

СИСТЕМА МОДЕЛЮВАННЯ ДОСТУПНОСТІ МЕРЕЖЕВИХ ПОСЛУГ

Вішталъ Д.М., Любашенко Н.Д.

Факультет прикладної математики КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

E-mail: ndp1992@bigmir.net

NETWORK SERVICE AVAILABILITY MODELING SYSTEM

Questions of designing of modeling system for calculating probability of network service availability are considered. Characteristics of quality and efficiency of functioning of a network depend on structure of a network and weight parameters of elements

Доступність мережевої послуги – це здатність мережі забезпечити будь-якого користувача зв'язком у будь-який момент часу. Моніторинг цієї характеристики мережі може застосовуватись в процесі експлуатації системи, зміни її елементів. Доступність мереж можна охарактеризувати за допомогою методологій оцінювання [1], таких як блокова діаграма надійності (RBD, Reliability Block Diagram), аналіз дерева відмов (FTA, Fault Tree Analysis) [2], тощо. Типові алгоритми визначення доступності мережі включають метод перерахування станів [3], метод факторизації [4], клітинні автомати [5].

В даній роботі використано стандартну модель мережі - зважений граф.

Для моделювання мережі запропоновано ймовірнісну модель з двома станами – робочий, неробочий - як для окремих елементів, так і для всієї мережі. Стан мережі визначається станом елементів і описується відповідною структурною функцією

$$\varphi(x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)) = \begin{cases} 1, & \text{якщо в момент часу } t \text{ система в робочому стані} \\ 0 & \text{в іншому випадку} \end{cases}$$

Якщо $s, t \in Y$ - дві довільні вершини мережі, то стаціонарна ймовірність (s-t) зв'язності мережі $P\{\varphi_{s,t}(x_1, \dots, x_n) = 1\}$ характеризуватиме доступність мережевої послуги.

Формалізація задачі оцінювання стаціонарної ймовірності парної зв'язності базується на ізоморфізмі булевої алгебри функцій властивостей $U_\phi = \langle x_1, x_2, \dots, x_n; \wedge; \vee; \neg \rangle$ і відповідної булевої алгебри класів станів $U_K = \langle P(B_2^n); \cap; \cup; ' \rangle$, де $\{x_1, \dots, x_n\}$ - утворюючі булевої алгебри функцій, B_2^n - векторний простір станів елементів мережі, потужність $|B_2^n| = 2^n$, розмірність $\dim(B_2^n) = n$. Вводяться такі припущення: всі вузли є абсолютно надійними; залежністю випадкових величин часових інтервалів доступності (недоступності) нехтуємо; мережа розглядається як система з повнодоступним відновленням; при заданому режимі інформаційного навантаження на мережу (мала, середня, велика) встановлюється стаціонарний режим; стан мережі відносно $\varphi_{s,t}$ - доступності (недоступності) визначається станом її елементів при

заданому навантаженні мережі; вектор станів однозначно визначає (s-t) зв'язність мережі.

Даний підхід дозволив розробити ефективні алгоритми для програмування обчислень.

Процес функціонування мережі розглядається як дискретно-неперервний випадковий процес блукання по булевій векторній решітці.

Для обчислення ймовірності пропонується спочатку знайти всі найкоротші (s-t) шляхи мережі, мінімальні (s-t) перерізи мережі. Вибране представлення функції зв'язності ортогоналізується для функції $\varphi_{s,t}(x_1, \dots, x_n)$, поданої в мінімальній диз'юнктивній нормальній формі. Тоді $\varphi_{s,t}(x_1, \dots, x_n) = f_1 \vee \dots \vee f_m = f_1 + \bar{f}_1 f_2 + \bar{f}_1 \bar{f}_2 f_3 + \dots + \bar{f}_1 \dots \bar{f}_{m-1} f_m$, де f_i - i -й (s-t) шлях мережі; m - кількість (s-t) шляхів мережі.

На основі отриманого представлення конструюється формула для проведення обчислень на наступному етапі моделювання.

Приклад формули, отриманої для визначення ймовірності доступності мережі (рис. 1) між вузлами Y1 та Y6, наведено на рис. 2, де p_i - коефіцієнт стаціонарної готовності i -го каналу мережі; $q_i = 1 - p_i$.

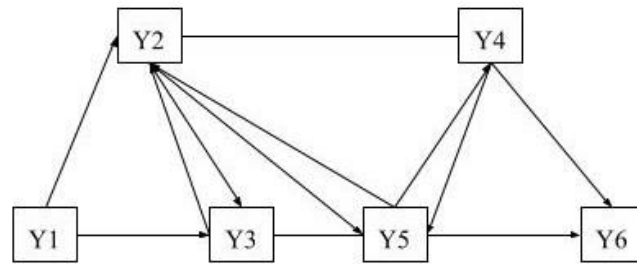


Рис.1. Граф мережі.

