

ОЦІНКА ЖИВУЧОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОБ'ЄКТІВ ПРИ ДОВГОТЕРМІНОВОМУ ЗБЕРІГАННІ ВЕЛИКИХ ОБ'ЄМІВ ДАНИХ

***Березін Б.О., Ланде Д.В.,
Інститут проблем реєстрації інформації НАН
України***

На даний час велике зростання об'ємів інформації, яка повинна довготерміново зберігатися в електронному вигляді, обумовлює актуальність та підвищує вимоги до живучості інформаційних об'єктів.

Живучість – це властивість об'єкта виконувати свої основні функції в умовах негативних впливів, тимчасово або постійно відмовляючись від виконання менш важливих функцій. В роботі [1] наведено аналіз та оцінки функціональної та структурної живучості, показано теоретико-ігровий та ентропійний підходи, оцінки живучості виходячи із стану системи та можливості виконання завдань, а також деякі інші. Крім загальних підходів до оцінки живучості технічних систем, інформаційних систем, створюються методи оцінки живучості для більш вузьких, конкретних предметних областей.

Наприклад, в роботі [2] пропонується опосередкований метод оцінки живучості систем захисту інформації (СЗІ) захищених корпоративних мереж зв'язку, зокрема, із надлишковими елементами, що надає змогу проектувати такі системи із заздалегідь заданими показниками живучості в умовах впливу дестабілізуючих факторів. Для кількісної оцінки живучості використовується коефіцієнт відмовостійкості, що визначається формулою:

$$G_k = \frac{j_D - j_{ф.н.}}{j_{\max} - j_{ф.н.}},$$

де J_A – дійсна кількість шляхів проходження сигналу управління СЗІ від входу до виходу; $J_{\delta.f.}$ – функціонально необхідна кількість шляхів проходження сигналу управління від входу до виходу; J_{\max} – максимально можлива кількість шляхів проходження сигналів управління від входу до виходу для даного набору елементів. Таким чином, чисельник формули є кількістю надлишкових шляхів проходження сигналу управління СЗІ від входу до виходу системи, що побудована на даному наборі елементів, а знаменник – максимально можлива кількість надлишкових шляхів проходження сигналу.

В роботі [3] живучість інформаційного об'єкту оцінюється як ймовірність того, що об'єкт буде непошкодженим протягом визначеного періоду часу t при визначених умовах. Якщо інформаційний об'єкт зберігається частинами на n носіях інформації, то ймовірність руйнування цього об'єкту оцінюється як:

$$F_{lost}(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t).$$

Відповідно живучість оцінюється як:

$$S_n(t) = 1 - F_{lost}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(t).$$

У цих добутках $F_i(t)$ – ймовірності руйнування i -го носія за час t .

Маючи на увазі, що ймовірність виникнення помилок на носіях пропорційна часу існування цих носіїв, що доведено даними проведених вимірів [4,5], і те, що розподіл помилок має степеневий розподіл, можна вважати доцільним і обґрунтованим дослідження моделі із степеневим розподілом помилок, що принципово відрізняється від підходів, в яких використовується пуассонівський потік помилок (теорія систем масового обслуговування) та розподіл помилок за

Вейбулом. У цьому випадку, живучість інформаційних об'єктів пропонується оцінювати як:

$$S_n(t) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(t) = 1 - \prod_{i=1}^n C t^{-\beta} = 1 - C^n t^{-n\beta},$$

де C , β – деякі константи.

В роботах, присвячених розподіленим системам зберігання даних, для оцінки їх функціонування часто використовують такий критерій, як доступність даних (Data Availability) [6-9]. Відповідно до цих робіт, як один з часткових показників живучості може розглядатися доступність даних. Дослідження, проведене в роботі [6] для пірингових мереж (p2p) показує, що доступність доцільно характеризувати як короткотерміновими відмовами та підключеннями окремих хостів (цей параметр для кожного з хостів в середньому складав біля 6 разів на добу), так і довготерміновими характеристиками (біля 20% від усіх хостів змінювали свій стан кожної доби). В роботі [8] для підвищення доступності даних в стратегії управління репліками розподіленої системи зберігання використовується історія доступності кожного вузла (наприклад, для деяких вузлів періоди доступності можуть бути тільки у денний час). При виборі вузла для розміщення реплік враховуються анти-кореляційні властивості історій доступності вузлів (тобто протилежність періодів їх доступності). В роботі [9] доступність даних розглядається на прикладі вузла зберігання даних (Storage Node). Великий набір вузлів разом з координуючими їх процесами представляє агрегат зберігання, який може охоплювати тисячі вузлів. Середня доступність усіх N вузлів в агрегаті визначається як:

$$A_N = \frac{\sum_{N_i \in N} uptime(N_i)}{\sum_{N_i \in N} (uptime(N_i) + downtime(N_i))}.$$

