

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ПЕРЕВАНТАЖЕННЯ МЕРЕЖІ НА ЖИВУЧІСТЬ ПІРИНГОВОЇ СИСТЕМИ

О Дещинський П.Ю., Стрихалюк Б.М., Кайдан М.В., 2012

Представлено характеристики пірингових систем як складних мереж. Наведено основні характеристики складної мережі. Розглянуто вплив факторів завантаження на живучість складної мережі.

Ключові слова: пірингова система, фактор завантаження, живучість.

Characteristics peering systems as complex networks was presented. The main characteristics of complex networks was given. The influence of factors loading on a complex network survivability.

Key words: peering system, factors loading, survivability.

Вступ. Тенденції розвитку сучасних мереж свідчать про необхідність розроблення ефективних методів моделювання та оптимізації мереж великих розмірів. Можливості застосування до складних мереж, яким властиві безперервне розширення та динамічні характеристики, звичайних методів моделювання істотно обмежені.

Властивості розподілених у топологічному сенсі мереж істотно залежать від геометрії, способу розміщення вузлів, відстані між ними тощо. Наприклад, з топологічних позицій глобальну інформаційну мережу Інтернет можна розглядати як сукупність великої кількості розподілених точок (вузлів), що взаємодіють через канали зв'язку [1].

Інформаційні та комунікаційні властивості великої сукупності (ансамблю) розподілених об'єктів якісно і кількісно відрізняються від аналогічних властивостей окремого об'єкта [2]. Наприклад, у мережевих структурах з множиною вузлових станцій з'являються зовсім нові властивості, такі як живучість, надійність, множинність маршрутів доставки повідомлень до користувача, нестійкість, конфліктність тощо.

На практиці розглядаються великі мережі, незважаючи на їх зовні нерегулярну структуру, характеризуються деяким основним порядком, обумовленим зовнішніми обмеженнями і моделлю їхнього росту. Ця обставина дає змогу використовувати метод визначення розмірності топології цих мереж, оснований на додаванні властивості самоподібності, властивого фракталам. При цьому топологія глобальної інформаційної мережі є прикладом випадкового фрактала, оскільки її мала частина подібна до цілої. Так, топологія мережі стільникового зв'язку в масштабі окремого міського району подібна до топології мережі міського масштабу, а топологія міської мережі – до топології мережі регіонального масштабу (і т.д., по висхідній ієрархії масштабів) [1]. Отже, вузли інформаційної мережі можна розглядати як множину точок, вкладених у простір. Розмірність цієї сукупності точок має дробову, або фрактальну, розмірність.

1. Аналіз характеристик пірингових систем як складних мереж. Пірингові мережі (Peer-to-peer, P2P – рівний з рівним) – це телекомунікаційні мережі, основані на рівноправності учасників. В таких мережах відсутні виділені сервери, а кожен вузол (peer) є як клієнтом, так і сервером.

P2P – це мережевий протокол [2, 3], що забезпечує можливість створення та функціонування мережі рівноправних вузлів, їх взаємодії. У багатьох випадках P2P є накладеними мережами, що використовують існуючі транспортні протоколи стека TCP/IP – TCP або UDP. Зазначимо, що на

практиці пірингові мережі складаються з вузлів, кожен з яких взаємодіє лише з деякою підмножиною інших вузлів мережі (через обмеженість ресурсів). Для реалізації протоколу P2P використовуються клієнтські програми, що забезпечують функціональність як окремих вузлів, так і всієї пірингової мережі.

Незважаючи на те, що всі вузли в P2P мають однаковий статус, реальні можливості їх можуть істотно відрізнятися. На практиці більшість пірингових мереж доповнені виділеними серверами, що виконують організаційні функції, наприклад, авторизацію [4]. Зокрема, відомі бібліотечні пірингові мережі, в яких використовуються виділені сервери, які відіграють роль центрів авторизації, хешування і реплікації бібліографічних даних [3].

Архітектура пірингових мереж принципово відрізняється від традиційної централізованої архітектури «клієнт/сервер», що припускає, що мережа залежить від центральних вузлів (серверів), яка забезпечує підключення до мережі терміналів (клієнтів) необхідними сервісами. У цій централізованій архітектурі ключова роль відводиться серверам, які визначають мережу незалежно від наявності клієнтів, тобто за несправності цих серверів мережа стає неробочою. Очевидно, що зростання кількості клієнтів мережі типу «клієнт/сервер» призводить до зростання навантажень на серверну частину, в результаті чого вона може виявитися переобтяженою.

