

Маслова Світлана Віталіївна, здобувач вищої освіти факультету інфокомунікацій
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

Науковий керівник: Томак Віра Вікторівна, асистент кафедри інформаційно-мережної інженерії
Харківський національний університет радіоелектроніки, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ СТРУКТУРНОЇ НАДІЙНОСТІ МЕРЕЖІ ВІД ЇЇ ТОПОЛОГІЇ

Мета роботи – дослідити, як топологія мережі впливає на її структурну надійність, шляхом аналізу різних типів мережевих структур (кільцева, зіркоподібна, деревоподібна, повнозв'язна тощо) та моделювання ймовірностей відмов елементів. Визначити топології, які забезпечують найвищу стійкість до відмов вузлів і каналів.

У процесі проектування інформаційних, енергетичних чи логістичних мереж важливо забезпечити високу надійність їх функціонування. Один із ключових чинників, що визначає надійність мережі – її топологічна структура. Розуміння взаємозв'язку між топологією та структурною надійністю дозволяє приймати обґрунтовані рішення щодо архітектури мережі, знижуючи ризики простоїв, збоїв і втрат. Особливо це важливо в критичних сферах — охороні здоров'я, енергетиці, фінансах та обороні.

Враховуючи зростання складності сучасних мереж, актуальним є проведення глибокого аналізу топологічних впливів на їхню надійність із використанням сучасних математичних і програмних засобів.

Надійністю будь-якої системи називається здатність виконувати нею певні функції в певних умовах експлуатації. Для мереж, що є складними багатофункціональними системами, які складаються з елементів, різнорідних за своїми властивостям, можна виділити два основних аспекти надійності: апаратурний і структурний. Під апаратурним аспектом розуміється проблема надійності окремих систем у мережних пунктах і трактах. Структурний аспект пов'язаний з можливістю існування в мережі шляхів доставки інформації між заданою парою пунктів, тобто надійності зв'язку між пунктами, вважаючи, що відомі показники апаратурної надійності мережних систем [1].

Якщо окремі елементи шляху (їхні ділянки або ребра) утворять паралельно-послідовну структуру, тобто з'єднані послідовно або паралельно, то можна використовувати зазначені вище методи аналізу надійності систем з таким з'єднанням елементів. При послідовному з'єднанні ребер u_ξ з коефіцієнтами готовності $k_\Gamma(u_\xi)$ можна скористатися формулою [1]

$$k_\Gamma(m_{i,j}^k) = \prod_{\forall u_\xi \in m_{i,j}^k} k_\Gamma(u_\xi), \quad (1)$$

а при паралельному – формулою [1]

$$k_\Gamma(m_{i,j}^k) = 1 - \prod_{\forall u_\xi \in m_{ij}^k} (1 - k_\Gamma(u_\xi)). \quad (2)$$

Якщо ж у графі мережі є місткові з'єднання, то ці методи використовувати не можна. Тому розглянемо методи, які можуть бути використані при аналізі структурної надійності зв'язків у складних мережах.

Одним з методів розрахунку надійності зв'язку між вузлами v_i й v_j для складної структури є метод послідовного розкладання структури, заснований на тих же властивостях, що надійність структури, що включає ребро $u_{l,m}$ з коефіцієнтом готовності $k_{\Gamma}(u_{l,m})$, дорівнює [1]

$$k_{\Gamma}(M_{i,j}) = k_{\Gamma}(u_{l,m})k_{\Gamma}(M_{i,j}/u_{l,m} = 1) + [1 - k_{\Gamma}(u_{l,m})]k_{\Gamma}(M_{i,j}/u_{l,m} = 0), \quad (3)$$

де $k_{\Gamma}(M_{i,j}/u_{l,m} = 1)$ – надійність зв'язку, у якій ребро $u_{l,m} = 1$, тобто злиті вузли v_l й v_m ;

$k_{\Gamma}(M_{i,j}/u_{l,m} = 0)$ – те ж для мережі при $u_{l,m} = 0$, тобто з мережі вилучене ребро $u_{l,m}$.

Розкладання (винос ребер) виробляється доти, поки структури, що залишилися, не будуть паралельно-послідовними. Якщо після розкладання по одному ребру отримані структури залишаються містковими, то їх розкладають далі. Не можна розкладати структуру по спрямованому ребру, якщо при його заміні ненаправленим ребром з'являються нові шляхи [1].

Метод послідовних розкладань дозволяє визначити потенційну надійність зв'язку між заданими вузлами у вигляді функції або числового значення.

У результаті дослідження було встановлено, що топологія мережі має суттєвий вплив на її структурну надійність. Найбільш надійними виявилися повнозв'язні та коміркові (сіткові) структури, які мають високий рівень надмірності з'єднань і можливість перенаправлення трафіку при відмовах. Натомість менш складні топології – зіркоподібна та деревоподібна показали більшу вразливість до відмов центральних вузлів та являються не такими надійними з точки зору структури.

Зроблені висновки можуть бути використані для оптимізації проектування мереж з урахуванням вимог до їх надійності, зокрема у критичних інфраструктурах.

Список використаних джерел:

1. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі : Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. – 384 с.