімальна кількість випробувань N , щоб забезпечити виконання умови (7), а подальші

випробування проводяться у разі потреби, яка визначається оцінкою δ .

У основі моделювання відмов як випадкових подій лежить використання рівномірно розподілених на інтервалі $[0, 1]$ випадкових чисел. Моделювання випадкових подій полягає у формуванні такого випадкового числа і перевірці попадання його в інтервал $[0, S]$, де S – вірогідність випадкової події. Якщо число знаходиться в цьому інтервалі, подія наступила, інакше – не наступила [3].

Вірогідність безвідмовної роботи визначається для інтервалу часу, без визначення конкретного моменту. Якщо інтенсивність виникнення відмов змінюється під впливом зовнішніх чинників (при виникненні інших відмов, зміні умов функціонування), то в процесі моделювання повинно бути відомо час функціонування мережі.

Поточна вірогідність таких залежних відмов визначається ще до моменту виникнення впливаючого чинника, а не відносно початку функціонування системи, і може залежати від тривалості часу знаходження системи в попередніх станах [5].

Якщо відмови незалежні, відлічувати час не треба – він вже задан інтервалом, на якому визначається імовірнісна оцінка живучості КМ. Випробування полягатиме тільки у визначенні, виникнуть чи ні відмови і, відповідно, їх наслідки. Для відліку часу відповідного одному кроку моделювання ставиться час Δt . Поточний час визначається як $t_{\text{пот}} = z \cdot \Delta t$, де z – порядковий номер кроку моделювання.

Таким чином, якщо моделювання відмови без визначення моменту часу його виникнення полягає в отриманні випадкового числа і перевірці його попадання в інтервал $[0, S]$, то моделювання з визначенням такого моменту часу полягає в отриманні випадкового числа і послідовному порівнянні його з вірогідністю модельованої відмови в моменти часу $0, \Delta t, 2 \cdot \Delta t, \dots$.

Для кожної відмови використовується своя послідовність випадкових чисел, інакше створюється штучна залежність відмов. Одну загальну послідовність можна використовувати, тільки якщо виникнення кожної відмови визначається за допомогою окремого елемента випадкової послідовності, і сама послідовність є «істинно» випадковою – отриманою за допомогою аналого-цифрових перетворювачів на основі сигналів фізичних генераторів, що використовують природні джерела випадкових шумів (радіоактивний розпад, шуми електронних і напівпровідникових пристроїв і тому подібне) [3].

Якщо для визначення виникнення кожної з відмов використовується одне і те ж випадкове число, зрозуміло, що одночасно виникнуть всі відмови, для вірогідності яких виконується умова попадання цього випадкового числа в інтервал $[0,$

S]. Сама послідовність, як правило, формується алгоритмічно, тобто тільки виглядає випадковою, і її елементи математично не можна вважати незалежними [4].

Тому виникнення відмови, якій відповідає елемент послідовності z , впливає на виникнення відмови, якій відповідає елемент послідовності $z+1$ (навіть не на його вірогідність, як повинно було бути для залежних відмов), чим створюється помилкова залежність відмов. При алгоритмічному формуванні випадкової послідовності для кожного нового випробування не можна починати формування спочатку з тими ж його параметрами, оскільки виходитиме одна і та ж послідовність.

В процесі отримання імовірнісних оцінок живучості КМ не треба моделювати її функціонування при кожному випробуванні, оскільки наслідки відмов детерміновані і можуть бути визначені заздалегідь. Для цього потрібне попереднє моделювання функціонування КМ з урахуванням всіх можливих комбінацій відмов для визначення їх наслідків.

Отримані імовірнісні оцінки живучості мережі використовуємо для побудови імітаційної моделі. Для імітації функціонування досить вважати, що при отриманні всіх вхідних даних, відсутності відмови компоненту і умов неправильного формування дані будуть сформовані, а за відсутності відмови каналу зв'язку - передані. Аналіз живучості КМ може проводитися або на підставі результатів моделювання, або шляхом аналізу самої мережі. Для отримання детермінованих оцінок виникнення відмов моделюється різними варіантами розміщення компонентів відмов. Отримання імовірнісних оцінок проводиться по методу описаному в даній статті.