Порівняно з клієнт/серверною архітектурою архітектура P2P володіє такими перевагами, як самоорганізованість, відмовостійкість при втраті зв'язку з вузлами мережі, можливість поділу ресурсів без прив'язки до конкретних адрес, збільшення швидкості копіювання інформації за рахунок використання відразу декількох джерел, ефективніше використання смуги пропускання, гнучке балансування навантаження.

Згідно з теорією складної мережі відстань між вузлами можна визначити також як кількість кроків, які необхідно зробити, щоб добратися від одного вузла до іншого. Очевидно, вузли можуть бути з'єднані прямо або опосередковано. Шляхом між вузлами називається найкоротша відстань між ними. Для всієї мережі можна ввести поняття середнього шляху, як середньої по всіх парах вузлів найкоротшої відстані між ними. Однак деякі мережі можуть виявитися незв'язними, тобто знайдуться вузли, відстань між якими виявиться нескінченною. Відповідно, середній шлях може також дорівнювати нескінченності. Для визначення таких випадків вводиться поняття середнього інверсного шляху між вузлами ij , що розраховується за формулою:

$$l_{ij} = \frac{2}{N(N-1)} \sum_{i>j} \frac{1}{d_{ij}}$$

де d_{ij} – найкоротша відстань між вузлами i та j .

Більшість реальних мереж, що постійно збільшують вузли і вибір з'єднань між новими вузлами і старими, розглядається в безмасштабних мережах, зокрема, існує модель Барабаша і Альберта. Середня довжина шляху l визначається залежно від виду топології. Так, для цієї моделі

$$l = \ln N / \ln \ln N.$$

Реальні телекомунікаційні мережі, зокрема P2P, мають характер малого світу, як і випадкові графи, але у них великі коефіцієнти кластеризації. Водночас в [5] показано, що коефіцієнт кластеризації не пов'язаний із розміром мережі. Остання властивість є характеристикою впорядкованої решітки p і великих N . Ця модель еквівалентна моделі Уотса – Страттса. Середню довжину шляху загальноприйнято визначати для розглянутої топології [5]

$$l \sim \frac{N^{1/d}}{K} f(pKN),$$

де p – відношення кількості існуючих ребер до кількості всіх можливих $N(N-1)/2$; k – степінь вузла; K – кількість з'єднань з близькими вузлами; $f(u)$ – універсальна функція масштабування, яка визначається

$$f(u) = \begin{cases} \text{const} & \text{якщо } u \ll 1, \\ \ln(u)/u & \text{якщо } u \gg 1, \end{cases}$$

для випадків, коли $u \cong 1$

$$f(u) = \frac{4}{\sqrt{u^2 + 4u}} \tanh^{-1} \frac{u}{\sqrt{u^2 + 4u}}.$$

Коефіцієнт кластеризації характеризує тенденцію до утворення груп взаємопов'язаних вузлів, так званих клік. Для окремого вузла мережі, що має ступінь k , коефіцієнт кластеризації визначається як число, що відповідає відношенню реальної кількості ребер, якими з'єднуються найближчі сусіди розглянутого вузла, до максимально можливого $k(k-1)/2$.

2. Вплив завантаження ребер на живучість складної мережі. Підтримка телекомунікаційної мережі в робочому стані передбачає постійну увагу і пов'язана з витратами (як матеріальними, так, наприклад, і з людськими ресурсами). P2P мережа містить безліч вузлів, пов'язаних між собою у певний спосіб. Однак такій конструкції притаманна уразливість, оскільки за рахунок численних вузлів і зв'язків між ними нерідко проявляється «ефект доміно», коли збій в якомусь одному місці провокує перевантаження і вихід з ладу інших елементів мережі.

Досліджено зміни структури P2P у разі раптового впливу на мережу несприятливих факторів (наприклад, аварійна ситуація або перевантаження). Граф може бути постійним або змінюватися з часом, детермінованим або стохастичним (для кінцевого користувача системи граф після впливу несприятливого факту з позиції теорії ймовірностей буде завжди випадковим).

Після несприятливого фактора середню кількість непошкоджених ребер можна визначити

$$\alpha = k \left(\sum_{i=0}^N g_i^b \right) \left(\sum_{i=0}^E g_i^p \right), \quad (1)$$

де E – кількість ребер, g^b та g^p – очікувані частини вершин та ребер, на які впливав несприятливий фактор. Здебільшого параметри g^b та g^p визначають згідно з розподілом Пуассона.

Розглянемо несприятливий фактор – перевантаження мережі, яке моделюється втратою лише ребер мережі. У пірингових мережах можна припустити, що вузли не досягатимуть максимального навантаження. Тоді (1) можна переписати у вигляді

$$\alpha = k \left(\sum_{i=0}^E g_i^p \right).$$

а параметр g^p згідно з розподілом Пуассона для ймовірності можна подати

$$g_i^p = e^{-\pi h} \frac{(\pi h)^i}{i!},$$

де π – ймовірність втрати пропускної здатності ребер внаслідок перенавантаження мережі; h – частота виникнення перевантаження мережі.

