ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОЇ ТЕХНІКИ ШЛЯХОМ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ HDD ТА SSD

Бабич М.Г., Печеневська О.О.
Харківський радіотехнічний фаховий коледж, Харків, Україна

Ефективність функціонування комп'ютерної техніки залежить не лише від характеристик процесора та обсягу оперативної пам'яті, а й від організації підсистеми зберігання даних. Під час завантаження операційної системи, запуску прикладних програм та оброблення файлів виникають операції введення-виведення, затримки яких можуть обмежувати швидкість виконання завдань. Тому модернізацію накопичувачів доцільно оцінювати з огляду на характер навантаження, витрати та вимоги до збереженості інформації [1–3].

Метою роботи є обґрунтування способів підвищення ефективності функціонування комп'ютерної техніки шляхом раціонального вибору та використання накопичувачів HDD (Hard Disk Drive) і SSD (Solid State Drive) з урахуванням характеристик швидкодії, типових сценаріїв доступу до даних, вартості зберігання та вимог до їхньої збереженості.

У межах роботи ефективність розглядається як сукупність показників, що характеризують тривалість типових користувацьких операцій, доцільність використання дискового простору та витрати на зберігання даних за умови забезпечення необхідної надійності. Для її аналізу застосовано зіставлення принципів роботи HDD і SSD, профілів навантаження та критеріїв оцінювання продуктивності, представлених у профільних дослідженнях [1–3].

Накопичувач HDD використовує магнітні пластини, що обертаються, та рухомі головки читання-запису. Через механічне позиціювання його затримка доступу особливо відчутна за частих випадкових звернень до різних ділянок диска. Водночас HDD залишається доцільним рішенням для зберігання великих обсягів даних, коли пріоритетом є місткість за обмеженого бюджету, а вимоги до швидкості доступу відносно невисокі [4]. SSD зберігає інформацію в енергонезалежній флеш-пам'яті NAND та не потребує механічного позиціювання головок. Завдяки цьому такі накопичувачі зазвичай забезпечують менші затримки випадкового доступу, що є важливим під час запуску операційної системи, відкривання програм та оброблення великої кількості дрібних файлів. Однак їхня продуктивність визначається не лише типом пам'яті, а й контролером, алгоритмами трансляції адрес, інтерфейсом і характером операцій [1, 2]. Для обґрунтованого вибору накопичувача необхідно розрізняти щонайменше два профілі навантаження. Перший передбачає численні випадкові звернення до невеликих блоків даних, для яких істотними є затримка доступу та кількість операцій введення-виведення за секунду (IOPS). Другий пов'язаний із послідовним читанням або записом великих файлів, для якого вагомою є пропускна здатність. Отже, порівняння HDD та SSD лише за максимальною швидкістю передавання даних не відображає всіх умов реального використання [1, 3].

Запропоновано оцінювати доцільність конфігурації підсистеми зберігання за сукупністю критеріїв: часом виконання типових операцій, затримкою доступу, IOPS, пропускною здатністю послідовного читання і запису, доступною місткістю та вартістю зберігання одиниці даних. Для кількісного порівняння фактичної швидкодії може використовуватися відносне скорочення часу операції: різниця між її тривалістю з HDD і SSD, поділена на тривалість із HDD та виражена у відсотках. Вибір показника залежить від сценарію застосування, а рішення щодо модернізації має враховувати кілька критеріїв одночасно. На основі зазначеного підходу обґрунтовано три практичні способи раціонального використання накопичувачів. Перший полягає в розміщенні операційної системи, програм та часто використовуваних робочих даних на SSD, що сприяє зменшенню затримок введення-виведення. Другий передбачає використання HDD для великих архівів, медіафайлів і резервних копій за відсутності потреби в постійному швидкому доступі. Третій полягає в комбінуванні SSD та HDD із розподілом даних відповідно до частоти звернень і пріоритету швидкодії. Така конфігурація може забезпечувати раціональне співвідношення продуктивності, місткості та вартості [5].

При дослідженнях була проведена серія вимірювань для трьох типів навантаження: запуску операційної системи й програм, копіювання великого файлу та роботи з набором дрібних файлів. Для коректності порівняння була обрана однакова апаратна платформа, програмне середовище, обсяг тестових даних і режим живлення; окремо враховувався вплив файлового кешування та фонових процесів. Науково-практична значущість запропонованого підходу полягає у переході від вибору накопичувача за максимальною заявленою швидкістю до багатокритеріального оцінювання відповідно до реальних сценаріїв використання комп'ютера. Очікується, що така оцінка допоможе обґрунтувати, коли доцільно застосовувати SSD для активних даних, HDD для архівного зберігання або комбіновану конфігурацію, з урахуванням продуктивності, вартості та вимог до збереженості інформації.