Література

1. Метод статистических испытаний (метод Монте-Карло) / Бусленко Н.П., Голенко Д.И., Соболев И.М., Срагович В.Г., Шрейдер Ю.А. / Под редакцией Шрейдера Ю.А. - М.: Физматгиз, 1962. - 331 с.
2. Мышкис А.Д. Лекции по высшей математике. - М.: Наука, 1969. - 640 с.
3. Синтез и анализ живучести сетевых систем : монография / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. - М. : «Издательство Машиностроение-1», 2007. - 152 с.
4. Живучість інформаційних систем. / А.Г. Додонов, Д.В. Ландэ. — К.: Наук. думка, 2011. —256 с.
5. Петров А. С., Минин А. В. Методы вычисления живучести компьютерных сетей с неремонтопригодными элементами // Луганськ: Вісник СХУ ім.В.Даля, 7 (161), 2011 – с. 94-98.
6. Петров О.С., Минин А. В. “О показниках надёжности неремонтопригодных элементов локальной сети”// Інформаційна безпека, СХУ ім. В.Даля. – 2010 – № 2(4). – с. 90-94.

7. А.В.Минин, О.О.Скопа, М. Aleksander Біноміальні моделі випробування живучості захищених інформаційних каналів // Вісник Східноукраїнського Національного університету імені Володимира Даля, 8 ч.1 (179), 2012 – с. 43-59.

References

1. Metod statisticheskikh ispytaniy (metod Monte-Karlo) / Buslenko N.P., Golenko D.I., Sobol' I.M., Sragovich V.G., Shrejder Ju.A. / Pod redakciej Shrejdera Ju.A. - M.: Fizmatgiz, 1962. - 331 p.
2. Myshkis A.D. Lekcii po vysshej matematike. - M.: Nauka, 1969. - 640 p.
3. Sintez i analiz zhivuchesti setevykh sistem : monografiya / Ju.Ju. Gromov, V.O. Drachev, K.A. Nabatov, O.G. Ivanova. - M. : «Izdatel'stvo Mashinostroenie-1», 2007. - 152 p.
4. Zhivuchest' informacionnykh sistem. / A.G. Dodonov, D.V. Landje. — K.: Nauk. dumka, 2011. — 256 p.
5. Petrov A. S., Minin A. V. Metody vychisleniya zhivuchesti komp'yuternykh setej s neremontoprigochnymi jelementami // Lugans'k: Visnik SNU im.V.Dalja, 7 (161), 2011 – p. 94-98.
6. Petrov O.S., Minin A. V. “O pokaznikah nadijnosti neremontopridatnih elementiv lokal'noï merezhi”// Informacijna bezpeka, SNU im. V.Dalja. – 2010 – № 2(4). – s. 90-94.
7. A.V.Minin, O.O.Skopa, M. Aleksander Binomial'ni modeli viprobuvannja zhivuchosti zahishhenih informacijnih kanaliv // Visnik Shidnoukraïns'kogo Nacional'nogo universitetu imeni Volodimira Dalja, 8 ch.1 (179), 2012 – p. 43-59.

Петров А.С., Минин А.В. ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЖИВУЧЕСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

В статье рассмотрены теоретико-прикладные аспекты применения имитационного моделирования для оценки живучести компьютерной сети.

Ключевые слова: компьютерная сеть, живучесть, оценка живучести.

A. Petrov, A. Minin. THE USE OF SIMULATION TO EVALUATE THE SURVIVABILITY OF THE NETWORK

The article deals with theoretical and applied aspects of using simulation to evaluate the survivability of the network.

Keywords: computer network survivability assessment of survivability.

Петров О.С. – AGH University of Science and Technology, Krakow, Poland, Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, Луганськ, Україна.

Минин А.В. – Східноукраїнський національний університет ім. В.Даля, Луганськ, Україна.

Рецензент: Осенин Юрий Иванович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе Восточноукраинского национального университета имени Владимира Даля.