Варто зауважити, що розрахунок ймовірностей не відображає справжньої картини, адекватне уявлення дає розподіл потоків, що утворюється після удару. Для такого розрахунку зручніше користуватися не ймовірностями, а визначати середнє значення імовірнісних величин.

3. Результати моделювання. На рис.1 подано залежність середньої довжини шляху від параметра p . Рис. 1, а відповідає моделі малого світу, де графік залежності має спадний характер і прямує до одиниці. Це можна пояснити тим, що при зв'язності вузлів мережі довжина шляху зменшується до одиничного. Водночас на рис. 1, б подано залежність середньої довжини шляху від параметра p згідно з моделлю Барабаші–Альберта, де спостерігається монотонне зростання параметра l . Це можна пояснити збільшенням довжини шляху в безрозмірних мережах, внаслідок збільшення зв'язності вузлів.

На рис. 2 подана зміна середньої довжини шляху через ймовірність втрати пропускної здатності ребер внаслідок перенавантаження мережі згідно з моделлю малого світу. Графіки мають монотонно зростаючий характер, оскільки перевантаження ребер адекватне втраті цих ребер для шляху.

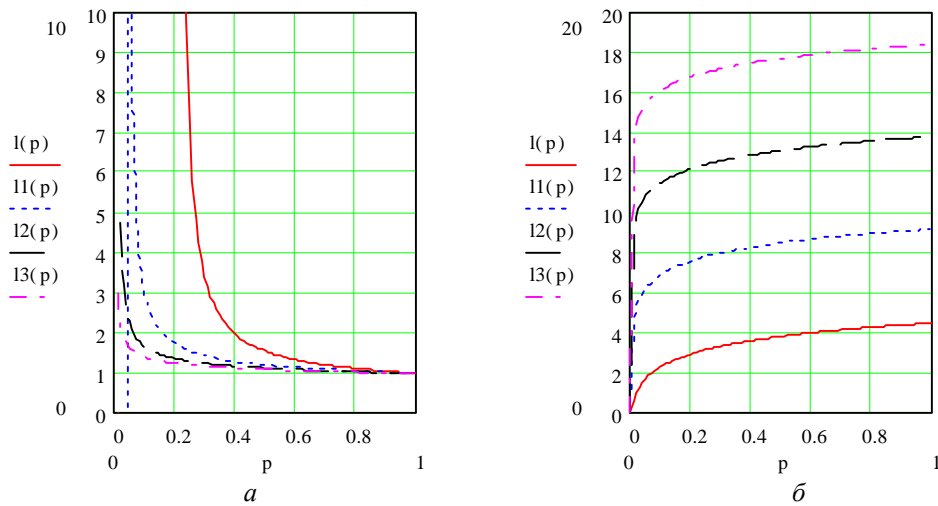


Рис. 1. Залежність середньої довжини шляху від параметра p відповідно до:
 a – моделі Барабаша і Альберта; b – моделі малого світу,
для $l(p)$ кількість вузлів $N=10$, $l_1(p) - N=100$, $l_2(p) - N=1000$, $l_3(p) - N=1000$

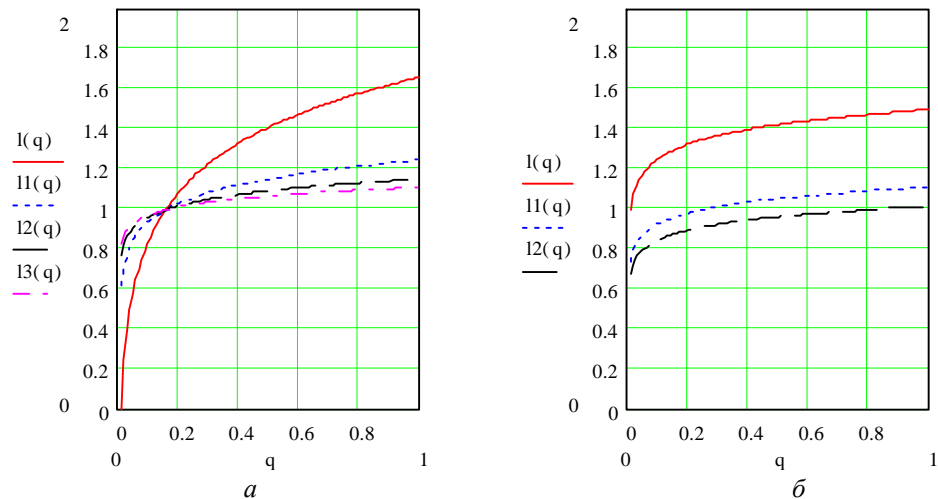


Рис. 2. Графік залежності зміни середньої довжини шляху згідно з моделлю малого світу:
 a – при різній кількості вузлів у мережі, коли $p=0.5$, для $l(q)$ кількість вузлів $N=10$, $l_1(q) - N=100$, $l_2(q) - N=1000$, $l_3(q) - N=1000$; b – при різних параметрах p , коли $N=1000$ для $l(q) p=0.1$, $l_1(q) - p=0.5$, $l_2(q) - p=0.9$