У виразі використовується $uptime(N_i)$ та $downtime(N_i)$ для позначення тривалості часу коли вузол N_i є доступним або недоступним, відповідно. Сума доступних періодів усіх вузлів створює доступний період агрегату. Розподілені системи зберігання підвищують опірність до відмов за допомогою реплікації. Доступність даних є складною функцією індивідуальної доступності вузлів, розподілу корельованих відмов (Correlated Failures) вузлів тощо. Одночасні відмови на великій кількості вузлів можуть зменшити ефективність реплікації. Тому важливо враховувати статистику корельованих відмов [8-10] для визначення доступності даних. Вибух відмов (Failure Burst) [8] визначається відносно вікна розміром w як максимальна послідовність відмов вузлів, кожний з яких відбувається всередині часового вікна w .

Враховуючи актуальність показника доступності даних при розробці та функціонуванні розподілених систем зберігання, уявляється доцільним його використання для опосередкованої оцінки живучості інформаційних об'єктів (наприклад, шляхом порівняння наявної надлишкової доступності даних з максимально можливою доступністю даних). Оскільки корельовані відмови мають значний вплив на показник доступності даних, була розроблена імітаційна модель залежності частки послідовностей відмов різної довжини в загальному масиві відмов від близькості моментів відмов у часі та від кількості відмов у послідовностях.

З цією метою моделювались особливості характеристик моментів відмов в разі їх експонентного та степеневого розподілів. Загрози втрати інформаційних об'єктів при використанні реплік пов'язані з виникненням кількох одночасних або близьких за часом відмов, коли стає неможливим відновлення. В цьому разі, відновлення пошкоджених даних за рахунок інших реплік може стати неможливим із-за браку часу на перезапис даних, заміну обладнання, перезапуск системи тощо. (Відома стратегія подолання загроз зберіганню даних шляхом різноманітності

базується на припущенні, що системні помилки не є незалежними. Різноманітність властивостей компонент системи може обмежити кількість одночасних помилок в системі. Тому стратегія різноманітності передбачає використання обладнання та програм від різних виробників, різних модифікацій, версій тощо). В процесі моделювання за допомогою розроблених на R -мові програмних засобів генерувались моменти відмов, розподілені за експонентним та степеневим законами. На основі визначених значень близькості моментів відмов у часі, серед згенерованих моментів знаходились послідовності, ланцюжки, що відповідали заданим умовам та об'єднували різні кількості моментів відмов. Далі, для знайдених послідовностей різної довжини визначалася їх частка в загальній, згенерованій у відповідності з заданим законом реалізації. Описана процедура повторювалася для отримання статистичних даних та подальшої побудови відповідних залежностей. Тобто, для визначення характеристик впливу відмов серверів на живучість інформаційних об'єктів, що зберігаються на них, можна розглядати, зокрема, кількісні значення послідовностей у деякому сенсі близьких за часом моментів відмов серверів. Саме ці значення - частки, які кількості послідовностей різної довжини складають відносно загального об'єму згенерованого масиву, відображено по осі аплікат (Z) на рис. 1, на якому представлено деякі результати моделювання. (Результати моделювання показали, що визначеним значенням близькості моментів відмов в згенерованому масиві можуть відповідати багато послідовностей моментів відмов різної довжини). На цьому ж рисунку по осі X задається близькість моментів відмов у часі, тобто різниця між моментами генеруємих відмов. По осі Y представлені кількості близьких моментів відмов у послідовностях (довжини послідовностей), знайдених в згенерованому масиві у відповідності з заданим значенням близькості.