Додатковим чинником є сумісність накопичувача з інтерфейсами комп'ютера. SSD з інтерфейсом SATA та SSD, що використовує PCI Express із протоколом NVMe, можуть суттєво відрізнятися за піковою пропускною здатністю та можливостями оброблення запитів. Проте перевага NVMe не обов'язково пропорційно скорочує тривалість кожної користувацької операції. Вибір інтерфейсу має визначатися вимогами програмного забезпечення, підтримкою з боку апаратної платформи та бюджетом [1, 3].

Збереження досягнутої ефективності потребує належної експлуатації накопичувачів. Для SSD важливими є доступність вільного простору та використання підтримуваних операційною системою механізмів, зокрема TRIM; для HDD - контроль стану пристрою та, за потреби, оптимізація розміщення файлів. Резервне копіювання необхідне незалежно від типу накопичувача, оскільки висока швидкодія не усуває ризику пошкодження чи втрати інформації. Зазначені заходи доповнюють, але не замінюють обґрунтованого вибору конфігурації.

Для подальшої експериментальної перевірки запропонованого підходу доцільно порівняти час завантаження операційної системи, запуску програм, копіювання великого файлу та оброблення набору дрібних файлів за однакових параметрів апаратної платформи і програмного середовища. Під час таких вимірювань слід контролювати вплив файлового кешування та фонових процесів. Оскільки фактичні експериментальні значення в цій роботі не наведено, зроблені висновки мають аналітичний, а не експериментально підтверджений характер.

Отже, аналіз показує, що раціональне використання HDD та SSD ґрунтується на відповідності характеристик накопичувача профілю навантаження. Для частих випадкових звернень і активних робочих даних перевагу доцільно надавати SSD, тоді як для місткого зберігання інформації з менш інтенсивним доступом може бути економічно обґрунтованим HDD. Комбіноване використання цих пристроїв дозволяє розділити завдання швидкого доступу та економного зберігання, не вдаючись до заміни інших компонентів комп'ютера без відповідної потреби. Запропонована система критеріїв формує основу для вибору конфігурації підсистеми зберігання з урахуванням продуктивності, вартості та збереженості даних.

Таким чином, підвищити ефективність функціонування комп'ютерної техніки можна шляхом узгодженого вибору накопичувача, інтерфейсу підключення та способу розміщення даних. Найвідчутніший результат для повсякденної роботи часто дає перенесення операційної системи та програм з HDD на SSD. HDD доцільно використовувати для економного зберігання великих обсягів інформації, а поєднання обох типів - для раціонального співвідношення швидкодії, місткості й вартості. Ефективність такого рішення слід оцінювати разом із надійністю зберігання та цілісністю даних.

Список літератури

1. Chen F., Koufaty D. A., Zhang X. Understanding intrinsic characteristics and system implications of flash memory based solid state drives. ACM SIGMETRICS Performance Evaluation Review. 2009. Vol. 37, No. 1. P. 181–192. DOI: 10.1145/1555349.1555371.

2. Lee S. W., Park D. J., Chung T. S. et al. A log buffer-based flash translation layer using fully-associative sector translation. ACM Transactions on Embedded Computing Systems. 2007. Vol. 6, No. 3. Article 18. DOI: 10.1145/1275986.1275990.

3. Park S., Shen K. A performance evaluation of scientific I/O workloads on flash-based SSDs. 2009 IEEE International Conference on Cluster Computing and Workshops. 2009. DOI: 10.1109/CLUSTR.2009.5289148.

4. Cady F., Zhuang Y., Harchol-Balter M. A stochastic analysis of hard disk drives. International Journal of Stochastic Analysis. 2011. Vol. 2011. Article 390548. DOI: 10.1155/2011/390548.

5. Cheong S.-K., Jeong J.-J., Jeong Y.-W., Ko D.-S., Lee Y.-H. Research on the I/O performance advancement of a low speed HDD using DDR-SSD. Communications in Computer and Information Science. 2011. Vol. 184. P. 508–513. DOI: 10.1007/978-3-642-22333-4_66.