$$\begin{aligned}
 P_{s,t} = & 1 - q_1 q_2 - (1 - q_1 q_2) q_{11} q_{12} - p_2 (1 - q_{11} q_{12}) q_1 q_3 q_8 - (1 - q_{11} q_{12}) (1 - q_1 q_2 - p_2 q_1 q_3) q_5 q_6 q_8 - \\
 & - p_{11} (1 - q_1 q_2 - p_2 q_1 q_3 q_8 - (1 - q_1 q_2 - p_2 q_1 q_3) q_6 q_8) q_5 q_9 q_{12} - \\
 & - p_1 p_8 (1 - q_{11} q_{12} - p_{11} q_9 q_{12}) q_2 q_4 q_5 q_6 - p_5 p_{12} (1 - q_1 q_2 - p_2 q_1 q_3) q_6 q_8 q_{10} q_{11} - \\
 & - p_1 p_5 p_8 p_{12} q_2 q_4 q_6 q_{10} q_{11} - p_2 p_5 p_8 p_{11} q_1 q_3 q_7 q_9 q_{12}.
 \end{aligned}$$

Рис.2. Приклад теоретичної формули.

Оскільки при збільшенні кількості вершин та ребер графа формула виглядатиме громіздко, а також враховуючи, що значення p_i та q_i не перевищують одиницю, пропонується до початку обчислень перетворити рядок теоретичної формули до робочого вигляду, не втративши задану точність обчислень. Зокрема, можна скоротити кількість доданків, які містять малі множники. Наприклад, якщо у наведеній формулі оцінити доданки, які містять п'ять множників q , то, замінивши p на 1, а q на 0.5, отримаємо грубу оцінку результату, що не перевищуватиме 0.032. Аналогічно, в доданках з шістьма множниками q , результат не перевищуватиме 0.016, у виразах з сімома множниками q , результат не перевищуватиме 0.008.

Якщо користувача влаштовує оцінка з точністю до десятих, можна використати наступну робочу формулу:

$$P_{s,t} = 1 - q_1 q_2 - (1 - q_1 q_2) q_{11} q_{12} - p_2 q_1 q_3 q_8 - q_5 q_6 q_8 - p_{11} q_5 q_9 q_{12} - p_1 p_8 q_2 q_4 q_5 q_6 - p_5 p_{12} q_6 q_8 q_{10} q_{11}.$$

Для реалізації запропонованої моделі оцінки доступності мережевої послуги, алгоритмів побудови формули обчислення ймовірності доступності розроблено проект відповідної системи (рис. 3). Структура мережі задається матрицею суміжності.

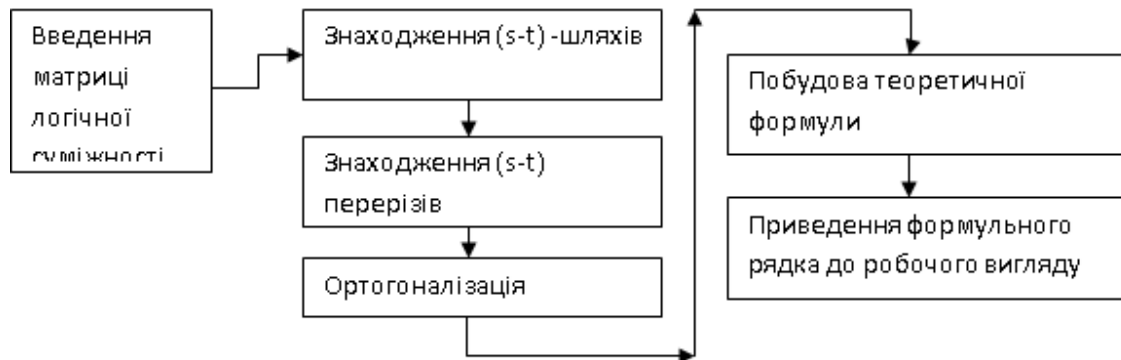


Рис.3. Структура системи оцінювання доступності мережевої послуги.

Запропонований проект системи після реалізації всіх складових забезпечить:

- розв'язок задач синтезу мереж із заданими властивостями;
- оцінку середнього стаціонарного часу перебування мережі у стані доступності;
- оцінку важливості елементів, тобто рівень впливу коефіцієнта готовності елемента на коефіцієнт готовності мережі при наданні мережевої послуги.

Література

1. Zio E. Reliability engineering: Old problems and new challenges. Reliability Engineering and System Safety 2008; 6: 128-133, DOI:10.1016/j.res.2008.06.002
2. Volkanovski A, Cepin M, Mavko B. Application of the fault tree analysis for assessment of power system reliability. Reliability Engineering & System Safety 2009; 94: 1116–1127, DOI:10.1016/j.res.2009.01.004
3. Shier DR. Network Reliability and Algebraic Structures. Oxford: Clarendon Press; 1991.
4. Wood RK. Factoring Algorithms for Computing K-Terminal Network Reliability. IEEE Transactions on Reliability 1986; 35: 269-278, DOI:10.1109/TR.1986.4335431
5. Rocco CM, Zio E. Solving Advanced Network Reliability Problems by Means of Cellular Automata and Monte Carlo Sampling. Reliability Engineering and System Safety 2005; 89: 219-226, DOI:10.1016/j.res.2004.08.025.