На відміну від експонентних розподілів моментів відмов, степеневий розподіл відмов (його було виявлено при зберіганні колекцій на оптичних дисках) характеризується великим діапазоном послідовностей

близьких моментів відмов – від двох до кількох сотень і більше (рис. 1). При цьому, якщо в експонентних моделях при зменшенні часу близькості частка послідовностей теж зменшується, то в моделі на рис. 1 вона навпаки, збільшується. Пояснити це можна значно більшою близькістю моментів відмов, що генеруються при степеневому розподілі у порівнянні з експонентними. Із-за значної близькості ці моменти об'єднуються у значну кількість послідовностей великої довжини. При зменшенні часу близькості довгі послідовності розбиваються на більшу кількість коротших послідовностей.

Відмови при степеневому розподілі

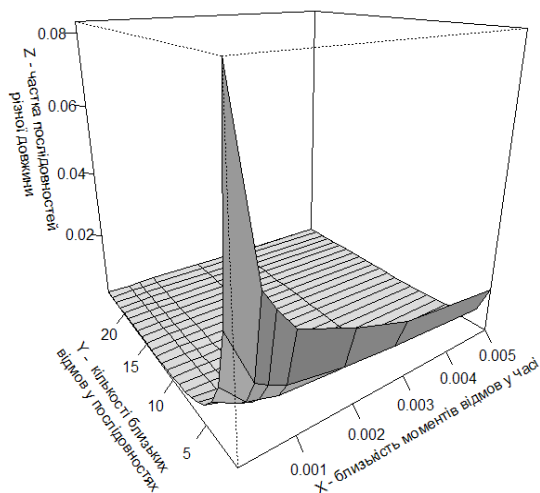


Рис. 1 – Результат моделювання кількості відмов серверів, що зберігають дані в системі з управлінням репліками (потік відмов має степеневий розподіл)

Таким чином, розглянуто деякі напрямки розробки оцінок живучості об'єктів різної природи. Для предметної області зберігання даних запропоновано показники оцінок живучості інформаційних об'єктів в

разі степеневого розподілу помилок, а також на основі показника доступності даних та імітаційної моделі характеристик корельованих відмов. Запропоновані показники передбачається використати в програмних інструментальних засобах управління інфраструктурою довготермінового зберігання великих об'ємів даних, які забезпечать підвищення живучості інформаційних об'єктів та зменшення витрат на зберігання.

Література

1. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучість інформаційних систем. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
2. Дудикевич В.Б., Гарасим Ю.Р. Опосередкований метод оцінки живучості систем захисту інформації // Інформаційна безпека. – 2011. – №1 (5). – С. 63-67.
3. Li Y., Miller E.L., Long D.D.E. Understanding Data Survivability in Archival Storage Systems // Proceedings of the 5th Annual International Systems and Storage Conference (SYSTOR 2012), June 4–6, 2012, Haifa, Israel.
4. Ланде Д.В., Березін Б.О. Живучість інформаційних об'єктів при довготерміновому зберіганні великих об'ємів даних // Інформація та безпека. – 2012. – № 3-4 (11-12). – С. 13-15.
5. Березін Б.О., Ланде Д.В. Дослідження стану оптичних носіїв при довготерміновому зберіганні цифрової інформації // Електронний документ: актуальні завдання та практичне впровадження (Життєвий цикл електронного документа): Матеріали науково-практичної конференції, 11-12 жовтня 2012 р., м. Київ / – К., 2012. – С. 24-27.
6. Bhagwan R., Savage S., Voelker G. Understanding availability // In IPTPS, Int'l Work. on Peer-to-Peer Systems, 2003. – P. 256-267.
7. Amjad T., Sher M., Daud A. A survey of dynamic replication strategies for improving data availability in data grids // Future Generation Computer Systems, 28. – Elsevier, 2012. – P. 337–349.
8. Kermarrec A., Le Merrer E., Straub G., Kempen V. Availability-Based Methods for Distributed Storage Systems // March 2011, INRIA Technical Report. – 2. – P. 1-12.
9. Ford D., Labelle F., Popovici F., Stokely M., Truong V., Barroso L., Grimes C., Quinlan S. Availability in globally distributed storage systems // In Proceedings of the 9th USENIX Symposium on Operating Systems Design and Implementation, 2010. – P. 1-7.
10. Heien E., Kondo D., Gainaru A., LaPine D., Kramer B., Cappello F. Modeling and Tolerating Heterogeneous Failures on Large Parallel Systems // IEEE/ACM Supercomputing Conference (SC), 2011. – P. 1-11.