

Живучість інформаційних об'єктів при довготерміновому зберіганні великих об'ємів даних

В доповіді представлено проблеми та розвиток технологій Big Data. Наведено результати дослідження природного старіння колекції DVD дисків, підтверджено закономірності та розподіл помилок у відповідності з принципами Парето для оптичних носіїв.

Ланде Д.В.,
д.т.н.,
Б.О. Березін

Проблеми та технології, що стосуються терміну Big Data, пов'язані, в першу чергу, з накопиченням великих масивів даних. За оцінками IDC, у 2006 р. об'єм інформації, що створювався у світі, був совимірним з об'ємом ресурсів, доступним для її зберігання. Але вже у 2007 р. інформації було створено більше, ніж засобів для її зберігання і ця тенденція стала підсилюватися. Серед технологій, що відносяться до Big Data (нових технологій, що об'єднують, управляють, аналізують дані та забезпечують добування цінних знань з великих обсягів даних різного типу шляхом швидкого доступу) виділяють NoSQL (not only SQL) – неklasичні, нереляційних бази даних, Hadoop (Hadoop Distributed File System – HDFS) [1] – файлова система, призначена для зберігання великих файлів та виконання розподілених програм на сотнях і тисячах вузлів, масово-паралельної архітектури Greenplum від EMC, Netezza IBM, Vertica від HP та інші технології.

Живучість – це властивість об'єкта виконувати свої основні функції в умовах негативних впливів, тимчасово або постійно відмовляючись від виконання менш важливих функцій [2]. До основних загроз довготермінового зберігання даних відносять: пошкодження носіїв інформації, старіння носіїв/обладнання, старіння програмного забезпечення/форматів, помилки операторів, атаки, природні катастрофи, економічні помилки і т.і. Для подолання цих загроз використовуються стратегії збільшення середнього часу помилок, зменшення середнього часу відновлення, аудиту, реплікації, міграції, різноманітності, прозорості та інші.

В Hadoop живучість, довговічність даних забезпечується за рахунок потрійної реплікації даних [1]. При цьому головним чином розглядаються два види апаратних відмов – відмова апаратних компонентів та пошкодження даних на дисках. В ряді робіт досліджуються різні варіанти розвитку стратегій зберігання великих об'ємів даних. На відміну від типової стратегії потрійної реплікації, що використовується для забезпечення надійності даних в HDFS (а також аналогічних Amazon S3, Google File System), в роботі [3] пропонується нова, економічно-ефективна, динамічна стратегія реплікації даних. Це стратегія надійності даних для хмарно-орієнтованих додатків, в яких головним є економічне управління надійністю даних у дата центрі. В роботі [4] розглянуто архівні системи, для реалізації сервісів цифрових бібліотек, електронної

пошти, розподіленого зберігання фотографій, тощо. Як альтернатива побудові архівних систем на основі спеціалізованого обладнання, розглядаються розподілені Peer-to-Peer мережі. Для вибору стратегії зберігання, в цій роботі з кожним репозиторієм пов'язується метрика надійності. Робота [5] присвячена особливості довготермінового зберігання великих об'ємів даних, пов'язаній з необхідністю міграції даних, обміну даними, із-за старіння форматів, тощо. При плануванні зберігання великих об'ємів даних необхідно враховувати час, що витрачається на міграцію даних, оскільки він може скласти від кількох місяців до років. В роботі запропоновано відповідну математичну модель для оцінки часу. В роботі [6] розглянута така особливість довготермінового зберігання, як забезпечення надійності обладнання. В сучасних великих дата-центрах використовуються сотні тисяч серверів, тому відмови компонент обладнання стають скоріше нормою ніж винятком. Визначені в роботі характеристики функціонування та відмов обладнання повинні враховуватися при плануванні довготермінового зберігання великих об'ємів даних.

Розглянуті вище роботи та ряд інших показують актуальність розробок моделей та стратегій для оптимізації довготермінового зберігання великих об'ємів даних. В даній роботі, для розвитку стратегій зберігання даних досліджується живучість інформаційних об'єктів в процесі старіння оптичних носіїв. Серед основних напрямків дослідження стану оптичних носіїв виділяють дві групи моделей: прискореного та природного старіння. Проведений аналіз досліджень з прискореного та природного старіння оптичних носіїв показав обмеженість даних щодо характеристик природного старіння CD та особливо DVD, BD, UDO дисків. З метою дослідження характеристик природного старіння DVD дисків, порівняння їх з даними попередніх досліджень та визначення можливостей подальшого використання для управління інфраструктурою довготермінового зберігання інформації, авторами було створено базу даних, що відповідає колекції DVD дисків. По кожному диску база містить його номер, час запису інформації на диск, об'єм інформації, тип носія, ідентифікатор виробника диску, час тестування, значення показника помилок, оцінку зовнішнього стану диску тощо. В 2012 р. було проведено тестування вибіркового масиву приблизно з 150 носіїв із

колекції DVD дисків, записаних у 2006-2012 р. Для вимірювання щільності помилок використовується значення PIE (Parity Inner Error) – кількість рядків парності блоку ECC із помилками (Error Correction Code – код корегування помилок), а точніше PI Sum 8 – значення для 8 послідовних ECC з блоку. Максимальне допустиме значення PI Sum 8 складає 280 помилок.