Висновки. Показано, що з урахуванням нерегулярної структури і динамічної топології пірингової системи опис є складним і спостерігається велика розмірність вектора стану. Враховуючи динаміку зміни топології, пірингову систему можна адекватно описати в класі складних мереж.

Враховуючи особливості архітектури пірингових ситем, запропоновано їх моделювання в класі складних мереж моделей Барабаша і Альберта та малого світу. Наведено основні характеристики для різних моделей топології складної мережі.

Розглянуто ймовірнісний вплив факторів завантаження на живучість складної мережі. Показано залежність середньої довжини шляху від відношення кількості існуючих ребер до кількості всіх можливих для моделей Барабаша і Альберта та малого світу. Проаналізовано залежність зміни середньої довжини шляху від ймовірності втрати пропускної здатності ребер внаслідок перенавантаження мережі згідно з моделлю малого світу.

1. Шахтурин Д. В. Моделирование информационных потоков данных в больших сетях // *Электроника и информационные технологии*. – 2009. – № 2 (72). 2. Ландэ Д.В., Снарский А.А.,

Безсуднов И.А. Интернетика: Навигация в сложных сетях: модели и алгоритмы. – М.: Кижный дом «Либроком», 2009. – 264 с. 3. Гуркин Ю.Н. Семенов Ю.А. Файлообменные сети P2P: основные принципы, протоколы, безопасность // Сети и системы связи. – 2006. – № 11. – С. 62. 4. Таненбаум Э. ван Стеен М. Распределенные системы: принципы и парадигмы. – СПб.: Питер, 2003. 876 с. 5. Albert, R. and Barabasi A.-L. Statistical mechanics of complex networks // Rev. Mod. Phys.– Vol. 74,– 2002.– P.47–i97

УДК 621.37/39

Н.Ф. Казакова

Одеський національний економічний університет,
кафедра інформаційних систем в економіці

АСПЕКТИ НАДІЙНОЇ РОБОТИ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ З ПОСЛІДОВНО-ПАРАЛЕЛЬНИМ З'ЄДНАННЯМ РЕЗЕРВУЮЧИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Ї Казакова Н.Ф., 2012

Зосереджено увагу на доказі окремих теорем, які можна використати для розгляду та аналізу деяких аспектів інтервального оцінювання робочих параметрів при випробуваннях надійності автоматичних систем однократного використання. Отримані результати дають змогу визначити робочі плани випробувань, передбачити необхідну кількість резервного обладнання, структуру системи та інші технічні та виробничі параметри.

Ключові слова: інтервальне оцінювання, послідовно-паралельне з'єднання, надійність, випробування.

The article focuses on the demonstration of some theorems that can be used to review and analyze some aspects of interval estimation of operating parameters for reliability testing of automatic systems of single use. The obtained results allow to define work plans tests to predict the required number of backup equipment, structure, systems and other technical and industrial settings.

Key words: interval evaluation, consistently-parallel connection, reliability, test.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями. До необхідності доведення окремих теорем, які можна використати для розгляду та аналізу деяких аспектів інтервального оцінювання робочих параметрів надійності при випробуванні автоматичних систем однократного використання, наводять випадки суворого практичного характеру. Так, у зазначеному сенсі розглянемо процедуру випробування системи, яка автоматично виконує деяку функцію. Однократне максимально достовірне та надійне виконання зазначеної функції є основним та єдиним завданням системи. Після її виконання сенс роботи системи втрачається, а сама система ліквідується. До таких систем належить широке коло механічних, електронних, біологічних, хімічних та інших простих та складних приладів, серед яких математичні системи (наприклад, системи захисту інформації, криптографії та шифрування) тощо.

З огляду на те, що необхідність ввімкнення резервного устаткування такої системи є випадковою величиною, то проведення випробувань та планових перевірок апаратури повинне забирати мінімальний час. Його скорочення можливе за рахунок структурної надмірності або за рахунок запасу по ресурсу [1–4]. Вид випробувань вибирають з урахуванням конкретних задач та