Для виявлення особливостей розподілу характеристик DVD-дисків при природному старінні, дані про вибірку з 150 носіїв було проранжировано за кількістю помилок. Отриманий розподіл наведено на рис. 1. Він може бути апроксимований за допомогою степеневої функції (Power Law) із степеневим показником – 0,827 та достовірністю апроксимації 0,87.

Для порівняння характеристик CD та DVD дисків при природному старінні, аналогічне ранжировання було виконано для частини даних, розрахованих на основі результатів дослідження вибірки із колекції 60 тисяч CD-дисків Бібліотеки Конгресу США в 1999-2003 роках [7]. Отриманий розподіл теж може бути апроксимований за допомогою степеневої функції із степеневим коефіцієнтом – 0,724 та достовірністю апроксимації 0,91.

Отримані значення показників показують негативний вплив природного старіння носіїв на живучість зберігання інформаційних об'єктів. Вони дозволяють порівнювати стан DVD – дисків колекції та вибирати носії з відповідним строком служби, моменти міграції файлів колекції на нові диски тощо.

Висока ступінь достовірності при апроксимації отриманих розподілів степеневою функцією підтверджує відповідність процесу старіння CD та DVD дисків та розподілу помилок закономірностям, що визначаються універсальною закономірністю Парето, завдяки якій можна зробити оцінку живучості інформаційних об'єктів, що розміщуються на цих носіях. Відомо, що живучість інформацій-

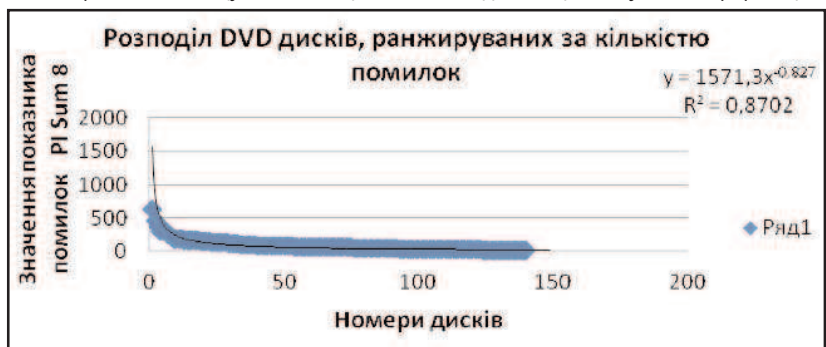


Рис. 1. Дані про вибірку з 150 DVD дисків, ранжировані за кількістю помилок з апроксимацією степеневою функцією

ного об'єкту оцінюється як ймовірність того, що об'єкт буде непошкодженим протягом визначеного періоду часу t при визначених умовах [8].

Якщо інформаційний об'єкт зберігається частинами на носіях інформації, то ймовірність руйнування цього об'єкту оцінюється як:

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

Відповідно живучість оцінюється як:

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

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 вимірів, і те що розподіл помилок має степеневий розподіл, можна вважати доцільним і обгрунтованим 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 [8]. У цьому випадку, живучість можна оцінювати як:

$$S_n(t) = 1 - \bigcirc_{i=1}^n F_i(t) = 1 - \bigcirc_{i=1}^n C t^{-b} = 1 - C^n t^{-nb},$$

де C, b – деякі константи.

Знайдені в роботі закономірності статистичного розподілу помилок дозволяють робити висновки, пов'язані з живучістю інформаційних об'єктів, що розміщуються на оптичних носіях даних, а саме враховувати явища самоподібності, нерегулярності виникнення помилок, наявність «товстого хвосту» в розподілі, що характеризує надзвичайно велику кількість носіїв з незначною кількістю помилок тощо.

Представлені вище залежності для оптичних дисків разом з відповідними характеристиками інших видів носіїв можуть бути використані при побудові інструментальних засобів управління інфраструктурою довготермінового зберігання великих об'ємів інформації для підвищення її ефективності та живучості.

Список використаних джерел:

1. Shvachko K., Kuang H., Radia S., Chansler R. The Hadoop Distributed File System // 26th IEEE (MSST2010) Symposium on Massive Storage Systems and Technologies. – 10 p.
2. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучість інформаційних систем. — К.: Наук. думка, 2011. — 256 с.
3. Li W., Yang Y., Yuan D. A Novel Cost-effective Dynamic Data Replication Strategy for Reliability in Cloud Data Centres // Ninth IEEE International Conference on Dependable, Autonomic and Secure Computing, 2011. – P. 496-502.
4. Vignatti T., Bona L., Sunye M., Vignatti A. Long-term Digital Archiving Based on Selection of Repositories Over P2P Networks // IEEE Ninth International Conference on Peer-to-Peer Computing, 2009. – P. 194 – 203.
5. Luan F., Nygerd M., Mestl T. A Mathematical Framework for Modeling and Analyzing Migration Time // Proceedings of the 10th annual joint conference on Digital libraries, JCDL'10, 2010. – P. 323-332.
6. Vishwanath K., Nagappan N. Characterizing Cloud Computing Hardware Reliability // Proceedings of the 1st ACM symposium on Cloud computing SoCC'10, 2010. – P. 193-204.
7. Shahani C. J., Manns B., Youket M. Longevity of CD Media Research at the Library of Congress // Preservation Research and Testing Division Library of Congress, Washington DC, USA, 2005. – 14 p.
8. 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.